



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

**SISTEMA DE GESTIÓN Y MANEJO DE ARCHIVOS EN BASE DE DATOS NOSQL PARA EL
REGISTRO MERCANTIL DE GUATEMALA**

Josué David Zea Herrera

Asesorado por el Ing. Kevin Santiago Torres Perén

Guatemala, julio de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SISTEMA DE GESTIÓN Y MANEJO DE ARCHIVOS EN BASE DE DATOS
NOSQL PARA EL REGISTRO MERCANTIL DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSUÉ DAVID ZEA HERRERA

ASESORADO POR EL ING. KEVIN SANTIAGO TORRES PERÉN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS

GUATEMALA, JULIO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a. i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz Gonzáles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a. i.)
EXAMINADORA	Inga. Floriza Felipa Ávila Pesquera de Medinilla
EXAMINADOR	Ing. Sergio Leonel Gómez Bravo
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alfredo Azurdia Morales
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

SISTEMA DE GESTIÓN Y MANEJO DE ARCHIVOS EN BASE DE DATOS NOSQL PARA EL REGISTRO MERCANTIL DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, con fecha 2 de febrero de 2024.



Josué David Zea Herrera



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Guatemala, 6 de mayo de 2024.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director de la Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ing. Hernández:

Por este medio le informo que después de revisar los avances del trabajo de EPS titulado **"SISTEMA DE GESTIÓN Y MANEJO DE ARCHIVOS EN BASE DE DATOS NOSQL PARA EL REGISTRO MERCANTIL DE GUATEMALA"**, el cual está a cargo del estudiante de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, **Josué David Zea Herrera**, que se identifica con el **registro académico 201807159** y **CUI 3004022360101**, hago constar que el trabajo escrito ha sido revisado por mi persona, autorizando su publicación sin ningún inconveniente.

Agradeciendo la atención a la presente y quedando a sus órdenes para cualquier información adicional.

Sin otro particular:

F: _____

Kevin Santiago Torres Perén
Ingeniero en ciencias y sistemas
kasnti99@gmail.com
5373 2571

Kevin Santiago Torres Perén
Ingeniero en Ciencias y Sistemas
Colegiado No. 15,176

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 15 de mayo de 2024.
REF.EPS.DOC.219.05.2024.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, **Josué David Zea Herrera, Registro Académico 201807159 y CUI 3004 02236 0101** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **SISTEMA DE GESTIÓN Y MANEJO DE ARCHIVOS EN BASE DE DATOS NOSQL PARA EL REGISTRO MERCANTIL DE GUATEMALA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Inga. Floriza Felipa Ávila Pesquera de Medinilla
Supervisora de EPS
Área de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

FFAPdM/RA

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 15 de mayo de 2024.
REF.EPS.D.189.05.2024.

Ing. Carlos Gustavo Alonzo
Director Escuela de Ingeniería Ciencias y Sistemas
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Alonzo:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **SISTEMA DE GESTIÓN Y MANEJO DE ARCHIVOS EN BASE DE DATOS NOSQL PARA EL REGISTRO MERCANTIL DE GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Josué David Zea Herrera, Registro Académico 201807159 y CUI 3004 02236 0101** quien fue debidamente asesorado por el Ing. Kevin Santiago Torres Perén y supervisado por la Inga. Floriza Felipa Ávila Pesquera de Medinilla.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y la Supervisora de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS



/ra



Universidad San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala 20 de mayo de 2024

Ingeniero
Carlos Gustavo Alonzo
Director de la Escuela de Ingeniería
En Ciencias y Sistemas

Respetable Ingeniero Alonzo:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación-EPS del estudiante **JOSUÉ DAVID ZEA HERRERA** carné **201807159** y CUI **3004 02236 0101**, titulado: **“SISTEMA DE GESTIÓN Y MANEJO DE ARCHIVOS EN BASE DE DATOS NOSQL PARA EL REGISTRO MERCANTIL DE GUATEMALA”** y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo, según el protocolo.

Al agradecer su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para suscribirme,

Atentamente,



Ing. Carlos Alfredo Azurdia
Coordinador de Privados
y Revisión de Trabajos de Graduación

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

SIST.LNG.DIRECTOR.62.EICCSS.2024

El Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **SISTEMA DE GESTIÓN Y MANEJO DE ARCHIVOS EN BASE DE DATOS NOSQL PARA EL REGISTRO MERCANTIL DE GUATEMALA**, presentado por: **Josué David Zea Herrera**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ingeniero Carlos Gustavo Alonzo
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, junio de 2024

Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, -Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), Maestría en Sistemas Mención construcción y Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física. Centros: de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.366.2024

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al Trabajo de Graduación titulado: **SISTEMA DE GESTIÓN Y MANEJO DE ARCHIVOS EN BASE DE DATOS NOSQL PARA EL REGISTRO MERCANTIL DE GUATEMALA**, presentado por: **Josué David Zea Herrera** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, julio de 2024

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2024 Correlativo: 366 CUI: 3004022360101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la oportunidad de vivir, de darme fortaleza y sabiduría.
- Mi madre** Dora Herrera, Por siempre darme su apoyo incondicional, por siempre aconsejarme y darme su ejemplo y confiar siempre en mí.
- Mi padre** Antoney Zea, por aconsejarme, darme valentía y apoyo en cada decisión, por guiarme a hacer las cosas de la manera correcta y luchar por las metas que uno se propone.
- Mi hermano** Samuel Zea, por permitirme vivir momentos inolvidables en la vida y contar con su apoyo incondicional.
- Mis amigos** Porque han sido una parte importante en este gran logro que no habría sido lo mismo sin ellos.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala

Grande entre las del mundo, por ser un segundo hogar y ser mi alma máter.

Registro Mercantil de Guatemala

Por creer en el proyecto a realizar y dar el apoyo, no solo como institución sino de todo el personal.

Santiago Torres

Por ser mi asesor, compartir sus conocimientos, ayudarme en momentos difíciles y orientarme a buscar la excelencia.

Compañeros

Agradezco a cada uno por su valiosa amistad y hacer cada día ameno y divertido.

Cristian Avalos

Por darme su valioso apoyo, para compartir sus conocimientos y orientarme a buscar la excelencia.

2.2.	Investigación preliminar para la solución del proyecto	17
2.2.1.	Que son las bases de datos NoSQL	17
2.2.2.	Nuevo flujo de datos en el sistema para la migración por consulta.....	18
2.2.3.	Qué es Cassandra y cómo aporta en el sistema.....	20
2.2.4.	Pruebas de rendimiento a la base de datos de Cassandra	20
2.2.4.1.	Pruebas de subida de documentos.....	22
2.2.4.2.	Pruebas de descarga de documentos.....	25
2.2.5.	Pruebas de estrés a la base de datos para ver opciones de mejora	27
2.2.6.	Presentación de los resultados obtenidos en las pruebas.....	36
2.3.	Presentación de la solución del proyecto	40
2.3.1.	Patrón de software utilizado en el sistema	41
2.3.2.	Modelo.....	42
2.3.3.	Controlador.....	42
2.3.4.	Vista	42
2.3.5.	Arquitectura de hardware	43
2.3.6.	Base de datos del sistema	45
2.3.7.	Tecnologías.....	49
2.3.8.	Metodologías y flujos de trabajo	53
2.3.9.	Herramientas utilizadas durante el desarrollo.....	57

2.4.	Costos del proyecto	59
2.5.	Beneficios del proyecto.....	60
3.	FASE DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE.....	61
3.1.	Capacitación propuesta	61
3.1.1.	Conferencia	61
3.1.2.	Documentación.....	62
3.1.2.1.	Manual de usuario	62
3.1.2.2.	Informe de implementación	63
	CONCLUSIONES	65
	RECOMENDACIONES	67
	REFERENCIAS	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1. Actual almacenamiento de expedientes.....	5
Figura 2. Estadísticas de operaciones	7
Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de cambio de permisos.....	12
Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de consulta de bitácora.....	14
Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de consulta de documentos.....	15
Figura 6. Diagrama del proceso actual de consulta de documentos.....	16
Figura 7. Diagrama del nuevo proceso de consulta de documentos.....	19
Figura 8. Esquema no relacional para pruebas.....	21
Figura 9. Promedio de documentos descargados.....	36
Figura 10. Promedio de gigabytes descargados.....	37
Figura 11. Promedio MegaBytes por Segundo	37
Figura 12. Porcentajes de utilización de la base de datos	38
Figura 13. Porcentajes de utilización del servidor	38
Figura 14. Expedientes consultados por día	39
Figura 15. Patrón MVC de la solución.....	41
Figura 16. Arquitectura de hardware.....	43
Figura 17. Despliegue de la solución	44
Figura 18. Esquema no relacional.....	45
Figura 19. Flujo ágil de Scrum	54

TABLAS

Tabla 1. Roles dentro del sistema.....	13
Tabla 2. Descripción de esquema no relacional para pruebas.....	22
Tabla 3. Condiciones de hardware para pruebas de subida de documentos....	22
Tabla 4. Resultados de la prueba 1 de subida de documentos.....	24
Tabla 5. Resultados de la prueba 2 de subida de documentos.....	24
Tabla 6. Condiciones de hardware para pruebas de descarga de documentos	25
Tabla 7. Resultados de la prueba 1 de descarga de documentos	26
Tabla 8. Resultados de la prueba 2 de descarga de documentos	27
Tabla 9. Condiciones de hardware para pruebas de mejora de rendimiento	28
Tabla 10. Resultados de la prueba de estrés 1 de descarga de documentos...	29
Tabla 11. Resultados de la prueba de estrés 2 de descarga de documentos...	30
Tabla 12. Resultados de la prueba de estrés 3 de descarga de documentos...	32
Tabla 13. Resultados de la prueba de estrés 4 de descarga de documentos...	33
Tabla 14. Resultados de la prueba de estrés 5 de descarga de documentos...	35
Tabla 15. Métricas de desempeño actual del sistema	40
Tabla 16. Descripción de esquema no relacional.....	46
Tabla 17. Presupuesto del proyecto.....	59

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
PDF	Formato de Documento Portátil
GB	Giga Bite
MB	Mega Bite
MBPS	Megabits por Segundo
Q	Quetzal
TB	Tera Bite

GLOSARIO

Autenticación	Proceso electrónico que posibilita la identificación electrónica de una persona física o jurídica, o del origen y la integridad de datos en formato electrónico.
Arquitectura	Diseño de componentes informáticos dispuestos para la realización de un sistema.
Backend	Parte de un sistema informático que se ejecuta en el servidor y se encarga de procesar los datos y proporcionar la información necesaria para que el cliente funcione correctamente.
Backup	Copia de seguridad de los datos. Se realiza para proteger los datos de la pérdida o corrupción.
Burocracia	Conjunto de actividades y trámites que hay que seguir para resolver un asunto de carácter administrativo.
Contenerización	Proceso de empaquetar una aplicación y sus dependencias en un contenedor. Un contenedor es una unidad de software que contiene todo lo necesario para que una aplicación se ejecute.
Despliegue	Proceso de poner a disposición de los usuarios una aplicación o servicio.

Dominio	Dirección de Internet que se utiliza para identificar un sitio web o un servidor.
Endpoint	Punto de conexión entre dos sistemas o aplicaciones.
Escalable	Capacidad que se tiene de aumentar su capacidad para hacer frente a un mayor número de usuarios o de carga de trabajo sin perder rendimiento.
Esquema	Es la representación de una estructura de información o diseño de un sistema.
Frontend	Parte de una aplicación o sitio web que el usuario ve e interactúa, es el responsable de la presentación de los datos y la creación de la interfaz de usuario.
Hardware	Componentes físicos y tangibles en un sistema.
Infraestructura	Conjunto de elementos, dotaciones o servicios necesarios para el buen funcionamiento de un sistema informático.
Mbps	Unidad de velocidad para transferencia de datos a través de internet.
Microservicio	Servicio independiente y autónomo, diseñado para llevar a cabo pocas tareas en concreto.

Migración	Proceso de trasladar datos, aplicaciones o sistemas de un entorno informático a otro.
Nube	Se refiere a un sistema de servicios a través de internet.
Patentes	Documento expedido por una autoridad en que se acredita una condición o un mérito o se da la autorización para hacer algo.
PDF	Formato de archivo universal que conserva toda característica original del documento.
Petición	Solicitud que un dispositivo o programa envía a un servicio, para una variedad de propósitos, como solicitar datos, iniciar una acción o proporcionar información.
Repositorio	Lugar centralizado donde se almacena información.
Rest API	Conjunto de reglas que define cómo las aplicaciones o los dispositivos pueden conectarse y comunicarse entre sí.
Scripts	Conjunto de instrucciones que se utilizan para controlar el comportamiento de un programa o aplicación.

Servidor

Hardware que proporciona servicios a otros dispositivos, como ordenadores, teléfonos móviles o tabletas.

Software

Se refiere a programas, aplicaciones y datos que se utilizan en sistemas informáticos, son un conjunto de instrucciones lógicas que forman algo digitalmente.

RESUMEN

El proceso de control de expedientes por el Registro Mercantil de Guatemala es una fuente de información de vital importancia, este almacena y registra todo tipo de documentos de interés de las sociedades nacionales y extranjeras, empresas mercantiles, comerciantes individuales, auxiliares de comercio, etc. Este servicio se presta para poder dar seguimiento a los trámites realizados y poder identificar todo el proceso que se está realizando.

El Registro Mercantil de Guatemala ha decidido llevar a cabo un sistema que sustituya el actual, de manera que, se implemente en base a soluciones tecnológicas actualizadas y que realicen las tareas operativas necesarias y que, adicionalmente, provea el control total al personal de la institución.

El proyecto satisface las necesidades en el ciclo de vida de los expedientes trabajados en el sistema, dando seguridad de que todo proceso efectuado se lleve a cabo de manera adecuada y bien estructurada.

La principal característica del sistema es la migración automática de documentos electrónicos, el sistema está realizando búsquedas dentro de cada uno de los repositorios y al encontrar el registro solicitado lo guarda automáticamente en la base de datos nueva, con esto se busca centralizar todos estos repositorios en una sola base de datos, posteriormente su búsqueda será más eficiente.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema capaz de poder dar seguimiento a los documentos generados por los trámites y papelería presentadas por los usuarios del Registro Mercantil de Guatemala, a su vez dar una experiencia agradable al personal del Registro Mercantil y permitir filtrar, ingresar, consultar, entre otros, la información de los expedientes, proveyendo un api para que todo el que tenga acceso autorizado a la misma pueda usarla, facilitando mucho su uso.

Específicos

1. Implementar una rest API que sirva como medio para interactuar con la información de la base de datos y gestionar todas las peticiones que requieran información de los documentos almacenados.
2. Implementar un servicio que esté generando automáticamente una migración de la información conforme se vaya solicitando.
3. Que la usabilidad de la aplicación sea amigable e intuitiva para el personal del Registro Mercantil, de manea que, sea sencillo poder acceder y utilizar todas las funciones que se tienen en el sistema.

INTRODUCCIÓN

El Registro Mercantil de Guatemala es una institución que registra y certifica los actos mercantiles, las sociedades nacionales y extranjeras, empresas mercantiles, los comerciantes individuales y todas sus modificaciones en Guatemala, dando certeza y seguridad jurídica, los cuales son computarizados con los mismos procesos desde hace mucho tiempo.

La implementación del nuevo sistema busca introducir características que simplifiquen el seguimiento de los documentos, enriqueciendo las posibilidades que se podrán realizar, mejorando así la eficiencia del proceso, su importancia radica en que a medida que avanza el tiempo, atender las solicitudes se vuelve un proceso más lento y difícil de controlar.

Por ende, el foco principal de este proyecto es rehacer estas funcionalidades en un nuevo sistema y poder agregar los requerimientos nuevos que necesita la institución, así podrá darse un uso más completo al personal del Registro Mercantil de Guatemala, de esta manera se podrá dar mantenimiento fácilmente.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes de la institución

El Registro Mercantil de Guatemala es una institución clave para dar seguridad y validez a todo proceso mercantil, ya que permite poner a disposición pública todos los procesos legales a las sociedades o personas interesadas.

1.1.1. Reseña histórica

El Registro Mercantil de Guatemala, tal como lo conocemos en la actualidad, nació con el Código de Comercio vigente. Es una dependencia estatal que funciona dentro del rol administrativo del Ministerio de Economía.

1.1.1.1. Antecedentes

Los primeros indicios de instituciones registrales de carácter mercantil a nivel mundial se remontan a la Edad Media. En la Europa medieval, los comerciantes solían reunirse en centros urbanos para realizar sus actividades comerciales. En estos centros, se crearon registros públicos para registrar los actos mercantiles, como la constitución de sociedades, el nombramiento de administradores, los aumentos y disminuciones de capital, las reformas de estatutos, etc (Sosa Valdez, 2017).

En Guatemala, el primer antecedente del Registro Mercantil se remonta a 1825, cuando se creó el Tribunal de Comercio. Este tribunal tenía como función velar por el cumplimiento de las leyes mercantiles y resolver los conflictos entre

comerciantes. El Tribunal de Comercio también tenía la función de registrar los actos mercantiles, pero esta función era secundaria a su función principal de resolver conflictos.

1.1.1.2. Creación del Registro Mercantil

En 1877, se promulgó el Código de Comercio de Guatemala, que estableció la obligación de inscribir los actos mercantiles en un registro público. El primer Registro Mercantil de Guatemala se creó en 1880, y estaba ubicado en la ciudad de Guatemala.

El primer Registro Mercantil de Guatemala estaba bajo la jurisdicción del Tribunal de Comercio. Sin embargo, en 1883, el Registro Mercantil pasó a ser una institución independiente del Tribunal de Comercio.

1.1.1.3. Desarrollo del Registro Mercantil

En 1946, se creó el Registro Mercantil General de la República, que centralizó las funciones del Registro Mercantil en todo el país. El Registro Mercantil General de la República se ubica en la ciudad de Guatemala, y tiene jurisdicción sobre todo el territorio nacional.

En 1996, se promulgó la Ley del Registro Mercantil, que reformó la legislación mercantil guatemalteca y estableció nuevas disposiciones para el funcionamiento del Registro Mercantil. La Ley del Registro Mercantil estableció, entre otras cosas, la obligatoriedad de la inscripción electrónica de los actos mercantiles.

1.1.1.4. Evolución del Registro Mercantil

Desde sus orígenes, el Registro Mercantil de Guatemala ha evolucionado para adaptarse a las necesidades del comercio guatemalteco. En la actualidad, el Registro Mercantil es una institución fundamental para el desarrollo del comercio en el país. Garantiza la seguridad jurídica de las transacciones mercantiles, al permitir que cualquier persona pueda consultar los datos inscritos.

1.1.2. Visión

Desde el año de 1971, el Registro Mercantil General de la Republica tiene la misión de Registrar, Certificar, dar Seguridad a todos los actos mercantiles que realicen personas individuales o jurídicas. En nuestra institución se inscriben todas las sociedades nacionales y extranjeras, los respectivos representantes legales, las empresas mercantiles, los comerciantes individuales y todas las modificaciones que estas entidades se quieran inscribir.

1.1.3. Misión

El balance entre la certeza jurídica y la agilidad en el servicio a nuestros usuarios es sin duda la mejor mezcla que nuestra organización presta a todos los ciudadanos que lo solicitan, con la disponibilidad de nuevas herramientas tecnológicas, el Registro Mercantil arranca una nueva era, acercando los servicios registrales a los requerimientos de los usuarios.

1.1.4. Servicios que realiza

- Inscripción de Empresa Mercantil y Comerciante individual.

- Autorización de Libros, con el fin de que sus libros contables sean reconocidos por la autoridad competente.
- Cambio de Dirección Fiscal de Sociedad y Patente de Comercio de Sociedades.
- Cambio de Dirección Comercial y Fiscal de una Empresa Mercantil Individual.
- Cambio de Propietario de Empresa Mercantil por Proceso Sucesorio.
- Cancelación de Aviso de Emisión de Acciones, para dejar sin efecto la emisión de acciones de una sociedad mercantil.
- Cancelación Nombramiento del Representante Legal.
- Certificación Negativa de Patente, para acreditar que no existe otra empresa o sociedad mercantil registrada con el mismo nombre que la empresa que solicita la certificación.
- Clausura de Empresa Mercantil, para dar por finalizada la actividad de una empresa o sociedad mercantil.
- Disolución y Liquidación de Sociedad.
- Inscripción de Sucursal de Sociedad Extranjera por Plazo Indefinido.
- Inscripción de Actas de Asamblea Generales.

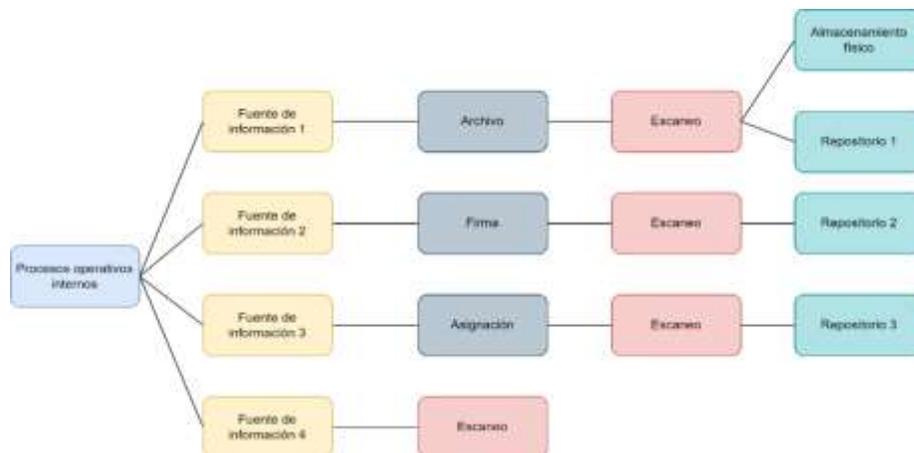
- Inscripción de Fusión de Sociedad.
- Inscripción de Mandato, para dar publicidad a un mandato otorgado por una persona a otra, para que esta realice actos jurídicos en su nombre.

1.2. Situación actual

En la actualidad el Registro Mercantil cuenta con varios sistemas que sirven para la administración del proceso de digitalización de expedientes. Dichos expedientes se encuentran generados, digitalizados y almacenados en diferentes sistemas los cuales utilizan diferentes tecnologías, por consiguiente, al estar ubicados en diferentes repositorios, generando islas de información, y por ende hace del proceso de consulta que sea más laborioso y/o engorroso.

Figura 1.

Actual almacenamiento de expedientes



Nota. El diagrama muestra el flujo de la información proveniente de los repositorios existentes. Elaboración propia, elaborado en Draw.io.

1.3. Planteamiento del problema

El Registro Mercantil de Guatemala ha considerado que este sistema puede ser mejorado y así aprovechar la gran cantidad de virtudes que proporcionan las nuevas tecnologías, agregando también funcionalidades que enriquezcan al sistema y su uso a largo plazo, proveyendo todas sus funcionalidades para el personal del Registro Mercantil que hará uso del sistema como de los usuarios que van a mantenerlo en funcionamiento.

Ante esta situación, surge la posibilidad de establecer una solución más sólida, implicando la creación de un sistema integral que no solo se encargue de la visualización de documentos, sino que también estandarice los procedimientos y facilite la interacción directa de los interesados con la información del sistema, proveyendo tanto al personal como a los desarrolladores las herramientas necesarias para llevar a cabo sus respectivas labores de manera más eficiente y efectiva.

1.4. Descripción de las necesidades

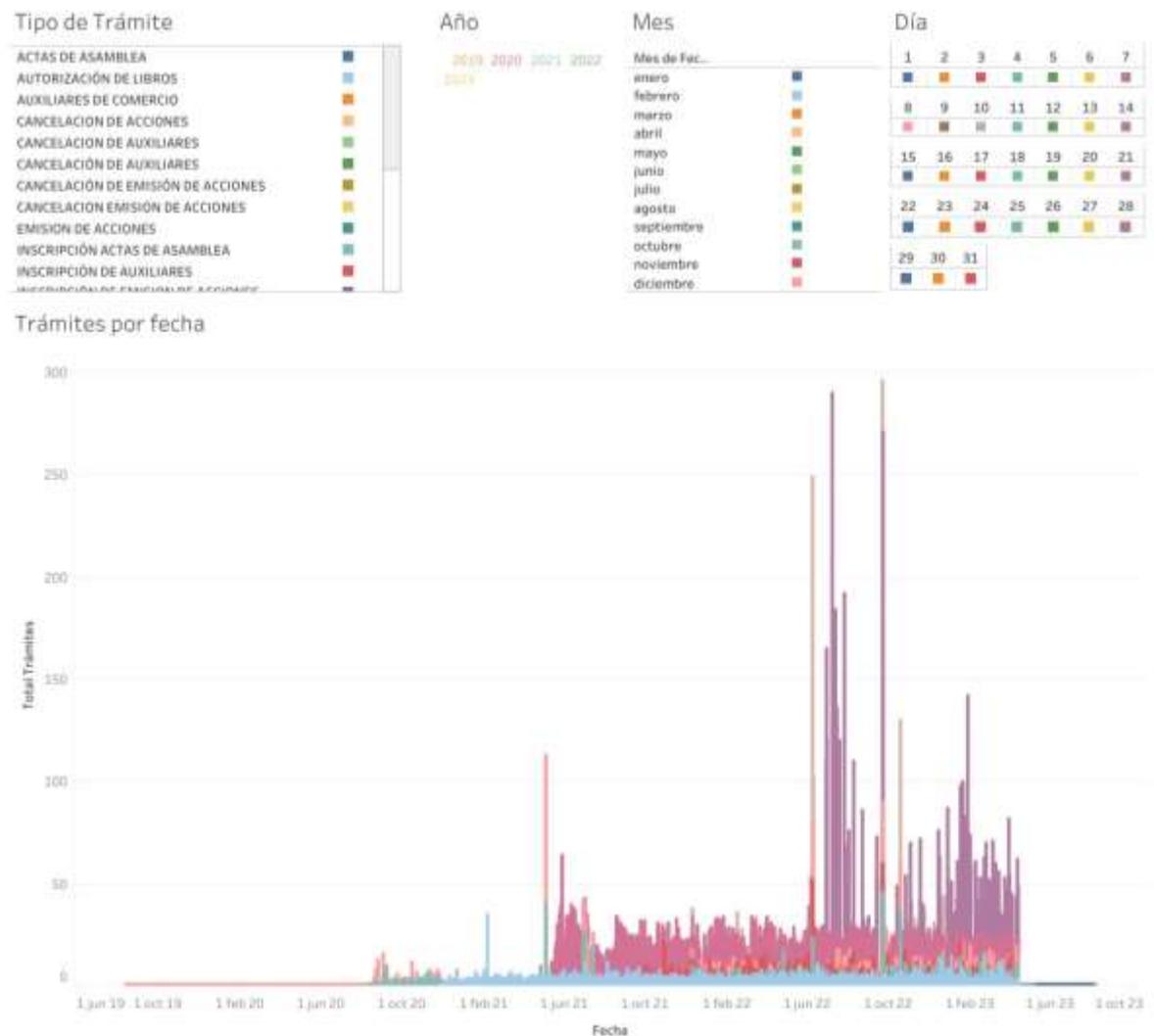
Los procesos hasta el momento son estándares, permitiendo un flujo de trabajo más concreto, por lo que se prevé que no cambien, sin embargo, si llegase a existir algún cambio en la ley y fuese necesario hacer alguna modificación en algún documento de los que son manejados en el sistema, este no sería posible o exhaustivamente complicado, es esencial que tanto la tecnología como las leyes avancen de manera conjunta, adaptándose constantemente a la demanda en aumento.

En la siguiente figura, se puede apreciar cómo ha ido en aumento la cantidad de documentos que se tramitan en la institución durante los últimos 4

años, también qué tipos de trámites se realizan de manera más frecuente y como su demanda ha ido incrementando de manera gradual.

Figura 2.

Estadísticas de operaciones



Nota. Diagrama que muestra la cantidad de trámites realizados por fecha. Obtenido del Área de datos estadísticos del Registro Mercantil de Guatemala.

Los problemas que se reflejan con el proceso actual son:

- Falta de documentación en el sistema actual.
- La información se almacena en diferentes bases de datos con tecnologías distintas.
- Limitación para la modificación y/o actualización del sistema actual.
- Retraso en la realización de los expedientes y almacenamiento de estos.
- No existe un proceso estándar para acceder a los diferentes repositorios donde se encuentran los expedientes y hacerlo con una sola herramienta.

1.5. Priorización de las necesidades

Se muestra la lista de necesidades a resolver ordenadas descendentemente por prioridad:

- Módulo de consulta de expedientes a base de datos existente: inicialmente el sistema ya cuenta con una base de datos que almacena todos los expedientes que se tienen en el Registro Mercantil de Guatemala, estos registros serán consultados a esta base de datos y se devolverán tal y como se hace en el sistema actual, sin embargo, pasando por una ruta nueva, la cual será el nuevo sistema.
- Migración automática de los expedientes a la base de datos nueva: la nueva ruta de información debe ser capaz de identificar si el expediente consultado ya existe en la nueva base de datos, de no existir en la misma, se consultará en la base de datos existente, se devolverá como respuesta a las solicitudes y posteriormente se guardará en la nueva base de datos, de manera que, se esté generando una migración automática cada vez que se consulte un expediente nuevo.

- Módulo de autenticación hacia base de datos existente en Oracle: todo el flujo de trabajo debe ser realizado por usuarios autorizados, estos usuarios serán creados en un proceso ajeno al sistema, sin embargo, se autentican en este sistema mediante esos usuarios, mismos que se alojarán en una base de datos de Oracle a la que se dará acceso por parte del Registro Mercantil de Guatemala.
- Pruebas unitarias, funcionales, de integración y de estrés para ver el funcionamiento del sistema en marcha: siempre que se haga un cambio en el sistema deberán realizarse estas pruebas, de modo que, se esté seguro de que los cambios efectuados no afecten procesos ya existentes, de ser así entonces los cambios serán detenidos hasta corregir los errores, estas pruebas serán ejecutadas automáticamente mediante scripts que guiarán el proceso.
- Documentación completa del sistema: se entregará un detalle de cada módulo, arquitectura, proceso, etc. Para dar certeza al Registro Mercantil de Guatemala que el mantenimiento a futuro será posible y totalmente bajo el control del personal capacitado para realizar los mismos.

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Descripción del proyecto

El nuevo sistema se encargará de permitir la visualización de expedientes con sus diferentes trámites y de libros con sus respectivos folios, mismos que son extraídos de diferentes repositorios de información, agregada la posibilidad de visualizar los documentos de mejor manera para el usuario, haciendo así sus labores más cómodas y optimizando procesos para aprovechar la mayor cantidad de tiempo.

De los distintos repositorios de información existe uno, mismo que guarda los documentos de una manera no óptima para el sistema, este repositorio de datos será sustituido por la base de datos de Cassandra en el nuevo sistema, esta sustitución será gradualmente, ya que se ejecutará un flujo de datos que migrará la información por cada consulta realizada a este repositorio, quedando la base de datos anterior como un respaldo o backup de la información.

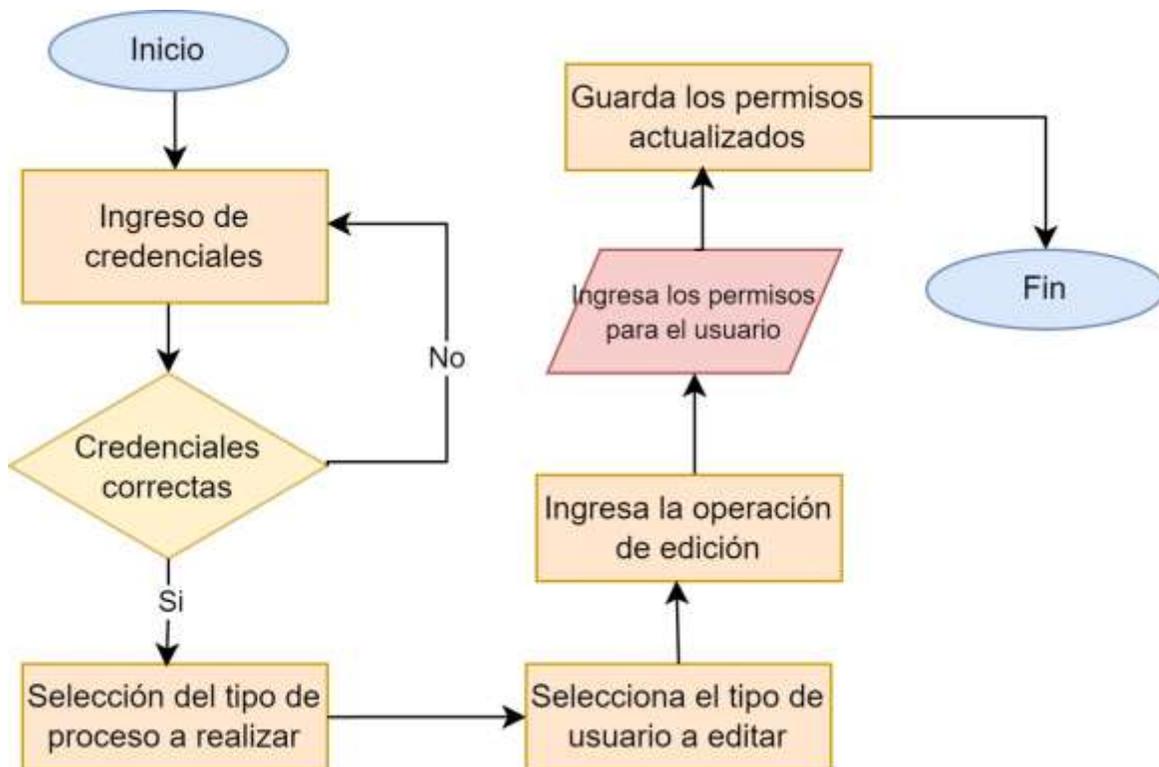
Agregado a estas funcionalidades, es necesario manejar permisos dentro del sistema, estos permisos darán a los usuarios la posibilidad o no, de realizar ciertas acciones dentro del sistema, estos permisos serán gestionados por un administrador, al igual que poder visualizar el registro de acciones realizadas en el sistema.

Un administrador puede realizar dos procesos en el sistema: Actualización de permisos y consulta de bitácora. La actualización de permisos le da al administrador la autoridad para ingresar al sistema, visualizar que tipos de roles

existen y asignar que acciones puede realizar cada rol de usuario. El proceso de cambio de permisos consta de una serie de pasos, vemos a continuación, en la siguiente figura, un diagrama de flujo que detalla estos pasos:

Figura 3.

Diagrama de flujo del proceso de cambio de permisos



Nota. La figura muestra el flujo que sigue un usuario administrador para la actualización de permisos. Elaboración propia, elaborado en Draw.io.

El proceso inicia desde que el administrador ingresa al sistema, seguido de seleccionar, de entre los roles existentes en el sistema, el rol al que desea modificar los permisos para posteriormente editarlos y guardarlos.

En el sistema existen diferentes tipos de roles, cada usuario en el sistema tiene asignado un tipo de rol, con los cuales se identifican los permisos que este usuario posee, vemos a continuación, en la Tabla 1, los roles existentes en el sistema:

Tabla 1.

Roles dentro del sistema

Abreviatura	Nombre
I	Informes
CC	Call Center
M	Modificaciones
D	Despacho
A	Auxiliar
J	Jurídico
C	Certificaciones
T	Tecnología
PV	Ventanilla
S	Sociedades
E	Empresas
L	Libros
F	Archivo

Nota. Detalle de los roles que poseen los usuarios dentro del sistema. Elaboración propia, realizado en Excel 365.

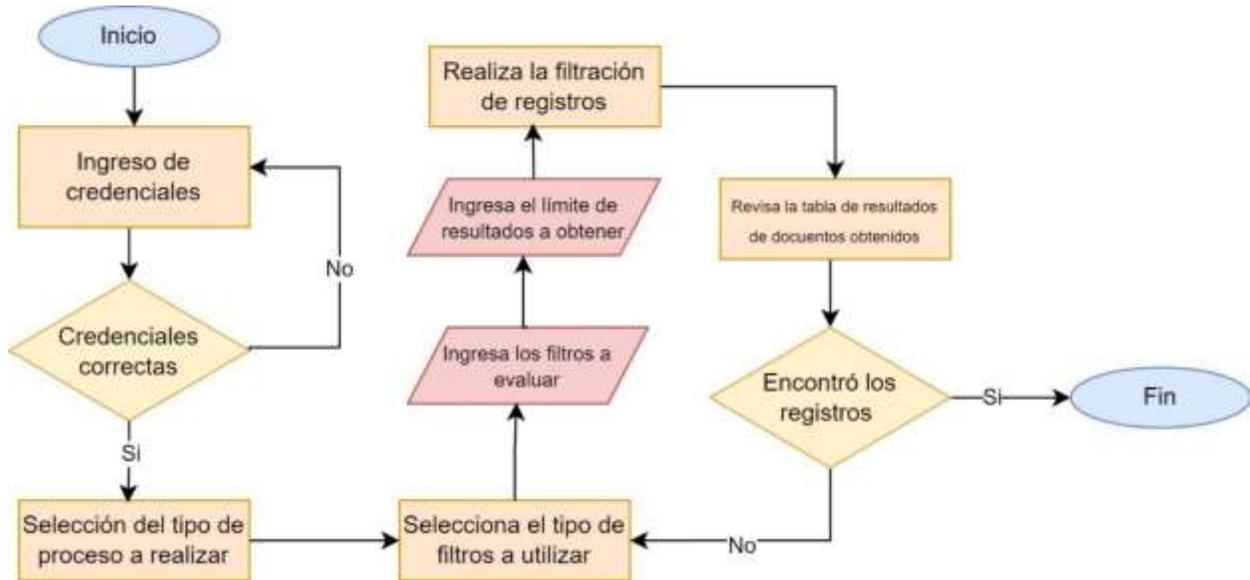
Finalmente, cada rol les da a los usuarios ciertos permisos para poder consultar documentos dentro del sistema, estos permisos son:

- Consultar documentos
- Imprimir documentos
- Visualizar expedientes en proceso
- Ver libros en proceso

Por último, un administrador puede visualizar el historial de acciones que realizan los usuarios dentro del sistema, el proceso de consulta de la bitácora consta de una serie de pasos, vemos a continuación en la siguiente figura un diagrama de flujo que detalla estos pasos:

Figura 4.

Diagrama de flujo del proceso de consulta de bitácora



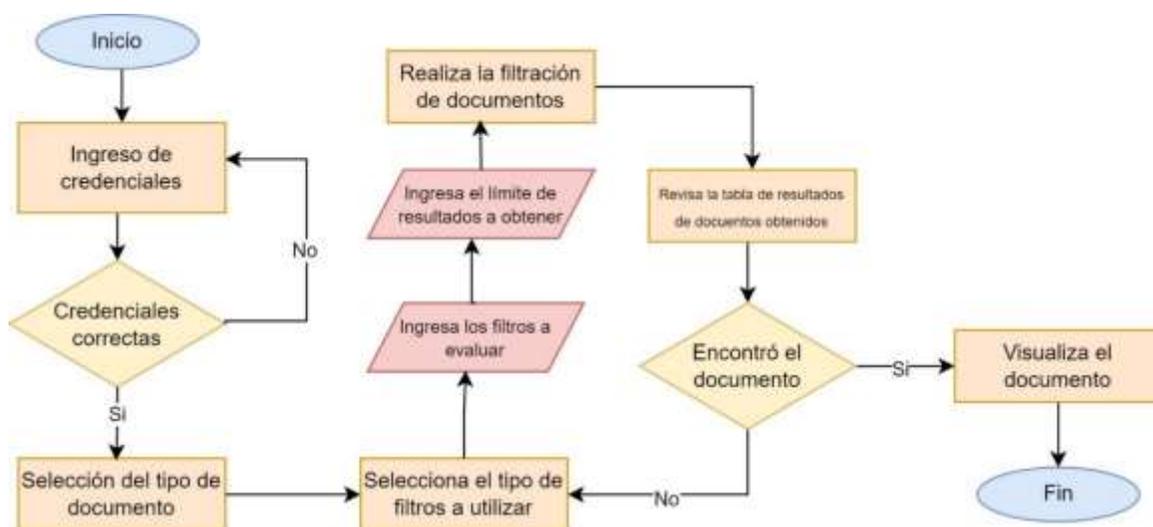
Nota. La figura muestra el flujo que sigue un usuario administrador para la visualizar el registro de la bitácora del sistema. Elaboración propia, elaborado en Draw.io.

El proceso inicia desde que el administrador ingresa al sistema, seguido de llenar los filtros de consulta, para finalmente visualizar los registros guardados en el sistema.

El proceso de consulta de un documento consta de una serie de pasos, vemos a continuación, en la siguiente figura, un diagrama de flujo que detalla estos pasos:

Figura 5.

Diagrama de flujo del proceso de consulta de documentos



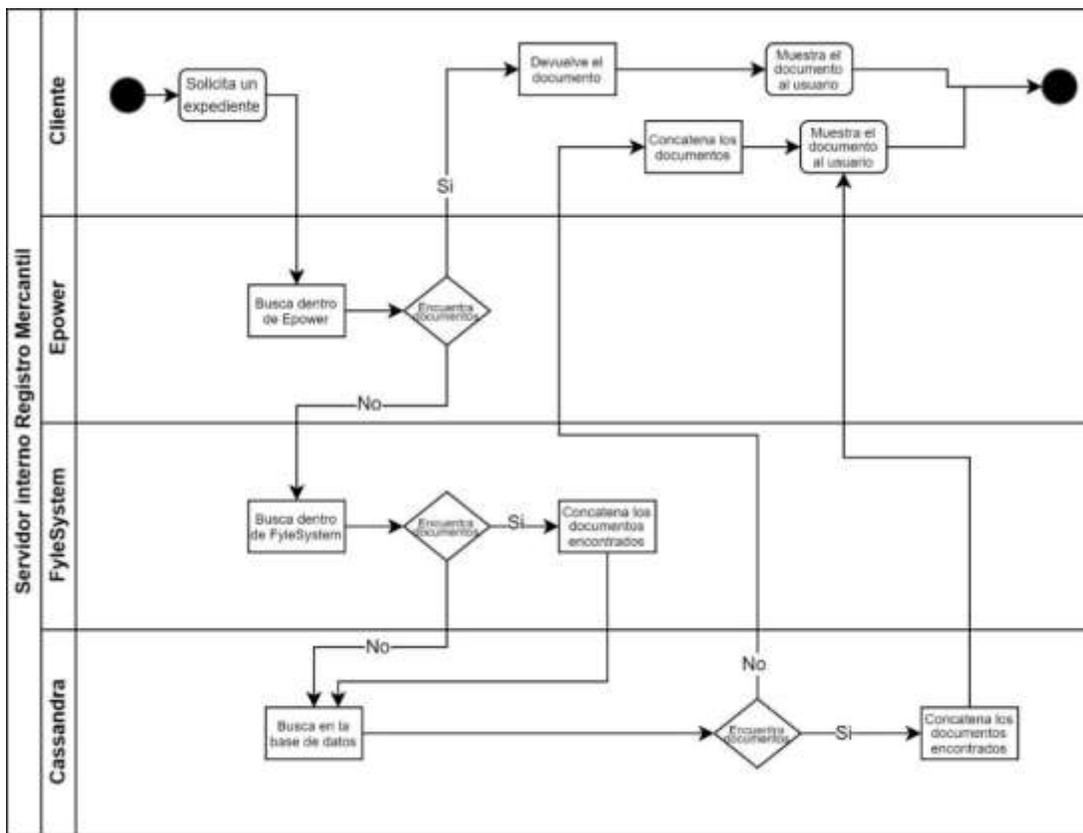
Nota. La figura muestra el flujo que sigue un usuario para la consulta de un expediente. Elaboración propia, elaborado en Draw.io.

El proceso inicia desde que el usuario desea ingresar al sistema, posteriormente rellena la información necesaria para buscar el documento deseado, encuentra el documento de interés, posterior a encontrar el documento se podrá realizar la acción de visualizar el documento PDF que este almacena para visualizar la información que desee o bien imprimirlo, estas tareas dependerán de los permisos que tenga el usuario asignado.

Actualmente, el proceso de consulta de documentos dentro del sistema sigue un proceso, este se encarga de revisar entre los repositorios existentes y cuando encuentra un resultado lo devuelve al cliente, vemos a continuación, en siguiente figura, un diagrama de actividades que nos detalla el flujo de la consulta de documentos desde dentro del sistema:

Figura 6.

Diagrama del proceso actual de consulta de documentos



Nota. Flujograma que demuestra la ruta que sigue el sistema para obtener la información y devolverla al cliente. Elaboración propia, elaborado en Draw.io.

2.2. Investigación preliminar para la solución del proyecto

Para llevar a cabo una solución eficaz a este proyecto fue necesario realizar una investigación con la cual se determinaron las mejores formas de abordar ciertos problemas, durante la misma también se realizaron pruebas para corroborar que esta información se acoplara a el caso necesario.

2.2.1. Que son las bases de datos NoSQL

Las bases de datos NoSQL (Not only SQL) son una alternativa a las bases de datos relacionales, en las cuales se pueden encontrar diferentes tipos, cada tipo es orientado a ciertas características específicas, estas bases de datos fueron pensadas en respuesta a gestionar volúmenes masivos de información, ya que la cantidad de datos e información manejada por la web 2.0 en la actualidad es inmensa (del Busto & Enríquez, 2012).

Las comunidades, redes sociales, servicios en la nube, buscadores y muchos otros proyectos, producen millones de registros nuevos diariamente, por lo que surgen nuevas arquitecturas de almacenamiento de información, de manera que puedan sobrellevar las cargas de trabajo actuales, pero al mismo tiempo piensen en la cantidad de información que deberán manejar mañana, que se adapten y crezca a medida que va aumentando la demanda de información.

NoSql es un término que maneja diversas soluciones de persistencia, algunas de estas asemejan mucho su lenguaje a SQL para hacerlo más amigable al usuario pero que el motor de estas bases de datos no sigue un modelo relacional, y otras poseen formas de interactuar con el usuario totalmente fuera de lo común en SQL, pero igualmente intuitivo.

Las bases de datos NoSQL pueden clasificarse en función de su modelo de datos, los modelos de datos se dividen en las siguientes cuatro categorías:

- Orientadas a clave-valor (Key-Value stores)
- Orientadas a columnas (Wide Column stores)
- Orientadas a documentos (Document stores)
- Orientadas a grafos (Graph databases)

Cada una de estas categorías ofrece características específicas, por lo que es necesario conocer a la perfección el modelo de negocio que se está trabajando, así se puede saber que necesidades son esenciales cubrir, con esta información se puede elegir una base de datos que sea la más adecuada para llevar a cabo las tareas que el negocio demande, aprovecharán las virtudes que ofrezca la base de datos.

2.2.2. Nuevo flujo de datos en el sistema para la migración por consulta

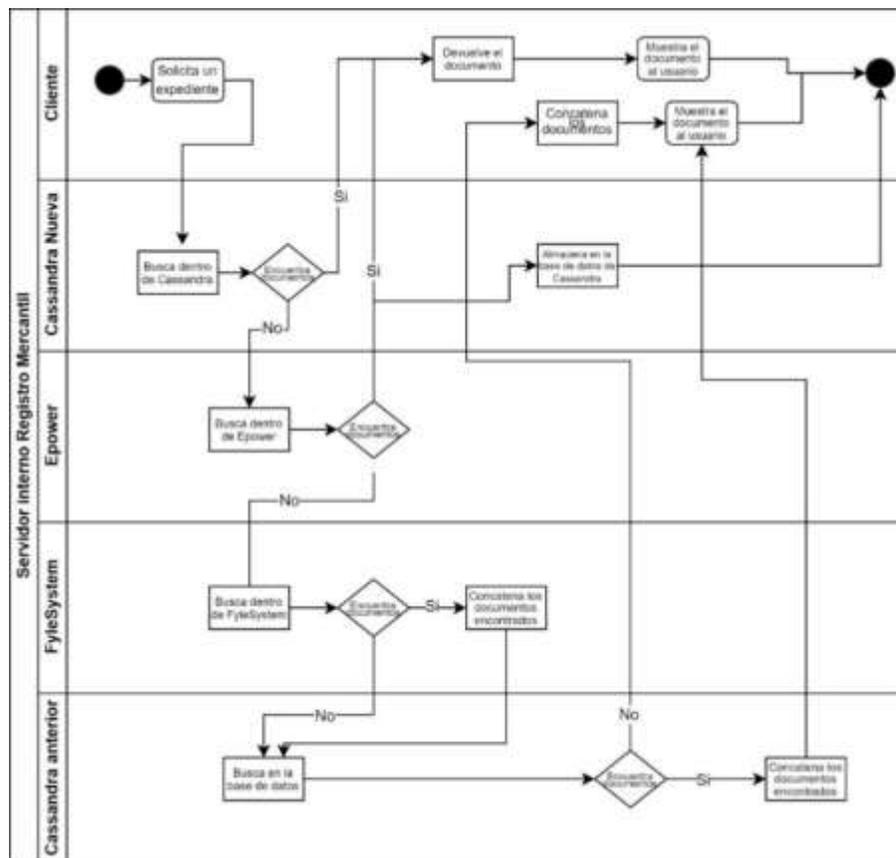
Como se mencionó anteriormente, el flujo de búsqueda en una consulta se basa en buscar en 3 repositorios distintos, el repositorio que se va a migrar es el repositorio principal de información, este contiene muchos registros, por lo que hacer una migración total sería muy demandante para el sistema, por lo que no se optará por una migración masiva, sino que se hará una migración por consulta.

La migración por consulta implica buscar primero en la nueva base de datos de Cassandra. Si el documento no se encuentra, se buscará en los otros repositorios. Si se halla en el repositorio principal, se guardará en Cassandra y se devolverá al usuario; si no, solo se devolverá. El sistema está preparado para una migración progresiva de grandes cantidades de datos.

El proceso está optimizado para garantizar la eficiencia de la información, sin afectar al usuario final. Se han considerado diferentes escenarios y el sistema está preparado para manejar las cargas de trabajo de manera eficiente, cumpliendo con el flujo previsto, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 7.

Diagrama del nuevo proceso de consulta de documentos



Nota. Flujograma que muestra cómo se incorporará la nueva base de datos en el sistema, de igual manera como cambiaría el flujo de información. Elaboración propia, elaborado en Draw.io.

2.2.3. Qué es Cassandra y cómo aporta en el sistema

Cassandra es una base de datos NoSQL distribuida, las principales virtudes que nos ofrece para estos casos son la escalabilidad horizontal, arquitecturas distribuidas, y enfoque flexible para la definición de esquemas. Su versatilidad al manejar grandes volúmenes de datos con análisis rápidos permite que toda esta información muy eficientemente (Apache Cassandra Basics, s.f.).

Una de sus más grandes virtudes es la de ser distribuida, por lo que permite escalarse fácilmente agregando nodos y así evitar cualquier pérdida de datos o fallos de los servicios al momento de que exista alguna falla de hardware, o bien si una aplicación está sometida a mucho estrés se pueden agregar nodos para distribuir la carga de trabajo.

Cuando nos referimos a que Cassandra es “distribuida” significa que esta puede ejecutarse en dos o más máquinas al mismo tiempo, pero el usuario o servicio que vaya a utilizar la base de datos la verá como una sola, y esta es la forma que nos devolvería los máximos beneficios de usar Cassandra, mantener diversos nodos que sean capaces de atender la demanda de información necesaria.

2.2.4. Pruebas de rendimiento a la base de datos de Cassandra

Inicialmente, se contemplaba la idea de almacenar directamente los documentos en una colección en la base de datos no relacional. Sin embargo, se ha optado por una alternativa más eficiente, que consiste en particionarlos para mejorar la eficiencia del sistema. En lugar de almacenar los documentos como un tipo de dato "Blob" en Cassandra, se considera más adecuado distribuirlos en particiones para optimizar su gestión.

Para mantener la eficiencia en el almacenamiento y recuperación de documentos, es necesario implementar una estrategia de almacenamiento. Aunque Cassandra maneja documentos, su rendimiento puede decaer si estos son demasiado grandes.

Por lo que inicialmente se considera utilizar una estrategia de particionar los documentos, mismos que serán más maniobrables, estos se podrán dividir y unificar desde los servidores y estos serán los encargados del trabajo duro, evitando darle a la base de datos cargas excesivas.

Se comenzó por realizar pruebas de carga y descarga de documentos, para tener una idea inicial de cómo se puede trabajar con Cassandra, así como darnos una idea de su eficiencia y que cosas podríamos optimizar dentro de la misma.

Para realizar estas pruebas se realizó un esquema de base de datos sencillo pero suficiente para cubrir las pruebas realizadas, el esquema se muestra a continuación:

Figura 8.

Esquema no relacional para pruebas

Tabla	Atributos		
Documentos	Id	Nombre	Tamaño
	Int	Int	Int
Pdfs	Id_pdf	chunk	data
	Int	Int	Blob

Nota. Esquema que muestra la colección que se utilizará para las pruebas de rendimiento en la base de datos de Cassandra. Elaboración propia, elaborado en Excel 365.

Tabla 2.*Descripción de esquema no relacional para pruebas*

Entidad	Descripción	
Documentos	Almacena los datos de cada documento con el que se realizarán pruebas.	Tiene como llave primaria el id del documento autogenerado.
Pdfs	Almacena los documentos que se van a guardar en el sistema.	Tiene como llaves primarias combinadas el id del documento, y el número de parte del documento.

Nota. Detalle del esquema relacional que tendrá la base de datos que se usará para las pruebas. Elaboración propia, realizado en Excel 365.

2.2.4.1. Pruebas de subida de documentos

Las condiciones del hardware para las pruebas son:

Tabla 3.*Condiciones de hardware para pruebas de subida de documentos*

	Sistema operativo		Núcleos CPU	de	Memoria ram (GB)	Disco duro (GB)
Base de datos	Debian Linux	GNU		2	16	20
Servidor	Debian Linux	GNU		2	8	20

Nota. Detalle del hardware utilizado para las pruebas de subida de documentos. Elaboración propia, realizado en Excel 365.

Clientes

- Se utilizaron 3 computadoras actuando como clientes, mismos que estaban enviando solicitudes para subir documentos al mismo tiempo, cada una ejecutando las mismas secuencias

Las condiciones de software para la prueba son:

- Velocidad de internet: 8 – 10 Mbps
- Se ejecutaron bajo la red de los servidores del Registro Mercantil de Guatemala.
- Se utilizaron 2 documentos PDF con tamaños distintos, el primero con un peso de 100 MB y el segundo con un peso de 150 MB.
- Los procesos siguieron un comportamiento de cola, por lo que cada cliente hacía una petición para subir un documento a la vez.
- El servidor se encarga de dividir el documento en partes de 1 MB cada parte, por lo que si un documento pesa 100 MB se encargará de dividirlo en 100 partes y guardar cada una en la base de datos.

Detalles de la prueba 1

- La prueba se realizó en el transcurso de 5 minutos, en la cual se ejecutó un ciclo que subía los documentos PDF a la base de datos de forma alternante entre el PDF de tamaño de 100 MB y el de 150 MB.

Resultados obtenidos en la prueba 1:

Tabla 4.*Resultados de la prueba 1 de subida de documentos*

	Sistema	Documentos cargados	Gigabytes cargados
Máquina 1	Windows	17	2.1
Máquina 2	Windows	9	1.1
Máquina 3	Windows	4	0.5
Total		30	3.7

Nota. Detalle de los resultados obtenidos en la prueba 1 de subida de documentos. Elaboración propia, realizado en Excel 365.

Detalles de la prueba 2

- La prueba se realizó en el transcurso de 30 minutos, subiendo alternadamente los documentos PDF entre el de 100 MB y el de 150 MB.

Resultados obtenidos en la prueba 2:

Tabla 5.*Resultados de la prueba 2 de subida de documentos*

	Sistema	Documentos cargados	Gigabytes cargados
Máquina 1	Windows	102	12.6
Máquina 2	Windows	54	6.6
Máquina 3	Windows	24	3
Total		180	22.2

Nota. Detalle de los resultados obtenidos en la prueba 1 de subida de documentos. Elaboración propia, realizado en Excel 365.

2.2.4.2. Pruebas de descarga de documentos

Las condiciones del hardware para las pruebas son:

Tabla 6.

Condiciones de hardware para pruebas de descarga de documentos

	Sistema operativo	Núcleos CPU	de	Memoria ram (GB)	Disco duro (GB)
Base de datos	Debian Linux	GNU	2	16	20
Servidor	Debian Linux	GNU	2	8	20

Nota. Detalle del hardware utilizado para las pruebas de descarga de documentos. Elaboración propia, realizado en Excel 365.

Clientes

- Se utilizaron 3 computadoras como clientes, mismos que estaban enviando solicitudes para descargar documentos al mismo tiempo.

Las condiciones de software para la prueba son:

- Velocidad de internet: 8 – 10 Mbps
- Se ejecutaron bajo la red de los servidores del Registro Mercantil de Guatemala.
- Se utilizaron 2 documentos PDF con tamaños distintos, el primero con un peso de 100 MB y el segundo con un peso de 150 MB.
- Los procesos siguieron un comportamiento de cola, por lo que cada cliente hacía una petición para descargar un documento a la vez.

- El servidor se encarga de obtener todas las partes correspondientes a cada documento, armarlo y devolverlo completamente al cliente.

Detalles de la prueba 1

- La prueba se realizó en el transcurso de 5 minutos, en la cual se ejecutó un ciclo que descargaba los documentos PDF de la base de datos de forma alternante entre el PDF de tamaño de 100 MB y el de 150 MB.

Resultados obtenidos en la prueba 1:

Tabla 7.

Resultados de la prueba 1 de descarga de documentos

	Sistema	Documentos descargados	Gigabytes descargados
Máquina 1	Windows	14	1.75
Máquina 2	Windows	14	1.75
Máquina 3	Windows	3	0.35
Total		31	3.83

Nota. Detalle de los resultados obtenidos en la prueba 1 de descarga de documentos. Elaboración propia, elaborado en Excel 365.

Detalles de la prueba 2

- La prueba se realizó en el transcurso de 30 minutos, en la cual se ejecutó un ciclo que descargaba los documentos PDF de la base de datos de forma alternante entre el PDF de tamaño de 100 MB y el de 150 MB.

Resultados obtenidos en la prueba 2:

Tabla 8.

Resultados de la prueba 2 de descarga de documentos

	Sistema	Documentos descargados	Gigabytes descargados
Máquina 1	Windows	85	10.6
Máquina 2	Windows	84	10.5
Máquina 3	Windows	27	2.1
Total		196	24.45

Nota. Detalle de los resultados obtenidos en la prueba 2 de descarga de documentos. Elaboración propia, elaborado en Excel 365.

2.2.5. Pruebas de estrés a la base de datos para ver opciones de mejora

En base a los resultados obtenidos se puede identificar áreas en las que se puede mejorar la base de datos y también que características se pueden aprovechar, se procede a realizar pruebas de estrés a la base de datos, estas quieren enfocarse en someter a la base de datos a un entorno lo más parecido a las tareas que tendrá que realizar en un día normal de trabajo.

Las condiciones del hardware para las pruebas son:

Tabla 9.

Condiciones de hardware para pruebas de mejora de rendimiento

	Sistema operativo		Núcleos de CPU	de	Memoria ram (GB)	Disco duro (GB)
Base de datos	Debian Linux	GNU		2	16	20
Servidor	Debian Linux	GNU		2	8	20

Nota. Detalle del hardware utilizado para las pruebas de mejora de rendimiento. Elaboración propia, realizado en Excel 365.

Las condiciones de software para la prueba son:

- Velocidad de internet: 495 Mbps.
- Se ejecutaron bajo la red de los servidores del Registro Mercantil de Guatemala.
- Se utilizaron 2 documentos PDF con tamaños distintos, el primero con un peso de 100 MB y el segundo con un peso de 150 MB.
- Los procesos siguieron un comportamiento de cola, por lo que cada cliente hacía una petición para subir un documento a la vez.
- Se monitorizó el uso de CPU y memoria RAM para la máquina que mantiene la base de datos y el servidor.

Detalles de la prueba 1

- Se utilizó un cliente y un servidor.
- La prueba se realizó en el transcurso de 5 minutos, en la cual se ejecutó un ciclo que descargaba los documentos PDF de la base de datos de forma alternante entre el PDF de tamaño de 100 MB y el de 150 MB.

- Se ajusto el servidor y la base de datos para que los PDF se dividan en trozos de 10 MB cada uno en lugar de 1 MB como estaba inicialmente.

Resultados obtenidos en la prueba 1:

Tabla 10.

Resultados de la prueba de estrés 1 de descarga de documentos

	Documentos	Gigabytes descargados
Intento 1	159	18.7
Intento 2	160	18.8
Intento 3	160	18.8

Nota. Detalle de los resultados obtenidos en la prueba de estrés 1 de *descarga* de documentos. Elaboración propia, elaborado en Excel 365.

La utilización promedio de las máquinas de base de datos y de servidor fueron los siguientes:

Base de datos:

- CPU: 12 % a 20 % de utilización
- RAM: 21 % a 30 % de utilización

Servidor:

- CPU: 20 % a 25 % de utilización
- RAM: 21 % a 30 % de utilización

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Promedio de documentos descargados: 159.67
- Promedio de gigabytes descargados: 18.8
- Megabytes por segundo: 62.67

Detalles de la prueba 2

- Se utilizó un cliente y un servidor.
- La prueba se realizó en el transcurso de 5 minutos, en la cual se ejecutó un ciclo que descargaba los documentos PDF de la base de datos de forma alternante entre el PDF de tamaño de 100 MB y el de 150 MB.
- Se ajustaron servidor y base de datos para que los PDF se dividan en trozos de 15 MB cada uno en lugar de 10 MB como en la prueba anterior.

Resultados obtenidos en la prueba 2:

Tabla 11.

Resultados de la prueba de estrés 2 de descarga de documentos

	Documentos	Gigabytes descargados
Intento 1	160	18.8
Intento 2	160	18.8
Intento 3	161	18.9

Nota. Detalle de los resultados obtenidos en la prueba de estrés 2 de descarga de documentos. Elaboración propia, elaborado en Excel 365.

La utilización promedio de las máquinas de base de datos y de servidor fueron los siguientes:

Base de datos:

- CPU: 21 % a 32 % de utilización
- RAM: 22 % a 27 % de utilización

Servidor:

- CPU: 30 % a 37 % de utilización
- RAM: 23 % a 29 % de utilización

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Promedio de documentos descargados: 160.33
- Promedio de gigabytes descargados: 18.83
- Megabytes por segundo: 62.78

Detalles de la prueba 3

- Se utilizó un cliente y un servidor.
- La prueba se realizó en el transcurso de 5 minutos, en la cual se ejecutó un ciclo que descargaba los documentos PDF de la base de datos de forma alternante entre el PDF de tamaño de 100 MB y el de 150 MB.
- Se ajustó el servidor y la base de datos para que los PDF se dividan en trozos de 15 MB cada uno en lugar de 10 MB como se realizó en la prueba 1.
- Se agregó un segundo nodo a la base de datos.

Resultados obtenidos en la prueba 3:

Tabla 12.

Resultados de la prueba de estrés 3 de descarga de documentos

	Documentos	Gigabytes descargados
Intento 1	160	18.8
Intento 2	161	18.9
Intento 3	160	18.8

Nota. Detalle de los resultados obtenidos en la prueba de estrés 3 de descarga de documentos. Elaboración propia, elaborado en Excel 365.

La utilización promedio de las máquinas de base de datos y de servidor fueron los siguientes:

Base de datos:

- CPU: 25 % a 30 % de utilización
- RAM: 25 % a 32 % de utilización

Servidor:

- CPU: 31 % a 36 % de utilización
- RAM: 21 % a 25 % de utilización

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Promedio de documentos descargados: 160.33
- Promedio de gigabytes descargados: 18.83

- Megabytes por segundo: 62.78

Detalles de la prueba 4

- Se utilizó un cliente y un servidor.
- La prueba se realizó en el transcurso de 5 minutos, en la cual se ejecutó un ciclo que descargaba los documentos PDF de la base de datos de forma alternante entre el PDF de tamaño de 100 MB y el de 150 MB.
- Se ajustaron servidor y base de datos para que los PDF se dividan en trozos de 15 MB en lugar de 10 MB como se realizó en la prueba 1.
- Se agregó un segundo nodo a la base de datos.
- Se ajusto el nivel de compresión de Cassandra para la tabla de PDF a LZ4Compressor.

Resultados obtenidos en la prueba 4:

Tabla 13.

Resultados de la prueba de estrés 4 de descarga de documentos

	Documentos	Gigabytes descargados
Intento 1	157	18.4
Intento 2	160	18.8
Intento 3	159	18.7

Nota. Detalle de los resultados obtenidos en la prueba de estrés 4 de descarga de documentos. Elaboración propia, elaborado en Excel 365.

La utilización promedio de las máquinas de base de datos y de servidor fueron los siguientes:

Base de datos:

- CPU: 25 % a 30 % de utilización
- RAM: 25 % a 40 % de utilización

Servidor:

- CPU: 25 % a 33 % de utilización
- RAM: 24 % a 32 % de utilización

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Promedio de documentos descargados: 158.67
- Promedio de gigabytes descargados: 18.63
- Megabytes por segundo: 62.11

Detalles de la prueba 5

- Se utilizó un cliente y un servidor.
- La prueba se realizó en el transcurso de 5 minutos, en la cual se ejecutó un ciclo que descargaba los documentos PDF de la base de datos de forma alternante entre el PDF de tamaño de 100 MB y el de 150 MB.
- Se ajustaron servidor y base de datos para que los PDF se dividan en trozos de 15 MB en lugar de 10 MB como se realizó en la prueba 1.
- Se agregó un segundo nodo a la base de datos.
- Se ajusto el nivel de compresión de Cassandra para la tabla de PDF a ZstdCompressor.

Resultados obtenidos en la prueba 5:

Tabla 14.

Resultados de la prueba de estrés 5 de descarga de documentos

	Documentos	Gigabytes descargados
Intento 1	170	20
Intento 2	170	20
Intento 3	169	19.9

Nota. Detalle de los resultados obtenidos en la prueba de estrés 5 de descarga de documentos. Elaboración propia, elaborado en Excel 365.

La utilización promedio de las máquinas de base de datos y de servidor fueron los siguientes:

Base de datos:

- CPU: 11 % a 17 % de utilización
- RAM: 25 % a 30 % de utilización

Servidor:

- CPU: 35 % a 40 % de utilización
- RAM: 20 % a 25 % de utilización

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Promedio de documentos descargados: 169.67
- Promedio de gigabytes descargados: 19.97
- Megabytes por segundo: 66.56

Los mejores resultados fueron los obtenidos en la prueba 5, en la cual se realizaron diversas mejoras y optimizaciones que al mismo tiempo fueron probadas continuamente para ver si realmente marcaban un cambio, en base a estos resultados se acordó adoptar estas medidas en la base de datos final que se utilizará en el proyecto.

2.2.6. Presentación de los resultados obtenidos en las pruebas

Una vez finalizadas las pruebas, fue posible visualizar el progreso obtenido y analizar cuantitativamente las mejoras que se realizaron en cada una, pudiendo aprender e identificar las áreas donde es posible aumentar la eficiencia para los casos de uso que se esperan en el sistema.

Figura 9

Promedio de documentos descargados



Nota. El gráfico de líneas muestra el promedio de documentos descargados para las 5 pruebas realizadas. Elaboración propia, elaborado en Excel 365.

Figura 10.

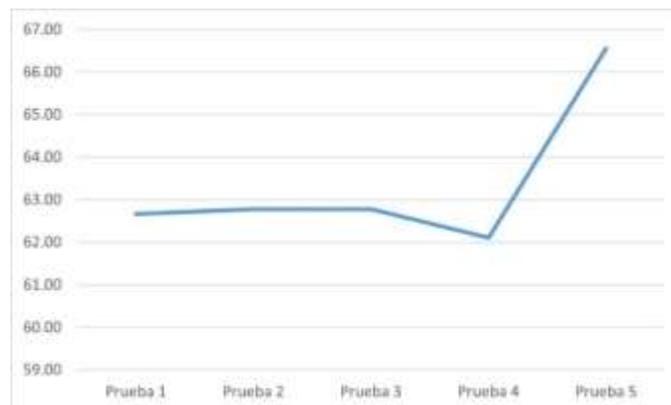
Promedio de gigabytes descargados



Nota. El gráfico de líneas muestra el promedio de gigabytes descargados para las 5 pruebas realizadas. Elaboración propia, elaborado en Excel 365.

Figura 11.

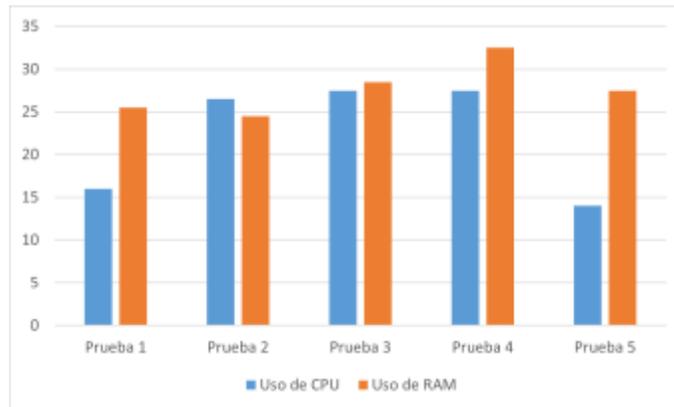
Promedio megabytes por Segundo



Nota. El gráfico de líneas muestra el promedio de megabytes por segundos descargados para cada una de las 5 pruebas realizadas. Elaboración propia, elaborado en Excel 365.

Figura 12.

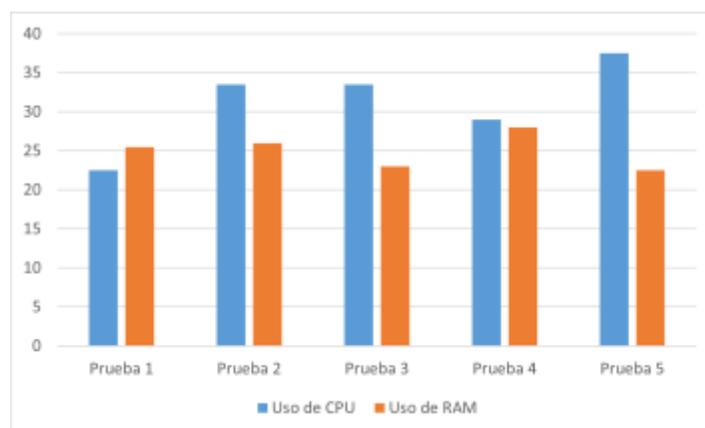
Porcentajes de utilización de la base de datos



Nota. El gráfico de líneas muestra porcentaje promedio de utilización de los recursos físicos para la máquina destinada a la base de datos durante las pruebas. Elaboración propia, elaborado en Excel 365.

Figura 13.

Porcentajes de utilización del servidor



Nota. El gráfico de líneas muestra porcentaje promedio de utilización de los recursos físicos para la máquina destinada al servidor durante las pruebas. Elaboración propia, elaborado en Excel 365.

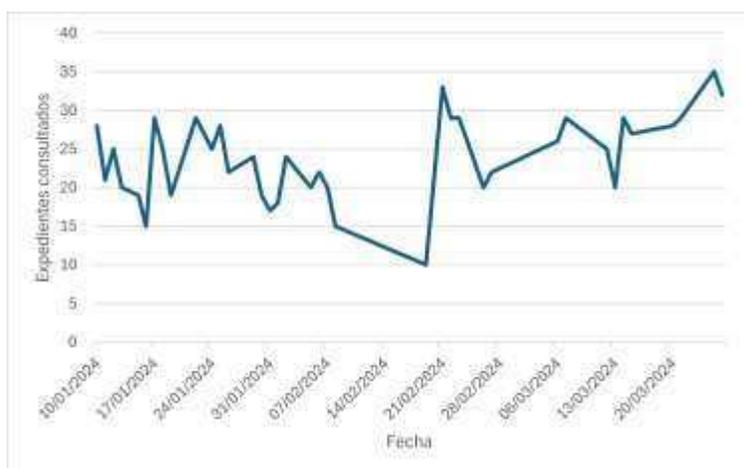
Las pruebas realizadas permitieron optimizar los procedimientos del sistema, trasladando las tareas complejas al servidor en lugar de la base de datos.

La eficiencia de la velocidad de lectura a la base de datos aumento en un 7 %, y su porcentaje de uso disminuyo en un 12.5 %, por otro lado, el porcentaje de utilización de los CPU del servidor aumento en un 66.5 %, demostrando que efectivamente los procesos difíciles se llevarán a cabo en el servidor, aliviando la carga de la base de datos y manteniéndola lo más eficiente posible.

El sistema está en funcionamiento y se ha dado acceso gradualmente al personal del registro mercantil para su uso diario. Esto permite obtener retroalimentación para mejorar su utilidad y amigabilidad. La figura siguiente muestra el uso del sistema en términos de expedientes consultados diariamente.

Figura 14.

Expedientes consultados por día



Nota. El gráfico de líneas muestra el comportamiento de la utilización del sistema con respecto a cuantos expedientes se consultan diariamente. Elaboración propia, elaborado en Excel 365.

Se puede observar la cantidad de expedientes consultados por día, este con relación a la cantidad de usuarios que tienen acceso, las métricas son las siguientes:

Tabla 15.

Métricas de desempeño actual del sistema

Título	Cantidad
Promedio de documentos consultados diariamente	24
Cantidad de usuarios registrados	39
Consultas realizadas	932
Expedientes consultados	535

Nota. Detalle de las métricas de desempeño actual del sistema, tomadas en base a los registros obtenidos por el sistema en el transcurso del tiempo que tiene en funcionamiento. Elaboración propia, elaborado en Excel 365.

2.3. Presentación de la solución del proyecto

El interés primordial del Registro Mercantil de Guatemala es ofrecer un sistema que no solo satisfaga las necesidades actuales, sino que también permita adaptarse y crecer en el futuro. Por lo tanto, es crucial establecer un orden específico y adecuado en el desarrollo del sistema para proporcionar una base sólida. Esto no solo facilitará la ampliación de funcionalidades en el futuro, enriqueciendo así el sistema, sino que también hará que las labores diarias de los empleados sean más eficientes y gratificantes.

En esta sección del documento se procede a explicar de manera técnica el sistema en su totalidad, definiendo la arquitectura de hardware y software, así como las tecnologías que se implementaron, las metodologías de trabajo utilizadas durante el desarrollo, también algunas herramientas que fueron

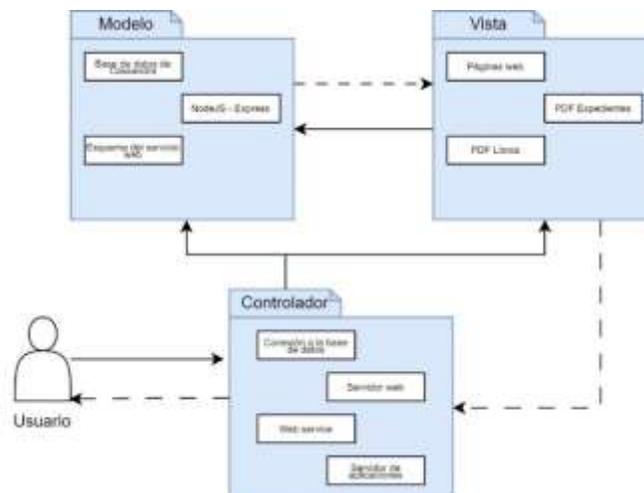
importantes para diferentes propósitos que aportaron a la construcción del sistema y también la estructura de datos utilizada para el almacenamiento de información.

2.3.1. Patrón de software utilizado en el sistema

El patrón de software que mejor se adapta a las necesidades y los procesos a realizar es la de Modelo, Vista y controlador (MVC), por sus muchas virtudes que permiten un desarrollo completo y que, a su vez, permite una organización estable y entendible (González & Romero, 2012), a continuación, en la siguiente figura, se puede observar a grandes rasgos la forma distintiva en la que este patrón de software funciona:

Figura 15.

Patrón MVC de la solución



Nota. Diagrama que demuestra el tipo de arquitectura con la que se fundamentó el sistema. Elaboración propia, elaborado en Draw.io.

2.3.2. Modelo

En esta capa se coordina la comunicación con la base de datos según las necesidades del sistema, se ayuda del controlador para recibir y transmitir la información para propagarla por el sistema en los lugares correspondientes.

La comunicación con la base de datos se hace por medio de consultas, estas son direccionadas a un conector (cassandra-driver) que gestiona la conexión con la base de datos y ejecuta los procedimientos solicitados.

2.3.3. Controlador

Esta capa responde a las acciones realizadas por el usuario u otros servicios, también permite efectuar la comunicación entre la capa Modelo y la capa Vista.

En la plataforma de desarrollo Angular se definieron servicios que actúan como proveedores (providers) que permitirán decidir qué información obtener de la base de datos y a que vista dirigir la información según las necesidades y acciones que efectúe el usuario.

2.3.4. Vista

Aquí se manipula y se muestra la información que el usuario solicita, de igual manera permite al usuario interactuar con las vistas para luego obtener la acción que el usuario solicita y procesarla para ejecutar acciones o procesos.

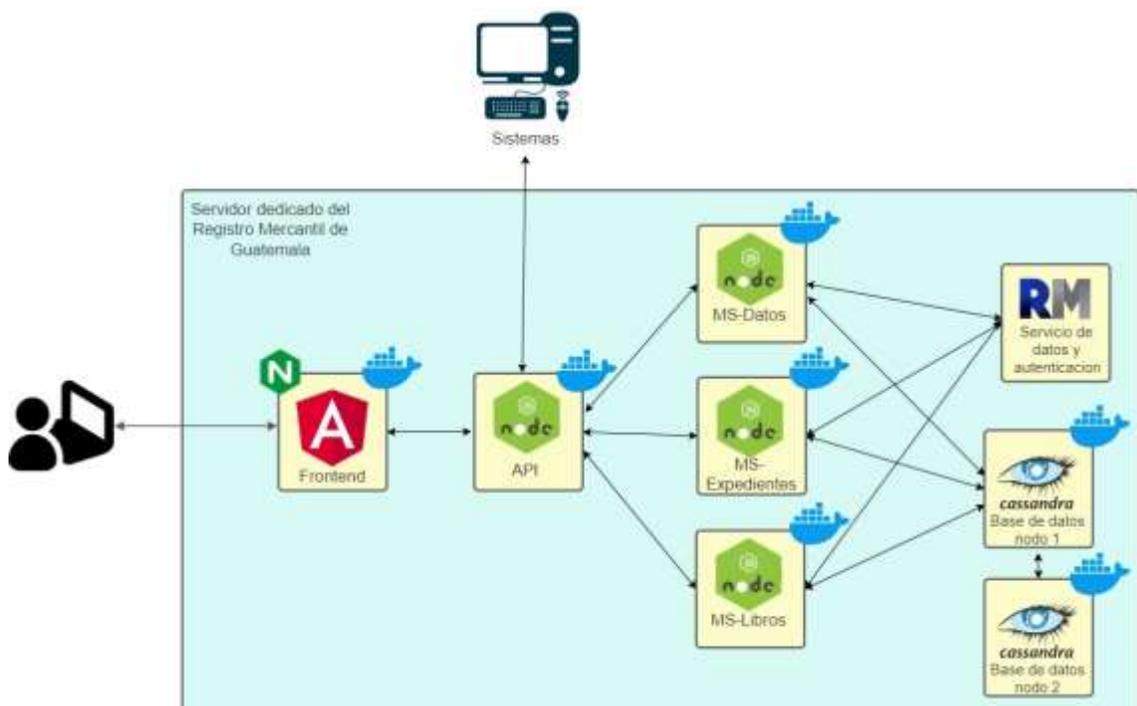
Las vistas se muestran por medio de HTML, estas pueden ser accedidas por los usuarios registrados, en base a los roles y permisos que disponga cada uno se podrá acceder a ciertas áreas de la aplicación.

2.3.5. Arquitectura de hardware

En la siguiente figura se ilustran los componentes de la arquitectura de hardware del sistema de gestión de documentos.

Figura 16.

Arquitectura de hardware



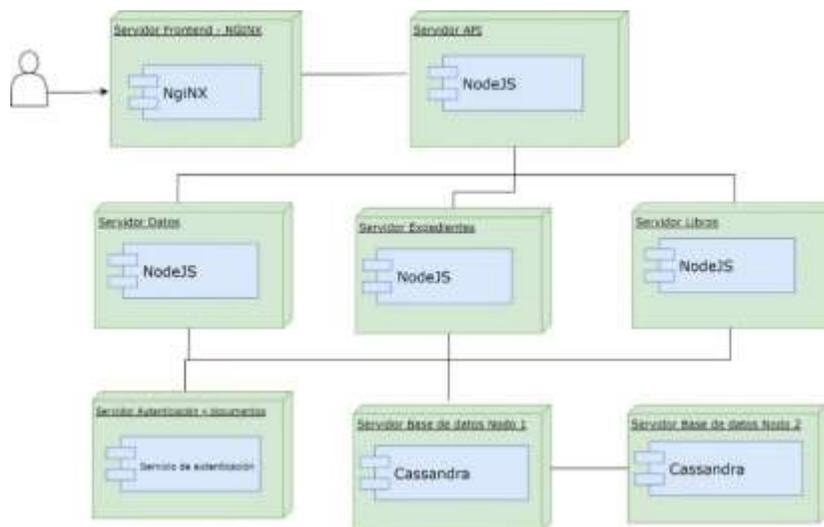
Nota. Flujograma que muestra la arquitectura de la solución. Elaboración propia, elaborado en Draw.io.

La aplicación se encarga de dar el flujo completo de consulta e impresión de expedientes y libros que actualmente se encuentran en el anterior sistema, y dárselos a los usuarios previamente definidos en el sistema, también da acceso a los administradores para que estos puedan gestionar los permisos correspondientes a los roles de usuario.

El despliegue de la aplicación se ve en la siguiente figura, la aplicación se ejecuta bajo los servidores del Registro Mercantil de Guatemala, por lo que los usuarios solo podrán acceder cuando el dispositivo se encuentre conectado a la misma red en la que se encuentra la aplicación, para eso el personal del Registro Mercantil puede ingresar al sistema en el link correspondiente.

Figura 17.

Despliegue de la solución



Nota. Diagrama de despliegue de la solución. Elaboración propia, elaborado en Draw.io.

2.3.6. Base de datos del sistema

Se implementó un manejador de base de datos, por sus características de escalabilidad, alto rendimiento, open source, manejo de altos volúmenes de información y alta capacidad de respuesta se utilizará Apache Cassandra. Se definió el respectivo esquema no relacional en donde se tiene las colecciones de datos donde se almacenará la información, el esquema se ve en la siguiente figura.

Figura 18.

Esquema no relacional

Tabla	Atributos											
Expediente	NumeroAnio	NumeroTramite	IDDocumento	FechaRegistro	IDUsuario	IDTipoDocumento	FechaInserio	HojasDocumento	PesoDocumento	IDTipo	IDSubtipo	IDEstado
	Int	Int	UUID	Timestamp	UUID	UUID	Timestamp	Int	Double	UUID	UUID	UUID
Libro	Libro	Folio	IDDocumento	FechaRegistro	IDUsuario	FechaInserio	IDTipoDocumento	IDEstado	PesoDocumento	HojasDocumento	IDTipo	
	Int	Int	UUID	Timestamp	UUID	Timestamp	UUID	UUID	Double	Int	UUID	
TipoDocumento	ID	Documento										
	UUID	String										
Documento	ID	NumeroParte	Data									
	UUID	Int	Blob									
TipoUsuario	ID	Abreviatura	Nombre									
	UUID	String	String									
PermisosTipoUsuario	ID	IDTipoUsuario	PermisoExpedientes	PermisosLibros	VerExpedientesProceso	VerLibrosProceso						
	UUID	UUID	Int	Int	Boolean	Boolean						
Usuario	ID	IDTipoUsuario	Nombre									
	UUID	UUID	String									
TipoLibro	ID	Nombre										
	UUID	String										
TipoExpediente	ID	Nombre										
	UUID	String										
SubtipoExpediente	ID	Nombre										
	UUID	String										
Bitacora	ID	Fecha	IDUsuario	Operación	Descripción							
	UUID	Timestamp	UUID	String	String							
Estado	ID	Nombre										
	UUID	String										

Nota. Esquema no relacional que representa la estructura de la nueva base de datos en el sistema. Elaboración propia, elaborado en Excel 365.

Tabla 16.

Descripción de esquema no relacional

Entidad	Descripción
Expediente	Almacena los datos de cada expediente registrado, cuenta con los datos del usuario que lo registro y el tipo de trámite.
Libro	Almacena los datos de cada libro registrado, cuenta con los datos del usuario que lo registro.
TipoDocumento	Almacena los tipos de documentos existentes en el sistema
Documento	Almacena los documentos digitales, tanto de expedientes como de libros, en la base de datos.
TipoUsuario	Almacena los tipos de usuario existentes en el sistema.
PermisosTipoUsuario	Almacena los permisos que posee cada tipo de usuario en el sistema.
Usuario	Almacena a cada usuario en el sistema.
TipoLibro	Almacena los tipos existentes para los libros en el sistema.
TipoExpediente	Almacena los tipos existentes para los expedientes en el sistema.
SubTipoExpediente	Almacena los subtipos existentes para los expedientes en el sistema.
Bitacora	Almacena todas las acciones que se ejecutan en el sistema.
Estado	Almacena los estados posibles para los documentos en el sistema.

Nota. Esquema no relacional utilizado en la base de datos de Cassandra. Elaboración propia, realizado en Excel 365.

Las herramientas de software utilizadas para el diseño e implementación de esta arquitectura son las siguientes:

- Framework Angular, versión 16.2.9
- Entorno de ejecución NodeJS, versión 18.18.1
- Apache Cassandra, versión 5.0
- Docker, versión 24.0.6
- Nginx, versión 1.25.3
- Typescript, versión 5.1.3

Hardware para alojamiento de microservicio Frontend

- Sistema operativo Debian GNU/Linux 11
- CPU 2 núcleos
- Memoria RAM 8 GB
- Disco duro 20 GB

Hardware para alojamiento de microservicio API

- Sistema operativo Debian GNU/Linux 11
- CPU 2 núcleos
- Memoria RAM 8 GB
- Disco duro 20 GB

Hardware para alojamiento de microservicio Datos

- Sistema operativo Debian GNU/Linux 11
- CPU 1 núcleos
- Memoria RAM 8 GB
- Disco duro 20 GB

Hardware para alojamiento de microservicio Expedientes

- Sistema operativo Debian GNU/Linux 11
- CPU 2 núcleos
- Memoria RAM 8 GB
- Disco duro 20 GB

Hardware para alojamiento de microservicio Libros

- Sistema operativo Debian GNU/Linux 11
- CPU 2 núcleos
- Memoria RAM 8 GB
- Disco duro 20 GB

Hardware para alojamiento de Base de datos nodo 1

- Sistema operativo Debian GNU/Linux 11
- CPU 2 núcleos
- Memoria RAM 16 GB
- Disco duro 2 TB

Hardware para alojamiento de Base de datos nodo 2

- Sistema operativo Debian GNU/Linux 11
- CPU 2 núcleos
- Memoria RAM 16 GB
- Disco duro 2 TB

Las librerías administradas por NodeJS son:

- cors
- dotenv
- express
- jsonwebtoken
- swagger-jsdoc
- swagger-ui-express
- cassandra-driver

- node-fetch
- pdfkit
- pdf-merger-js
- uuid
- jest
- supertest

Las librerías administradas por Angular son:

- ng2-pdf-viewer
- primeicons
- primeng
- rxjs
- sweetaler2
- tslib
- zonejs

Las imágenes administradas por Docker son:

- cassandra:5.0.

2.3.7. Tecnologías

- Angular: es un framework que gracias a todas las herramientas que proporciona se ha vuelto en una plataforma de desarrollo basada en componentes, estas virtudes ayudan al equipo completo a tener un control total de lo que se quiera llevar a cabo, también a mantener un orden bien estructurado para que todo sea transparente, de este modo es fácil adentrarse en un proyecto realizado en Angular (Angular, s.f.).

Proporciona una colección de librerías que cubren la mayoría de las funcionalidades más comúnmente utilizadas para facilitar la integración con el proyecto, incluyendo enrutamiento, formularios, manejo de estados, comunicación cliente-servidor, entre otras, de igual manera proporciona un entorno bien integrado para que todo pueda ser desarrollado, construido, probado y actualizado de una manera sencilla.

Agregado a esto, existen millones de compañías, equipos de desarrollo o usuarios, que continuamente desarrollan componentes para compartirlos con la comunidad de desarrolladores, estos componentes permiten facilitar la implementación de ciertas características dentro del propio ecosistema donde se está trabajando, de esta manera se facilitan virtudes que si se realizaran desde el principio sería tedioso.

Angular hace uso de Typescript, el cual es un superset de JavaScript, este mismo añade características a JavaScript que lo hacen más entendible y escalable, proporcionando un tipado estático que inicialmente no existe en JavaScript, estas características permiten evitar errores sutiles de programación que a la larga quitan tiempo valioso para el desarrollo de los proyectos.

- NodeJS: es un entorno de ejecución de JavaScript open source y multiplataforma, tiene diversas herramientas que permiten adaptarse a casi cualquier proyecto, sus librerías son creadas con el uso de paradigmas que evitan los bloqueos de ejecución, por lo que ejecuta un único, aunque permitiendo crear eventos asíncronos.

NodeJS utiliza el motor V8 de JavaScript, el mismo que ejecuta Google Chrome, y el mismo con el que millones de aplicaciones han sido desarrolladas, por lo que un usuario que conoce este lenguaje para el desarrollo frontend puede

hacer uso del mismo lenguaje del lado del servidor sin ningún problema al utilizar NodeJS.

Este entorno de desarrollo provee muchas características que facilitan la vida de los desarrolladores, desde herramientas para desarrollar, probar, ejecutar y actualizar su código, hasta un cliente que permite ejecutar todas estas acciones de manera automática y sencilla con un comando, también posee un manejador de paquetes que permite descargar y utilizar librerías que otros desarrolladores han puesto a disposición de nuestras aplicaciones.

- Docker: es una plataforma especializada para desarrollar, desplegar y ejecutar aplicaciones de manera aislada, permitiendo crear infraestructuras sencillas o complejas en entornos específicos, también nos provee herramientas para poder maniobrar entre estas aplicaciones de manera sencilla y sin tener que velar de que cada aplicación tenga las librerías, versiones y recursos compatibles para funcionar (Docker, s.f.).

Una de las ventajas principales de Docker es que se puede reducir drásticamente el tiempo en el que se el desarrollador crea o actualiza una funcionalidad y la traslada al entorno real, esto debe suceder mediante la realización de muchos pasos, mismos que pueden ser automatizados y con la ayuda de Docker validar que todo funcione para posteriormente darlo a producción.

Docker es fácilmente instalable en múltiples plataformas, y posee una amplia documentación con la cual podemos encontrar como instalarlo en el entorno que deseemos, Docker aísla cada aplicación que deseemos en un entorno o contenedor, este contenedor es fácilmente ejecutable y producible, por

lo que millones de desarrolladores día a día crean sus propias aplicaciones, las introducen en un contenedor y las ponen a disposición de los interesados.

- Nginx: es un software open source para servicios web, servidores proxy inversos, cache, balanceadores de carga, streaming, y mucho más, entre sus principales características se destacan:
 - Rendimiento: cuando se trata de gestionar un gran número de conexiones simultaneas Nginx es la mejor opción, ya que permie gestionarlas con alto rendimiento.
 - Diseñado para ser ligero: en comparación con otros, Nginx es bastante ligero, por lo que es seguro que su consumo de recursos será menor, lo que permite aprovechar estos recursos en el rendimiento de las aplicaciones.
 - Proxy inverso y balanceador de carga: nginx es conocido por ser un servidor de proxy inverso eficiente y por ofrecer funciones de balanceadores de carga.
- Git: es un sistema de control de versiones, este permite manejar el histórico de los cambios efectuados en el desarrollo y también a organizar el progreso que vamos realizando de la manera que deseemos, permite distribuir el trabajo de manera rápida y adecuada para posteriormente unificarlo sin causar incongruencias en el resultado final.

2.3.8. Metodologías y flujos de trabajo

- Scrum: es un marco de trabajo ágil, permite a equipos de trabajo crear soluciones adaptativas a problemas complejos, scrum busca hacer un trabajo cooperativo, siguiendo buenas prácticas en el desempeño de cualquier tarea a realizar, este involucra a todos los participantes del proyecto y no solo los encargados de crear la solución, sino también a los clientes e interesados en utilizar la solución (Trigás Gallego, 2012).

Scrum busca ser simple, identificando claramente que todos los eventos y toda la información que es relevante para este evento, tanto los participantes, los objetivos, tiempos de duración, recursos, posibles riesgos, resultados esperados, etc. Lo cual facilita a todos integrarse en la metodología, además que se mantiene la noción de ser flexible y poder acoplarse con facilidad.

La inspección del progreso es fundamental, bajo este marco de trabajo se busca interactuar por medio de reuniones periódicas para discutir los progresos de cada equipo, de esta manera se puede llegar a conocer todos los puntos de vista de todos los que están trabajando, problemas que pueden estar surgiendo, que cosas pueden mejorarse o resultados que se estén viendo reflejados.

La característica principal que destaca esta metodología es su adaptación a ser del modelo ágil, ya que se adapta a las necesidades y cambios que los productos estén recibiendo, por ende, el producto puede sufrir cambios y estos pueden ser aplicados a los planes previamente definidos y encontrar la mejor manera de llegar al objetivo final que se buscaba inicialmente.

Figura 19.

Flujo ágil de Scrum



Nota. La figura muestra el flujo completo del marco de trabajo SCRUM. Obtenido de Deemer P., Benefield G., Larman G., Vodde B. (2009). *The Scrum Primer*. (http://goodagile.com/scrumprimer/scrumprimer_es.pdf), consultado el 15 de noviembre de 2023. De dominio público.

- Gitflow: es un flujo de trabajo que se centra en el uso de git, brinda mayor control y organización en el proyecto, al utilizar git de manera colaborativa en un proyecto siempre existen riesgos de que existan conflictos cuando los usuarios intentan trabajar en áreas distintas, o bien porque es

necesario monitorizar las acciones que se realizan en ciertas áreas del proyecto para realizar acciones en consecuencia.

La implementación de gitflow es relativamente sencilla, aprovecha la característica de crear ramas dentro de un repositorio de git. Gitflow maneja dos ramas principales:

- master
- develop

La rama master será la rama principal del proyecto, contiene el código final que se enviará a producción y el que utilizarán los usuarios finales.

La rama develop será la rama de desarrollo, en ella se encontrará todo código considerado como funcional pero que debe ser evaluado.

De estas ramas derivan otras, mismas que tienen cada una un propósito distinto y, por ende, luego de su nombre característico se le debe asignar un prefijo que identifique qué se está trabajando en esta rama, estas son consideradas como ramas auxiliares y son nombradas de la siguiente manera:

- feature
- release
- Hotfix
- Bugfix

Rama feature: esta rama es utilizada para crear una funcionalidad específica dentro del sistema, es creada a partir de la rama develop y debe mantenerse siempre actualizada, por ejemplo, si un desarrollador está

implementando la funcionalidad de visualización de expedientes en el sistema, lo adecuado sería que cree la rama feature/expedientes-PDF, creada a partir de la rama develop.

Rama release: cuando el equipo de trabajo concuerda que el código trabajado es capaz de ser enviado a producción, es decir, que puede ser visto por los usuarios finales, se crea esta rama a partir de la rama develop, de esta forma nos aseguramos de que siempre contenga los últimos avances trabajados y posteriormente se combine con la rama master, siempre debe colocársele un identificador que sea usado para llevar de manera ordenada las versiones finales que se le entregan al usuario, por ejemplo release/1.5.3, lo que significa que es la versión 1.5.3.

Rama hotfix: cuando el equipo de trabajo recibe indicaciones de fallos dentro del sistema que deben ser resueltos a la brevedad de lo posible, estos pueden ser corregidos con esta rama, ésta es creada a partir de la rama master, para luego corregir los errores evaluados y posteriormente combinada con la rama master y la rama develop, de esta manera ambas tendrán el problema solucionado, debe ser nombrada en base al fallo que se va a corregir, por ejemplo: hotfix/correxion-usuarios.

Rama bugfix: esta rama está destinada a corregir fallos que no requieren de atención inmediata, por lo que pueden ser resueltos en el ciclo normal de desarrollo, esta es creada a partir de la rama develop y de igual manera que la rama hotfix, también se le debe nombrar en base al fallo que va a corregir, por ejemplo: bugfix/correxion-responsividad.

2.3.9. Herramientas utilizadas durante el desarrollo

- Postman: es una plataforma API que nos permite consumir servicios para poder interactuar con ellos sin necesidad de tener un cliente real, de esta manera se puede probar la funcionalidad de un servicio y entender cómo se desempeña, que necesitamos hacer para recibir las respuestas que deseamos.

Postman busca que todo lo que se haga sea transparente en los grupos de trabajo, por lo que crea igualmente grupos en donde se puede probar funcionalidades en conjunto, compartir las pruebas para identificar errores o mejores en los servicios a evaluar.

- Visual Studio Code: es un editor de código que busca facilitar al desarrollador las herramientas necesarias que un IDE posee, pero combinándolo con muchas otras características, esto ayuda a que el desarrollador únicamente deba preocuparse por la programación, es capaz de aplicar sus extensiones todo lenguaje de programación.

Si un equipo de trabajo está desarrollando un sistema con varios lenguajes de programación, todos pueden usar Visual Studio Code para programar ya que este editor se adaptará al lenguaje de programación que se esté usando, y aún fuera de la programación, también sus extensiones permiten brindarle al usuario una experiencia integrada con muchas otras tecnologías como git, Postman, Docker, etc.

- Swagger: es una herramienta que nos permite realizar documentación de nuestras APIS, ya que luego de que la funcionalidad esté completa, siempre existe la interrogante de cómo hacer uso de esta, por lo que

cuando usamos Swagger podemos definir como un usuario puede hacer uso de nuestra API y hacerla entendible.

Es fácil de usar ya que ofrece una interfaz gráfica que nos permite visualizar el funcionamiento y nos explica detalladamente que cosas debemos hacer para ejecutar acciones y cuando obtengamos una respuesta de estas acciones también nos indica que posibles respuestas vamos a recibir, además, también es fácil de crear, ya que tiene una sintaxis minimalista pero completa, que da la libertad al desarrollador de crear sin necesidad de usar interfaces o códigos complejos.

- Gitlab: es una plataforma de alojamiento de código open source, es especializada en manejar grandes grupos de trabajo y proporciona herramientas que facilitan realizar el flujo devops que permitirá mantener una integración y despliegue continuos de nuestras aplicaciones.

2.4. Costos del proyecto

En la siguiente tabla se presentan los costos estimados del proyecto junto con un detalle desglosado del mismo:

Tabla 17.

Presupuesto del proyecto

Recurso	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Sueldo mensual desarrollador full stack jr.	6	Q10,000.00	Q60,000.00
Servicio de internet	6	Q250.00	Q1,500.00
Electricidad de computadora de desarrollo	6	Q68.05	Q408.03
Energía eléctrica servidor	6	Q68.05	Q408.03
Equipo de computo	1	Q9,000.00	Q9,000.00
Mantenimiento de equipos de computo	2	Q1,000.00	Q2,000.00
Aporte de asesor por el registro mercantil (20 horas mensuales)	6	Q1,150.00	Q6,900.00
Aporte de asesor de escuela (20 horas mensuales)	6	Q1,900.00	Q11,400.00
Viáticos para visitas técnicas (8 veces al mes)	6	Q1,040.00	Q6,240.00
Revisiones de ingeniero en informática (10 horas mensuales)	6	Q950	Q5,700.00
Total			Q103,556.06

Nota. Detalle del presupuesto para la realización del proyecto. Elaboración propia, realizado en Excel 365.

2.5. Beneficios del proyecto

- Reducir el tiempo de consulta de documentos.
- Permitir un control de permisos a los diferentes tipos de usuarios.
- Incrementar la seguridad de la consulta de documentos.
- Que el usuario pueda efectuar todos los procesos necesarios para la consulta de documentos.
- Que los datos estén almacenados de manera eficiente y consistente a largo plazo.
- Entregar un proyecto base preparado para adaptarse a nuevas características futuras.
- Mantener una trazabilidad de todos los procesos realizados en el sistema.

3. FASE DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

En cualquier proyecto, es crucial fomentar un ambiente de aprendizaje continuo, donde el personal pueda adquirir conocimientos valiosos a partir de los procedimientos, retroalimentación de los usuarios, identificación y corrección de errores, así como de cualquier otra fuente de información relevante. Esto no solo facilita que el personal se familiarice con el sistema, sino que también permite la mejora continua, el manejo eficaz de errores y la ampliación del conocimiento en general.

3.1. Capacitación propuesta

Se elaboró un plan que busca cubrir la funcionalidad total del sistema, iniciando por capacitar a los usuarios que harán uso de este y mostrando un flujo completo de las acciones que podrán realizar, y finalizando con entregar toda la documentación necesaria a los usuarios que se encargarán de dar mantenimiento, actualizar y mejorar el sistema.

3.1.1. Conferencia

Al ser necesario entregar un sistema que sea utilizable por los empleados del Registro Mercantil de Guatemala, se optó por entregar un resumen de cada flujo de trabajo que los usuarios podrán realizar para que puedan conocer las capacidades y virtudes que pueden aprovechar en sus labores del día a día.

El programa de la conferencia fue:

- Presentación del encargado del proyecto
- Justificación del proyecto
- Demostración del sistema, siguiendo un flujo completo
- Retroalimentación y resolución de dudas

Material:

- Computadora de desarrollo
- Diagrama de los procesos que pueden realizarse en el sistema
- Ejemplo de expediente

Duración estimada: 30 a 45 minutos.

3.1.2. Documentación

Se entregará una documentación digital que detalle el sistema en su totalidad, esta documentación dispondrá de dos manuales, siendo estos los siguientes:

- Manual de usuario
- Informe de implementación

Estos manuales buscan dejar explícito como cada usuario puede hacer uso de este dependiendo de los fines que desee realizar dentro del mismo.

3.1.2.1. Manual de usuario

Este manual detalla información acerca de cómo se puede utilizar y operar el sistema, demostrándole al usuario como realizar todos los flujos de trabajo

posibles dependiendo de sus roles, este manual está pensado para ser proveído a los usuarios finales, para que puedan utilizar el sistema en sus labores diarias.

3.1.2.2. Informe de implementación

Este manual busca dejar constancia de todo el proceso de desarrollo y ejecución del sistema, de manera que, se pueda comprender los requerimientos que el sistema necesita para que esté en funcionamiento, así mismo como ponerlo en marcha, también que si desea realizar algún cambio o mejora dentro del mismo pueda identificar como hacerlo.

CONCLUSIONES

1. La implementación de un api que entregue el control de la información que maneja el sistema permite centralizar todo proceso dentro del mismo, proveyendo sus servicios para que cualquier usuario o sistema autorizado pueda acceder a él e implementarlo en sus labores diarias.
2. Se configuró una migración por consulta, lo que dio como resultado un traslado de información segura y eficiente conforme se vaya necesitando, esto minimiza el impacto en los recursos del sistema ya que se proveyó las herramientas y recursos necesarios para poder trasladar de forma ordenada y bien estructurada grandes cantidades de registros.
3. Se implementó una interfaz que diera al personal del Registro Mercantil una experiencia agradable, ya que en sus labores diarias está el uso del sistema, por lo que una interfaz amigable y completa, que provee todas las funciones de los procesos, agregando una capa de personalización que da una mejor comodidad a los trabajadores.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda actualizar, dar mantenimiento e implementar gradualmente nuevas funcionalidades en el sistema, así se mantendrá siempre dando un buen servicio y con soporte.
2. Seguir analizando los procesos para poder optimizar la consulta de los documentos o cualquier flujo de tareas que lo amerite.
3. Migrar cierta parte de los registros podría mejorar la eficacia de las consultas, de manera que, los registros que se espera consumir con más frecuencia no sea necesario migrarlos al momento de consultar.
4. Crear e implementar un plan de auditoria para el control del sistema para poder detectar cualquier anomalía y poder mitigarla a tiempo.
5. Siempre implementar medidas y protocolos de seguridad para mantener la información segura. Esto puede incluir encriptar la información, agregar protocolos de acceso y auditorias continuas.
6. Es importante mantener el uso de las tecnologías y frameworks con las últimas actualizaciones, por lo que otorgar atención continuamente a actualizar toda librería que se utilice es necesario para prolongar la vida útil del sistema.

REFERENCIAS

- Apache Cassandra Basics. (s.f.). Apache Cassandra. https://cassandra.apache.org/_/cassandra-basics.html.
- Angular. (s.f.). What is Angular. Recuperado de <https://angular.io/guide/what-is-angular>.
- del Busto, H. G., & Enríquez, O. Y. (2012). Bases de datos NoSQL. Telemática, 11(3), 21-33. Recuperado de <https://revistatelematica.cujae.edu.cu/index.php/tele/article/view/74/74>.
- Docker. (s.f.). Get Docker. Recuperado de <https://docs.docker.com/get-docker/>.
- González, Y. D., & Romero, Y. F. (2012). Patrón Modelo-Vista-Controlador. Telemática, 11(1), 47-57.
- Registro Mercantil. (n.d.). evisor.registromercantil.gob.gt. <https://evisor.registromercantil.gob.gt/>.
- Sosa Valdez, M. de F. (2017). Registro Mercantil General de la República de Guatemala (Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar). Recuperado de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2017/07/01/Sosa-Maria.pdf>.
- Trigás Gallego, M. (2012). Metodología scrum. *Recuperado de* <https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/17885/1/mtrigasTFC0612memoria.pdf>.