UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE
INFORMACIÓN**

**Modelo Tecnológico para la Gestión de la Historia Clínica entre Entidades
Privadas de Salud**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero de Sistemas de Información

AUTOR(ES)

Fernandez Nevado, Rajhut Ricardo (0000-0002-5613-4126)

Yovera Loayza, Alex Gabriel (0000-0002-6882-8993)

ASESOR

Ugarte Rojas, Willy Gustavo (0000-0002-7510-618X)

Lima, 15 de diciembre del 2020

DEDICATORIA

Va dedicado a nuestros padres por siempre apoyarnos a ser mejores personas, como ejemplo de vida y superación. Va dedicado a ellos y todas las personas que estuvieron con nosotros en este viaje de aprendizaje y formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios por permitirnos cumplir nuestro objetivo profesional al guiarnos en el camino. A nuestros padres por siempre darnos fuerzas para seguir adelante con su apoyo incondicional. De igual manera, al Doctor Juan Cesar Muro por su confianza y aporte en el conocimiento especializado del sector Salud. A nuestros profesores por formarnos en el camino profesional, en especial a Manuel Caldas Nuñez y Willy Ugarte Rojas por encaminar las bases para este proyecto. Y a todas las personas que de alguna manera estuvieron con nosotros aportando valor a nuestro proyecto.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto propone un Modelo Tecnológico para la Gestión de la Historia clínica entre Entidades Privadas de Salud, soportada por la tecnología blockchain como servicio a través de un proveedor de nube, de modo que se garantiza la seguridad de la información en todo el proceso, con el propósito de mejorar la toma de decisiones en el acto médico. Esto surge debido a que las Entidades de Salud presentan dificultades en integrar la información de historias clínicas de sus pacientes, debido a que cada centro maneja sus propias políticas y estándares de registro. Además, presentan distintos sistemas de información que no se comunican entre sí. Las historias al no ser únicas, no se puede obtener la trazabilidad de la información del paciente, siendo esta vital para el diagnóstico y tratamiento médico adecuado.

Las tecnologías de cadena de bloques descentralizan la información de manera segura en una red que puede ser privada, pública o híbrida, almacenan la información de manera cifrada y esta se replica en todos sus pares por lo que es inmutable e incorruptible. De igual manera el uso de la Computación en la Nube refuerza el alcance en la disponibilidad y escalabilidad de recursos a demanda, ofreciendo disponibilidad en cómputo a medida que se requiera. El beneficio de usar estas dos tecnologías en conjunto nos da características adecuadas para el cumplir con los objetivos propuestos del proyecto.

Los resultados del proyecto se validaron mediante una prueba de concepto donde se desarrolló un sistema web replicando el proceso de gestión de la historia clínica basada en el modelo tecnológico. Dentro de las pruebas realizadas, se incluyeron factores de éxito para verificar que se cumplan los principios de la seguridad de la información, dentro de estos factores se obtuvo como mínimo un 95% de éxito con respecto a la integridad, confidencialidad y disponibilidad de las historias clínicas. Además, se entrevistó a un experto médico, quien es Director del Centro Médico Naval y Jefe de Departamento de Medicina, quien afirma que el modelo propuesto genera valor al gestionar la historia clínica y respetar las normas técnicas, mejorando notablemente la toma de decisiones médicas.

Palabras clave: Blockchain; Sector Salud; Cloud Computing; Gestión de Historias clínicas

Technological Model for the Management of Medical Records between Private Health Entities

ABSTRACT

This project proposes a Technological Model for the Management of the Medical Record between Private Health Entities, supported by blockchain technology as a service through a cloud provider, so that information security is guaranteed throughout the process, with the purpose of improving decision-making in the medical act. This arises because Health Entities have difficulties in integrating the information from their patients' medical records, because each center manages its own registration policies and standards. In addition, present different information systems that do not communicate with each other. The stories not being unique, cannot get the traceability of patient information, this being vital for proper medical diagnosis and treatment.

Blockchain technologies decentralize information in a secure way in a network that can be private, public or hybrid, they store the information in an encrypted way and it is replicated in all its peers so it is immutable and incorruptible. In the same way, the use of Cloud Computing reinforces the scope in the availability and scalability of resources on demand, offering availability in computing as required. The benefit of using these two technologies together gives us characteristics suitable for meeting the objectives of the proposed project.

The results of the project were validated by a proof of concept where it developed a web system management process replicating the medical history based on technological model. Among the tests performed, success factors were included to ensure that the principles of information security are met within these factors was obtained at least 95% success rate with respect to the integrity, confidentiality and availability of the stories clinics. In addition, a medical expert was interviewed, who is Director of the Naval Medical Center and Head of the Department of Medicine, who affirms that the proposed model generates value by managing the medical history and respecting technical standards, notably improving medical decision-making.

Keywords: Blockchain; Healthcare; Cloud Computing; Management of medical records

TABLA DE CONTENIDOS

1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	14
1.1	OBJETO DE ESTUDIO	15
1.2	DOMINIO DEL PROBLEMA.....	15
1.3	PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN.....	16
1.4	OBJETIVOS DEL PROYECTO	17
1.4.1	Objetivo general.....	17
1.4.2	Objetivos específicos.....	17
1.5	INDICADORES DE ÉXITO.....	17
1.6	PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO	18
1.6.1	Alcance.....	18
1.6.2	Plan de Gestión del tiempo.....	19
1.6.3	Plan de Gestión de Recursos Humanos.....	20
1.6.4	Plan de Comunicaciones.....	22
1.6.5	Plan de Gestión de Riesgos.....	23
2	LOGROS DE LOS STUDENTS OUTCOMES.....	25
2.1	VALIDACIÓN DE LOS STUDENT OUTCOMES.....	26
2.1.1	Student Outcome A	26
2.1.2	Student Outcome B.....	27
2.1.3	Student Outcome C	27
2.1.4	Student Outcome D	28
2.1.5	Student Outcome E.....	29
2.1.6	Student Outcome F	29
2.1.7	Student Outcome G	30
3	MARCO TEÓRICO	32
3.1	CONCEPTOS	33
3.1.1	Modelo	33
3.1.2	Paciente.....	33
3.1.3	Datos personales	33
3.1.4	Datos sensibles	34
3.1.5	Acto médico	34
3.1.6	Diagnóstico	34
3.1.7	Atención médica.....	35
3.1.8	Entidades privadas de Salud.....	35
3.1.9	Historia clínica	35
3.1.10	Gestión de la historia clínica	36

3.2	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.2.1	Interoperabilidad de las historias clínicas	36
3.2.2	Pérdida de la integridad de los datos	37
3.2.3	Deficiencia en el Diagnóstico del paciente	37
3.3	TECNOLOGÍAS.....	39
3.3.1	Cloud Computing	39
3.3.2	Blockchain	40
4	DESARROLLO DEL PROYECTO	45
4.1	ANÁLISIS	46
4.1.1	Análisis del problema	46
4.1.2	Análisis de la gestión de la historia clínica.....	47
4.1.3	Análisis de las soluciones.....	51
4.1.4	Análisis de las herramientas tecnológicas.....	56
4.2	DISEÑO DEL MODELO	60
4.2.1	Entrada	62
4.2.2	Gestión de la historia clínica electrónica	62
4.2.3	Tecnología	65
4.2.4	Salida	65
4.3	DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	65
4.3.1	Modelado de procesos	66
4.3.2	Requisitos	70
4.3.3	Diagrama de casos de uso.....	74
4.3.4	Modelado de datos	75
4.3.5	Arquitectura de la solución.....	76
4.3.6	Diseño de Mockups.....	78
5	RESULTADOS DEL PROYECTO.....	84
5.1	IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	85
5.1.1	Despliegue y configuración de blockchain	85
5.1.2	Implementación del Smart-contract	86
5.1.3	Implementación del backend	92
5.1.4	Implementación del front-end	94
5.1.5	Despliegue de la solución en nube	97
5.2	CASO DE ESTUDIO.....	100
5.3	CASOS DE PRUEBA	101
5.3.1	Caso de prueba N° 1	102
5.3.2	Caso de prueba N° 2	107
5.3.3	Caso de prueba N° 3	108
5.4	RESULTADOS.....	110

5.4.1	Integridad de las historias clínicas	110
5.4.2	Confidencialidad de las historias clínicas	111
5.4.3	Disponibilidad de las historias clínicas	112
5.5	PLAN DE COSTOS	115
5.5.1	Recursos Humanos	117
5.5.2	Recursos Tecnológicos.....	117
5.6	PLAN DE CONTINUIDAD	118
5.6.1	Continuidad del modelo	118
5.6.2	Continuidad del negocio.....	120
5.6.3	Cronograma de actividades y plan de acción	128
6	GESTIÓN DEL PROYECTO.....	129
6.1	GESTIÓN DE TIEMPO	130
6.2	GESTIÓN DE RECURSOS HUMANOS.....	131
6.3	MATRIZ DE COMUNICACIÓN	132
6.4	GESTIÓN DE RIESGOS.....	133
	CONCLUSIONES	134
	RECOMENDACIONES	136
	GLOSARIO	137
	SIGLARIO	138
	BIBLIOGRAFÍA	139
	ANEXO 1 - PROCESOS	141
	ANEXO 2 - WASC	149
	ANEXO 3 - COSTOS	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores de éxito.....	17
Tabla 2. Hitos y Entregables del Proyecto	19
Tabla 3. Roles y Responsabilidades por stakeholders	21
Tabla 4. Matriz de Riesgos	23
Tabla 5. Beneficios de blockchain.....	44
Tabla 6. Oportunidades de mejora en base al problema.....	46
Tabla 7. Comparativo de tipos de historia clínica	47
Tabla 8. Comparativo de las soluciones	53
Tabla 9. Comparativo de las plataformas blockchain.....	57
Tabla 10. Pruebas de cargas de trabajo a las bases de datos de las plataformas blockchain según YCSB y Smallbank.....	57
Tabla 11. Comparativo de los frameworks de Hyperledger por características	58
Tabla 12. Comparativo de proveedores nube de blockchain como servicio	59
Tabla 13. Roles y responsabilidades de los procesos	66
Tabla 14. Matriz de requisitos funcionales.....	71
Tabla 15. Factores de éxito por casos de prueba de la PoC	101
Tabla 16. Caso de uso: Crear historia clínica por médico	102
Tabla 17. Caso de uso: Tratar historia clínica del paciente por médico.....	104
Tabla 18. Resultado de números de caracteres ingresados en la historia clínica electrónica, datos de entrada vs datos de salida.....	110
Tabla 19. Resultado de respuesta de historia clínica exitoso a médicos autorizados	111
Tabla 20. Resultado de la disponibilidad de la información de la historia clínica para la clínica 1.....	112
Tabla 21. Resultado de la disponibilidad de la información de la historia clínica para la clínica 2.....	113
Tabla 22. Resultado de la disponibilidad de la información de la historia clínica para la clínica 2.....	113
Tabla 23. Flujo de caja proyectada anual	115
Tabla 24. Retorno de Inversión Anual	116
Tabla 25. Costo de recursos humanos	117
Tabla 26. Costo de plataforma.....	117
Tabla 27. Roles y responsabilidades de soporte	121

Tabla 28. Niveles y tiempo de respuestas ante problemas	122
Tabla 29. Cronograma de actividades	128
Tabla 30. Fases e hitos del proyecto.....	130
Tabla 31. Fases e hitos del proyecto.....	132
Tabla 32: Tabla de riesgos.....	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura Organizacional del proyecto	22
Figura 2. Fases de la gestión de la historia clínica electrónica.....	51
Figura 3. Modelo tecnológico para la gestión de la historia clínica entre entidades privadas de Salud.....	61
Figura 4. Diagrama de casos de uso del sistema web de gestión de historia clínica...	75
Figura 5. Diseño de modelo de datos	76
Figura 6. Arquitectura del sistema web de la gestión de historias basado en el modelo tecnológico	77
Figura 7. Pantalla de Inicio de Sesión	78
Figura 8. Pantalla de Registro de personal médico	78
Figura 9. Pantalla de Inicio de Sesión	79
Figura 10. Pantalla de Inicio de Sesión recepcionista	79
Figura 11. Pantalla de Lista de pacientes	80
Figura 12. Pantalla de Registro de pacientes	80
Figura 13. Pantalla inicio de sesión médico	81
Figura 14. Pantalla de Lista de pacientes atendidos por medico	81
Figura 15. Pantalla de Creación de historia clínica	82
Figura 16. Pantalla de historia clínica	83
Figura 17. Configuración de instancia blockchain	86
Figura 18. Clase ‘MyContract’ del Smart-contract en JavaScript NodeJS	87
Figura 19. Funciones de inicio de sesión para el staff médico y pacientes	87
Figura 20. Función registrar personal por administrador del sistema	88
Figura 21. Función listar pacientes por DNI para recepcionista	88
Figura 22. Función registrar paciente por recepcionista.....	89
Figura 23. Función crear historia clínica por médico.....	89
Figura 24. Función listar pacientes atendidos por médico	90
Figura 25. Función subir historia clínica del paciente por médico.....	91
Figura 26. Función solicitar historia clínica del paciente por médico.....	91
Figura 27. Funciones que exponen las rutas del sistema web por funcionalidades	93
Figura 28. Imágenes docker del backend para las entidades privadas de salud y pacientes	93
Figura 29. Vista de inicio de sesión para el administrador del sistema.....	94

Figura 30. Vista de registros de personal médico.....	94
Figura 31. Vista de inicio de sesión del recepcionista.....	95
Figura 32. Vista de lista de pacientes para el recepcionista	95
Figura 33. Vista de inicio de sesión del médico	96
Figura 34. Vista de historia clínica del paciente para el médico	96
Figura 35. Vista de inicio de sesión del paciente	97
Figura 36. Vista de historia clínica por paciente	97
Figura 37. Imágenes docker en repositorio privado seguro en nube	98
Figura 38. Archivo YAML para el despliegue de la imagen docker en kubernetes....	98
Figura 39. Archivo YAML para la exposición como servicio del pod en kubernetes	99
Figura 40. Archivo Dockerfile para la creación de la imagen docker para el front-end	99
Figura 41. Registros del sistema web en Kubernetes	105
Figura 42. Algoritmo de obtención de historias clínicas por administrador de la instancia blockchain	106
Figura 43. Resultado del algoritmo de obtención de historias clínicas por administrador de la instancia blockchain.....	106
Figura 44. Configuración de hilos en JMeter	107
Figura 45. Dashboard de Kubernetes	108
Figura 48. Comparación de integridad y confidencialidad de la solución vs escenario real	114
Figura 49. Disponibilidad de las historias clínicas en distintos escenarios	114
Figura 50. Estructura organizacional del proyecto	131

INTRODUCCIÓN

Una historia clínica es un activo de información privado que contiene formularios y archivos de estudios de la salud de un único paciente a través del tiempo, ya sea física o digital. Según la encuesta de salud de la Fundación Familia Kaiser, el 57% de los pacientes están preocupados por la seguridad de sus registros médicos y el 80% de pacientes considera importante el uso de las historias clínicas electrónicas. La seguridad de la información posee tres principios fundamentales. Los cuales son la integridad, confidencialidad y disponibilidad de la información. Actualmente los casos sobre ciberdelincuencia son cada vez más frecuentes, aparecen más ataques y nuevas formas de encontrar vulnerabilidades en los sistemas informáticos. Se ha reportado que los datos más cotizados en el mercado negro son las historias clínicas, por lo tanto, el tema de seguridad de la información contenida es de gran importancia. Por otro lado, los errores administrativos en la gestión de la historia clínica se deben a una mala gestión de la información. Un estudio demostró que aproximadamente un 65% de los errores en el diagnóstico se debe a errores de integridad de datos procedente de los sistemas médicos.

Bajo este contexto, es de suma importancia las buenas prácticas de la gestión de las historias clínicas y asegurar la información en estas. Con nuestro modelo tecnológico se presentan tecnologías disruptivas que permiten soportar los procesos de la gestión de las historias clínicas para asegurar la integridad, confidencialidad y disponibilidad de la información de los pacientes de las entidades privadas de Salud. El presente documento está conformado por siete capítulos descritos a continuación.

El primer capítulo trata sobre la Descripción del Proyecto, en este capítulo se detalla el objetivo general del estudio. Donde se presenta la problemática con sus respectivas causas, los objetivos específicos, indicadores de éxito del proyecto. De igual forma el alcance y restricciones que abarcara todo el desarrollo del proyecto. Se presenta la planificación del proyecto tomando como base las buenas prácticas del PMBOK.

El segundo capítulo expone los Students Outcomes, se describe como el proyecto se alinea con los Students Outcomes de ABET, que son criterios basados en buenas prácticas de los estándares de calidad en educación como las áreas de Ciencia, Ingeniería, Computación y Tecnología adoptadas por la Escuela de Ingeniería de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

El tercer capítulo describe el Marco Teórico, se detalla todos los conceptos relacionados con el tema de investigación para su correcto entendimiento. Primero comenzamos con la definición del sector salud y lo relacionado a la gestión de las historias clínicas. Luego, definimos las diferentes soluciones que se han abordado para el manejo de las historias clínicas. Como también, describimos las principales tecnologías implicadas en las diferentes soluciones.

El cuarto capítulo es el Desarrollo del Proyecto, se detalla el desarrollo del proyecto que inicia con el análisis del problema, la gestión de la historia clínica, soluciones y herramientas. Luego, el diseño del modelo tecnológico que se construye abstrayendo los resultados de los análisis anteriores. Y, por último, el diseño de la solución basado en el Modelo Tecnológico.

El quinto capítulo presenta los Resultados del Proyecto, donde se muestra los resultados de la validación por caso de estudio, donde se entrevistó a un especialista médico que validó el correcto diseño del modelo y el uso de la solución, basada en el Modelo Tecnológico para la Gestión de las Historias Clínicas entre Entidades Privadas de Salud, mediante casos de prueba. De igual manera, los costos que se utilizaron para el desarrollo del proyecto y el plan de continuidad que garantiza la viabilidad del proyecto a través del tiempo.

El sexto capítulo trata sobre la Gestión del Proyecto, en donde se presentan los artefactos de la gestión del proyecto, iniciando por la Gestión del Tiempo, Gestión de Recursos Humanos, Matriz de Comunicación y Gestión de Riesgos basados en el marco del PMBOK.

1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este capítulo detalla el proyecto a través de declaraciones del objetivo de estudio a realizar, la problemática que se busca resolver y el motivo de estudio e implementación. De igual manera, se determina el objetivo general que responde la problemática como los objetivos específicos con su indicador de éxito respectivo. Por último, se presenta la planificación detallada basada en las buenas prácticas de PMBOK.

1.1 Objeto de Estudio

En la actualidad el sistema de salud en el Perú está conformado por dos grandes sectores, el público y privado, el primero exige defender los derechos de los ciudadanos a la salud, mientras que el sector privado está predispuesto a un ambiente de mercado. El ministerio de salud (MINSA) representa la máxima autoridad, gobierna el sistema de salud, con la misión de proteger la dignidad personal, promover la salud previniendo enfermedades y sobre todo asegurando una atención íntegra. En el ámbito local, las entidades prestadoras de Salud (EPS) cuentan con aproximadamente 1,4 millones de afiliados al año 2011 esta cifra va en aumento, puesto que la mayoría de las empresas están de cierta manera obligados a afiliarse sus trabajadores a un seguro, lo que les permite contar con beneficios en varias clínicas.

La historia clínica es el principal activo de información para las entidades de salud debido a que contiene datos relevantes del diagnóstico de un paciente y todo su trayecto en el proceso de atención, tratamientos y diversos trámites de gestión. Al contener información sensible del paciente se tiene que dar un régimen importante de seguridad asegurando que los actores del proceso en la atención médica guarden la respectiva confidencialidad de la información, estos registros a través de los años han ido evolucionando en el tiempo con el fin de ser gestionados más eficientes y sobre todo segura para el paciente.

Las historias convencionales gestionadas en papel siguen siendo utilizadas en la mayoría de los centros de salud en el Perú, son almacenadas en repositorio físico expuestas muchas veces a pérdidas. El ministerio de salud propone mediante la Ley 30024 el Registro Nacional de Historias Clínicas (RENHICE), lo que permite el acceso a la información de las historias clínicas electrónicas a través de plataformas tecnológicas bajo autorizaciones y regulaciones impuestas por el estado, y las mismas entidades de salud con el fin de asegurar la calidad en la atención del paciente. Existe una gran oportunidad de mejora en este sector, ya que se podrá desarrollar soluciones tecnológicas acordes a las necesidades de la población, mejorando aspectos de seguridad y facilitar una mejor gestión de este activo de información.

1.2 Dominio del problema

Las entidades de salud presentan dificultad al integrar la información de los historiales médicos, lo que genera pérdida en la integridad de datos y deficiencia en el diagnóstico del paciente. El instituto nacional de medicina de EE. UU. Publicó su informe histórico, “Error es humano: Construyendo un sistema de salud más seguro”, que declaró que los errores médicos ocurren entre el 5% y el 18% de todas las admisiones hospitalarias y representaron

98,000 Muertes anuales (Instituto de Medicina 2000). Para el 2013, los errores médicos fueron la tercera causa de muerte en los Estados Unidos y representaron 440,000 muertes anuales (James 2013).

De igual manera la medicina moderna es extremadamente compleja. Existen más de 14,000 diagnósticos diferentes (ver Salud Mundial Organización 2013, 14.199 códigos en ICD-10), más de 6.000 medicamentos, y más de 4.000 médicos y quirúrgicos. procedimientos El gran número de diagnósticos, medicinas y procedimientos produce sobrecarga cognitiva que puede conducir a errores incluso por personas competentes, proveedores de cuidados Los EMR pueden reducir los errores porque ellos "pueden mejorar la comunicación, hacer conocimientos más fácilmente accesibles, requieren piezas clave de información.

Las entidades de salud presentan dificultad al integrar la información de los historiales médicos, lo que genera pérdida en la integridad de datos y deficiencia en el diagnóstico del paciente. Debido principalmente a que cada centro de salud maneja sus propias políticas y estándares para los historiales clínicos. Distintos sistemas de información de salud en los centros médicos. La Información de los historiales clínicos aumenta a través del tiempo y esta no se refleja en las entidades de salud.

1.3 Planteamiento de la solución

Los problemas que afectan la interoperabilidad de las entidades de salud es un desafío para los sistemas que buscan agilizar los procesos y realizar una labor de gestión más eficiente en la atención del paciente. La seguridad es otro aspecto clave que no debe descuidarse puesto que las historias clínicas son el activo más sensible y confidencial del paciente. A medida que las tecnologías de información avanzan y la era digital está en auge de revolución en las industrias, surgen oportunidades de mejora aplicadas a los problemas, cubrir los aspectos que los afecta y llevar a cabo proyectos para consolidar la mejora continua de sus procesos. La industria de la salud está a la disposición de innovar en tecnología que sea de ayuda a su operatividad de atención y sobre todo de mantener un consenso integro de la atención al paciente.

Con la tecnología de blockchain se abren grandes propuestas que habilitan una estructurada y segura red de intercambio de información, es incorruptible e inmutable por lo que los aspectos de seguridad en un activo de información son totalmente protegidos y resguardados, sumados a servicios de nueve que aseguren la disponibilidad de esta tecnología y los recursos

que demanda. Este es el enfoque para dar solución al problema que afronta el proyecto de investigación mediante un modelo tecnológico, logrando la confidencialidad, integridad y disponibilidad de las historias clínicas en el proceso de su gestión entre entidades de salud.

1.4 Objetivos del Proyecto

1.4.1 Objetivo general

Implementar un modelo tecnológico para la gestión de la historia clínica entre entidades privadas de salud para garantizar la seguridad de la información de la misma.

1.4.2 Objetivos específicos

De acuerdo con el objetivo general planteado, se tiene los siguientes objetivos específicos:

OE1: Analizar los tipos de historias clínicas, gestión de historias clínicas, soluciones y herramientas que permitan el desarrollo del modelo tecnológico.

OE2: Diseñar el modelo tecnológico para la gestión de la historia clínica entre entidades privadas de salud.

OE3: Validar la integridad, confidencialidad y disponibilidad del modelo tecnológico mediante una prueba de concepto aplicado en una solución para la creación, verificación, acceso y tratamiento de historias clínicas.

OE4: Proponer un plan de continuidad del modelo tecnológico para la implementación del sistema web de la gestión de historias clínicas.

1.5 Indicadores de éxito

Para poder demostrar el logro de cada objetivo específico, se debe cumplir con los siguientes indicadores de éxito.

Tabla 1. Indicadores de éxito

Código	Indicador de éxito	Objetivo específico
I1	Acta de aprobación firmada por el asesor/cliente donde se detalla acerca de los tipos de historia clínica, la gestión de la historia clínica, distintas soluciones y tecnologías a usar en el modelo tecnológico.	OE1
I2	Aprobación del acta del diseño del modelo tecnológico para la gestión de la historia clínica entre entidades	OE2

	privadas de salud, por el Asesor/Cliente y Portfolio Manager.	
I3	Aprobación de la validación de integridad y confidencialidad del modelo tecnológico mediante una prueba de concepto aplicado en una solución al obtener como mínimo 95% respectivamente.	OE3
I4	Aprobación del plan continuidad del proyecto para el modelo tecnológico que permitirá la implementación del sistema web de la gestión de historias clínicas, por el Asesor/Cliente.	OE4

Fuente: Elaboración propia

1.6 Planificación del proyecto

1.6.1 Alcance

El alcance del proyecto comprenderá lo siguiente:

- Realizar la investigación de la literatura para el proyecto “Modelo tecnológico para la gestión de la historia clínica entre entidades privadas de salud”, realizar un análisis, proponer soluciones y herramientas para solucionar el problema.
- Con respecto al Objetivo Específico 3, validar la integridad, confidencialidad y disponibilidad del modelo tecnológico mediante una prueba de concepto aplicado en una solución para la creación, verificación, acceso y tratamiento de historias clínicas.
 - Funcionalidades: La solución permitirá la creación, verificación, acceso y tratamiento de las historias clínicas.
 - Plataforma: La solución será desplegada en un ambiente de contenedores y los datos serán almacenados cifrados en una red privada de cadena de bloques en un consorcio de entidades de salud. Todo será consumido a través de servicios (as a Service).
 - Ambiente controlado: No es un ambiente de producción, es un escenario de desarrollo pruebas que refleja en cierta medida el ambiente de producción, la información que está ahí es de prueba, es decir información simulada.

- Entregar los documentos del proyecto que exige la Escuela de Ingeniería de Sistemas de Información de la Universidad Peruana Ciencias Aplicadas:
 - Memoria del Proyecto.
 - Documentos de Gestión según PMBOK.
 - Artículo de investigación (paper).
 - Plan de Continuidad.
 - Poster del Proyecto.

Asimismo, el proyecto no incluirá:

- Implementación de software adicional al establecido en el alcance de la Prueba de Concepto.
- Extracción de información de historias clínicas de entidades de salud.

1.6.2 Plan de Gestión del tiempo

En el siguiente cuadro se describe la gestión del tiempo del proyecto, donde están los principales hitos del proyecto:

Tabla 2. Hitos y Entregables del Proyecto

Fase	Hito	Fecha Estimada	Entregables incluidos	Prioridad
Inicio	Aprobación del Project Charter.	Semana 03	<ul style="list-style-type: none"> • Project Charter. 	Alta
Planificación	Aprobación de los documentos de gestión.	Semana 07	<ul style="list-style-type: none"> • Diccionario EDT • Matriz de Trazabilidad de Requerimientos • Registros de Interesados • Plan de Gestión de RR. HH • Plan de Gestión de Riesgos • Matriz de Riesgos • Descripción de roles y Responsabilidades • Matriz RAM • Plan de Gestión de Alcance 	Alta

			<ul style="list-style-type: none"> • Cronograma del Proyecto • Plan de Gestión de Comunicaciones • Matriz de Comunicaciones 	
Ejecución	Aprobación del documento de análisis para el modelo tecnológico.	Semana 12	<ul style="list-style-type: none"> • Documento de Análisis para el Modelo Tecnológico. 	Alta
	Presentación del diseño del modelo tecnológico.	Semana 15	<ul style="list-style-type: none"> • Documento de Diseño del Modelo Tecnológico. 	Alta
	Validación del modelo tecnológico.	Semana 24	<ul style="list-style-type: none"> • Documento de Validación del Modelo Tecnológico. • Prueba de Concepto. 	Alta
Monitoreo y Control	Obtención del Certificado QS.	Semana 29	<ul style="list-style-type: none"> • Certificado QS. • Actas de Reunión 	Alta
Cierre	Aprobación del plan de continuidad, y acta de aceptación y cierre.	Semana 32	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de Continuidad. • Memoria del Proyecto. • Paper del Proyecto • Acta de aceptación y cierre. 	Alta

Fuente: Elaboración propia

1.6.3 Plan de Gestión de Recursos Humanos

En la siguiente tabla, se detallan las responsabilidades y los roles que de los involucrados en el proyecto.

Tabla 3. Roles y Responsabilidades por stakeholders

Stakeholders	Necesidades	Entregables
Comité de Proyectos	Evaluar el cumplimiento de los “Students Outcomes” en los proyectos de las empresas virtuales.	<ul style="list-style-type: none"> • Project Charter. • Memoria del Proyecto. • Documentos de Gestión según PMBOK. • Modelo tecnológico. • Paper. • Plan de Continuidad.
Director PMO	Controlar y supervisar el desempeño de los proyectos.	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos de Gestión según PMBOK. • Cartera de Proyectos • Poster
Portfolio Manager de Innova TI	Coordinar y dar seguimiento al proyecto en desarrollo.	<ul style="list-style-type: none"> • Project Charter. • Memoria del Proyecto. • Documentos de Gestión según PMBOK.
Asesor/Cliente	Brindar los requerimientos necesarios que debe cumplir el proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Project Charter • Memoria del Proyecto. • Modelo tecnológico. • Paper. • Plan de Continuidad. • Actas de Reunión.
Coautor	Validar el cumplimiento de la Memoria y proponer mejoras.	<ul style="list-style-type: none"> • Documento de Aprobación de la Memoria. • Paper.
Recurso QS	Asegurar la Calidad del proyecto.	Certificado de Calidad del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

De igual manera, se presenta la estructura organizacional, según roles y responsabilidades del proyecto.

Figura 1. Estructura Organizacional del proyecto

Fuente: Elaboración propia

1.6.4 Plan de Comunicaciones

Para asegurarnos de que todas las necesidades de comunicación de los stakeholders, a lo largo del proyecto, estén contempladas, se ha realizado el análisis de stakeholders en donde se ha plasmado cada una de sus necesidades en la matriz. Estos dos documentos se adjuntan en los anexos del proyecto:

- Registro de Interesados
- Matriz de Comunicaciones del Proyecto

Todas las reuniones deben seguir las siguientes pautas:

- En caso de tener un nuevo miembro en cada reunión, se hará la respectiva presentación de este ante los asistentes.

- Se maneja una agenda para cada reunión de acuerdo con los temas de interés a tratarse, así como también las tareas pendientes de reuniones anteriores. Para este caso, se debe tener en cuenta el entregable a realizar según el diccionario EDT.
- Cada punto de la agenda contará con un nivel de prioridad a ser tratado.
- Se cuenta con un horario específico para cada reunión, sin embargo, será necesario confirmar/recordar la reunión vía correo electrónico un día antes como máximo.
- En caso se deba postergar una reunión, se deberá justificar y además acordar el nuevo día de esta.
- Al finalizar cada reunión se deberá recopilar lo tratado, resaltando los acuerdos para posteriormente elaborar el acta de reunión.
- Todas las actas de reunión deberán ser firmadas por el jefe de proyecto, asistente de proyecto y gerente general o cliente, respectivamente.

1.6.5 Plan de Gestión de Riesgos

Para identificar los posibles riesgos durante el desarrollo del proyecto se presenta la matriz de riesgos, donde establecemos el impacto y la criticidad de los mismo, de esta manera plantear la estrategia de mitigación ante los posibles riesgos.

Tabla 4. Matriz de Riesgos

Nº	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Estrategia de mitigación
1	Cambios que indique el Comité.	Media	Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Negociar los cambios para minimizar el impacto en el proyecto, ajustar el cronograma y enviar la solicitud de cambio.
2	Nuevos requerimientos por parte del Asesor/Cliente.	Media	Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un control de los cambios que permita ordenar las prioridades y reducir el impacto en el desarrollo del Proyecto.
3	Incumplimiento de las tareas delegadas por el	Baja	Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar al recurso con el perfil adecuado a la actividad a asignar.

	PM al recurso por falta de conocimientos.			<ul style="list-style-type: none"> Realizar un seguimiento continuo a los recursos con la finalidad de asegurar el cumplimiento
4	Retraso en la certificación de los artefactos por falta de recursos de QS.	Media	Alto	<ul style="list-style-type: none"> Plan de solicitud de recurso para certificación QS.

Fuente: Elaboración propia

2 LOGROS DE LOS STUDENTS OUTCOMES

En este capítulo, se explicará de manera detallada las actividades en la que los 7 Students Outcomes, que forman parte de la acreditación que posee la carrera de Ingeniería de Sistemas de información de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, han sido aplicados al presente proyecto.

2.1 Validación de los Student Outcomes

A lo largo de esta sección, se explicará detalladamente de qué manera se cumplen los Students Outcomes en las diferentes etapas del proyecto. En la carrera de Ingeniería de Sistemas, los Students Outcomes representan los indicadores de éxito que determinarán que los estudiantes están totalmente capacitados para enfrentar los retos y problemas presentados actualmente en la sociedad, tomando como lineamientos básicos los principios éticos necesarios y las más actuales tendencias la ingeniería de sistemas a nivel global.

2.1.1 Student Outcome A

La capacidad de identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando los principios de ingeniería, ciencia y matemática.

En la investigación del proyecto, realizamos el análisis del entorno del sector salud e identificamos las problemáticas o deficiencias que presentan. Esto mediante la revisión de diversas fuentes de información sobre las principales causas que complementan la problemática. Nos hemos basado en investigaciones de valor como Guo et al. Con el paper “Secure Attribute-Based Signature Scheme With Multiple Authorities for Blockchain in Electronic Health Records Systems” se adoptó como postura que los autores afrontan la problemática. De esta manera, formulamos el problema de investigación con el resultado del análisis previo basado en fuentes confiables que respaldan la validez del problema. Llegamos a la conclusión que las entidades de salud presentan dificultad al momento de intercambiar los datos, esto les genera pérdida en la integridad de datos, falta de disponibilidad de las historias clínicas y deficiencia en el diagnóstico del paciente. Así, identificamos las oportunidades de mejora que se podrían aplicar en una posible propuesta solución. De modo que la solución planteada esté alineada satisfacer la problemática y las oportunidades de mejora. La fase de análisis de las posibles soluciones nos llevó a adoptar las tecnologías basadas en investigaciones previas con similar problemática. Fuentes de investigación como “MedBlock: Efficient and Secure Medical Data Sharing Via Blockchain” nos sirvieron de inspiración para diseñar la solución basada en tecnologías emergentes en la nube. Donde, comparamos y evaluamos la mejor alternativa para poder proponer nuestra solución innovadora que tenga soporte y sea perdurable en el tiempo. El resultado fue la implementación de un modelo tecnológico para la gestión de las historias clínicas en una red de entidades de salud junto con el plan de implementación y continuidad. Lo validamos mediante el uso de escenarios de prueba donde definimos indicadores de éxito representados

por fórmulas que nos garantizan el cumplimiento de la prueba. Donde obtuvimos, que la implementación de la solución mejora cerca de un 20% la integridad de los datos, un 30% en la disponibilidad de las historias clínicas, y asegura la confidencialidad en un 99.5% todo este aspecto en comparación con la gestión indicada en la auditoría realizada en la clínica Centenario Peruano Japonés. Al igual que utilizamos indicadores de flujo de caja como ROI y TIR, como resultado obtuvimos un TIR del 7% en el primer año lo que determina la viabilidad del proyecto y el ROI de un 15% que determina el retorno a partir del décimo mes de implementado el proyecto.

2.1.2 Student Outcome B

La capacidad de aplicar el diseño de ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas con consideración de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.

Se empleó el diseño de procesos de la gestión de la historia clínica en escenarios de prueba, para la modelación de los procesos usamos la notación y estándares de BPMN. Se desarrolló la descripción adecuada de los procesos y a relación con los actores involucrados en los casos de prueba realizados. De este modo, identificamos los principales procesos y los adaptamos al entorno de la solución para optimizar la consulta del paciente con la historia clínica electrónica y la forma de acceder a la misma, como el acceso de médicos especialistas y personal de salud. De igual manera, desarrollamos la arquitectura del modelo, tomando en cuenta todos sus componentes y capas, correctamente validadas en base a investigaciones y buenas prácticas donde nos basamos en el modelo de vistas propuesto por el SEI (Instituto de Ingeniería de Software). Con respecto al desarrollo del producto, en este caso el sistema web basado en el modelo tecnológico, utilizamos la metodología tradicional de desarrollo de software compuesta por 4 fases: análisis, diseño, desarrollo y pruebas. En la parte de desarrollo del sistema web, utilizamos la metodología de los 12 factores para aplicaciones nativas de nube. Así mismo, elaboramos los pasos para la ejecución e implementación del proyecto acorde a su alcance. De modo que el modelo es de impacto para el sector salud que garantiza la seguridad de la información de las historias clínicas.

2.1.3 Student Outcome C

La capacidad de comunicarse efectivamente con un rango de audiencias.

El cumplimiento de este Student Outcome está presente en todo momento por lo que debemos tener darle el uso correcto y efectivo para la comunicación tanto verbal como no verbal. Se ve representado mediante las reuniones con los interesados y todos participantes del proyecto, de manera que podamos expresar nuestras ideas de manera clara para el entendimiento de los demás teniendo en cuenta que la comunicación se realiza con diferentes perfiles profesionales. Como, por ejemplo, en las diferentes entrevistas realizadas con un médico especialista donde expusimos el tema de investigación para saber su expectativa sobre el proyecto, donde empleamos un lenguaje conciso no tan técnico para entendernos. De igual manera, con los alumnos con el rol de recurso que nos apoyaron en el proyecto donde explicamos el proyecto de manera resumida para que entiendan el contexto y también dar a conocer nuestros requerimientos para que lo apliquen en la actividad a realizar. Como también con los profesores del jurado en las exposiciones de sustentación, donde empleamos un lenguaje efectivo al entendimiento de todos los presentes. Nos ayudamos en la explicación mediante el uso de gestos y movimientos al igual que la correcta vestimenta formal.

2.1.4 Student Outcome D

La capacidad de reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y hacer juicios informados, que deben considerar el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales.

Nuestro proyecto aporta valor a los ciudadanos tanto a los pacientes como el personal médico que interactúan con la información de historias clínicas. De esta manera, alineamos el proyecto al código de ética de investigación de modo que cumpla con todo lo especificado. Como, por ejemplo, el adecuado uso de la información y protección de datos personales. Como también, el objetivo de la investigación cumple con el principio de bien común dentro del reglamento de ética que indica que la investigación debe tener un aporte benéfico a la sociedad. En la fase de pruebas se utilizaron datos de simulados debido a que la información es confidencial y privada. Como resultado de las pruebas logramos demostrar la seguridad de la historia clínica del paciente en todo el proceso de gestión. Con respecto a la integridad de los datos de las historias clínicas, se mantiene íntegra debido a que la información está cifrada por lo que ayuda a los médicos a la toma de decisiones al tener los datos correctos y disponibles. De igual manera, nos basamos en la norma técnica peruana publicada por el Ministerio de Salud (MINSA) para adaptar el proceso de gestión de las historias clínicas al modelo tecnológico. En el plan de continuidad, se detalla los pasos a seguir ante posibles

cambios en la normativa de salud, específicamente del manejo de las historias clínicas, y adelantos de tendencias tecnológicas significativas para la continuidad de la solución.

2.1.5 Student Outcome E

La capacidad de funcionar efectivamente en un equipo cuyos miembros juntos proporcionan liderazgo, crean un entorno de colaboración e inclusivo, establecen objetivos, planifican tareas y cumplen objetivos.

A lo largo del desarrollo del proyecto se empleó el uso de un ambiente de trabajo adecuado, llevando las diferencias de lado para así poder asumir la responsabilidad debida del proyecto. De forma que reforzamos que el proyecto cumpla con sus objetivos propuesto. De esta manera, logramos ser lo más íntegros posibles con el equipo del proyecto. En las reuniones que coordinamos con los principales interesados del proyecto hacemos sinergia para llegar a resultados en común respetando la opinión de cada uno, así llegando a un consenso de entendimiento mutuo. Teniendo en cuenta que tratamos con diversos perfiles profesionales con diferentes puntos de vista. En estas reuniones desarrollamos actas de reunión y conformidad para cada sesión tratada de modo que tenemos un control de lo acordado y lo pendiente por cumplir, así poder medir nuestros avances. Las reuniones se dan de manera presencial y virtual dependiendo de la disponibilidad de los involucrados, donde agendamos la reunión previa consulta vía correo. Mediante el uso de fuentes de confianza, complementamos los conocimientos al proyecto con el uso de metodologías para desarrollo del sistema web como los 12 factores y para la gestión de requerimientos y requisitos en la prueba de concepto, para la gestión de proyectos las buenas prácticas de PMBOK adaptando lo más relevante en cada área de gestión. Durante las semanas del proyecto priorizamos las actividades por su nivel de importancia de manera que nos enfocamos en esos pendientes. Lo revisamos al finalizar la semana mediante reuniones virtuales vía Skype donde discutimos lo avanzado y preparamos los siguientes pasos para la próxima semana de esta forma tenemos un control de todo el proyecto y siempre estamos informados.

2.1.6 Student Outcome F

La capacidad de desarrollar y llevar a cabo la experimentación adecuada, analizar e interpretar datos, y usar el juicio de ingeniería para sacar conclusiones.

Para la validación del modelo tecnológico realizamos una prueba de concepto en un ambiente controlado para validar los componentes del modelo a través de un sistema web

con funcionalidades basadas en el modelo. Donde especificamos 3 casos de prueba alineados a los principios de seguridad de la información. Donde simulamos la información de 20 historiales médicos de pacientes adultos (30 a 59 años según el MINSA) de nacionalidad peruana, donde se podrá ver reflejado el flujo de este activo a lo largo de los procesos. Para el primer caso de prueba de integridad definimos 5 procesos los cuales son: crear historia clínica, registrar paciente, registrar recepcionista y médico, listar historia clínica por recepcionista y versionar historia clínica del paciente. Para el segundo caso de prueba con respecto a la confidencialidad tenemos 2 procesos los cuales son: listar paciente atendido por médico y otorgar permiso de manejo de historia clínica. Para el tercer caso de prueba con respecto a la disponibilidad tenemos el proceso de visualizar historia clínica de paciente atendido por médico. Los procesos están basados en la norma técnica peruana del ministerio de salud elegimos estos procesos porque son los adecuados para demostrar los principios de seguridad definidos como prueba de concepto. Realizamos un conjunto de datos que simulamos para realizar las pruebas para ello acudimos a un especialista médico que nos indicó las especialidades médicas más recurrentes para tomarlos como referencia en las pruebas. Así mismo certificamos los procesos del caso de prueba y realizamos pruebas de caja negra en el sistema web considerando los requerimientos y requisitos funcionales como no funcionales. Teniendo los resultados de las pruebas realizadas por cada caso de prueba logramos interpretar los datos obtenidos. Donde determinamos conclusiones en base a los resultados obtenidos de forma que demostramos los objetivos de la prueba de concepto y los indicadores de éxito. De esta manera indicamos el método que se tiene que seguir para realizar las pruebas y en futuras actualizaciones los factores a tomar en cuenta.

2.1.7 Student Outcome G

La capacidad de adquirir y aplicar nuevos conocimientos según sea necesario, utilizando estrategias de aprendizaje apropiadas.

Durante el desarrollo del proyecto utilizamos los conocimientos previos obtenidos de cursos como de arquitectura empresarial, gestión de proyectos entre otros. Para complementar, investigamos nuevas tecnologías como el desarrollo en blockchain, el uso de plataformas en la nube, contenedores, aplicaciones para pruebas de estrés, base de datos no relaciones, API. Como también el uso de nuevas técnicas y metodologías para el desarrollo del proyecto como el de trabajos previos que permiten aportar valor al proyecto. De forma que aplicamos todos los nuevos conceptos como aporte de la solución para el proyecto así tener un

conocimiento más sólido y mejores resultados. Donde es importante resaltar el constante aprendizaje para encontrar nuevos componentes que puedan permitir la mejora continua del modelo. Por ello, en el plan de continuidad describimos la importancia de investigar nuevas tecnologías que se adecuen al modelo. La forma de aprendizaje lo realizamos de manera autodidacta enfocando a la problemática del proyecto. También, consultando con especialistas en tecnología de información que nos puedan aportar valor de conocimiento. De modo que nos sirve como experiencia adquirir nuevas habilidades que nos ayuden a crecer profesionalmente siempre alineando nuestros conocimientos al perfil profesional de la carrera.

3 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se detalla todos los conceptos relacionados con el tema de investigación para su correcto entendimiento. Primero comenzamos con la definición del sector salud y lo relacionado a la gestión de las historias clínicas. Luego, definimos las diferentes soluciones que se han abordado para el manejo de las historias clínicas. Como también, describimos las principales tecnologías implicadas en las diferentes soluciones.

3.1 Conceptos

La presente investigación soportará un Modelo tecnológico para la gestión de la historia clínica entre entidades privadas de salud. En ese sentido, para aclarar los términos y conceptos que se presentarán en la investigación, es necesario aclarar algunos conceptos.

3.1.1 Modelo

Según la Real Academia Española, un modelo es un arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo. Esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, como la evolución económica de un país, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento. En otras palabras, un modelo se puede imitar, mejorar e innovar para representar algo en específico como un sistema o parte de uno, del cual se puede utilizar todo o una porción de este. Según la Universidad Internacional de Valencia (2018), define tecnología como ciencia que al ser aplicada soluciona problemas presentes en diferentes sectores, tiene como fin mejorar la calidad de vida de la sociedad, ayuda a las personas a obtener una mejor vida en todo tipo de aspectos. El hombre se encarga de ir mejorando constantemente técnicas y conocimientos para ir evolucionando las tecnologías. Por lo tanto, se infiere que un modelo tecnológico es un diseño relacionado directamente con un contexto y objetivo principal en donde las entradas de este interactúan con aplicaciones, servicios o procesos generando salidas relacionadas con el objetivo de solucionar problemas que aporten a mejorar la sociedad.

3.1.2 Paciente

Según el Ministerio de salud del Perú (MINSA, 2018), un paciente es toda persona enferma o afectada en su salud que recibe atención en una institución prestadora de servicios de salud por personal de salud. La RAE (2018), define al paciente como una persona que padece física y corporalmente y se encuentre bajo atención médica.

3.1.3 Datos personales

Son cualquier información relacionada a una persona identificable, las cuales al ser recopiladas pueden llevar a identificar a la persona dueña de estas, también están involucrados datos de carácter personal. Sí los datos han sido anonimizados, cifrados o presentados con seudónimos, pero si al utilizarse se pueden identificar a las personas siguen siendo datos personales. Si estos datos han sido anonimizados y no se puede identificar a la persona ya no se consideran datos personales si no datos anónimos. (Comisión Europea, 2018).

Según el Ministerio de salud del Perú (2018), los datos personales en toda información sobre una persona natural, es decir un ciudadano, que lo identifica o lo hace identificable a través de medios que pueden ser razonablemente utilizados.

3.1.4 Datos sensibles

Los datos sensibles son datos personales que se caracterizan por revelar el origen étnico o racial, opiniones políticas, religión, datos genéticos, datos biométricos para identificación, datos relativos de salud, datos relativos a la vida sexual u orientación sexual de la persona. (Comisión Europea, 2018).

3.1.5 Acto médico

Según el Colegio médico del Perú en su publicación “El acto médico” (2016), define que el acto médico es la relación libre y directa entre el médico y el paciente, el escenario, estructura y procesos del entorno que rodean al médico y al paciente influyen en el acto médico. En donde están involucrados la responsabilidad, la actitud preventiva orientada hacia la persona, individuo, familia y la sociedad por parte del médico. Es el conjunto de acciones que recibe el paciente en los servicios de salud brindados por un médico con el objetivo principal de recuperar la salud.

3.1.6 Diagnóstico

El diagnóstico es el “objetivo central del acto médico”, según Laín Entralgo, en donde se tiene el conocimiento técnico del estado de salud de un paciente para ver si el estado de salud se conserva o mejora y si es la enfermedad para descubrir la índole y su estructura. (Coronado, 2016. Pág. 70). El MINSA (2018), presenta tres definiciones para los diferentes tipos de diagnóstico:

- Diagnóstico definitivo: Hace referencia al diagnóstico final de un paciente basándose por medios clínicos y respaldado por los resultados de los exámenes complementarios o auxiliares que correspondan.
- Diagnóstico presuntivo: Es el diagnóstico que se sustenta con los antecedentes médicos del paciente y que deriva a un análisis clínico, cuantitativos o cualitativos. Se realiza un análisis a partir del análisis clínico para poder confirmar una hipótesis y excluir las demás.
- Diagnóstico repetitivo: Es el diagnóstico que se da como parte del seguimiento o control a un paciente que ha sido diagnosticado previamente.

3.1.7 Atención médica

Es toda actividad realizada por el personal de salud de un centro médico para la “promoción, prevención, recuperación y rehabilitación de la salud”, que es brindado a la sociedad (persona, familia y comunidad). (MINSA, 2018).

3.1.8 Entidades privadas de Salud

Una entidad privada de salud, entidad de salud privada o clínica es un establecimiento sanitario en donde se diagnostica y trata enfermedades de los pacientes, que pueden ser hospitalizados o ser atendidos de manera ambulatoria. (RAE, 2018).

3.1.9 Historia clínica

Los pacientes hospitalizados como ambulatorios generan gran cantidad de información y administrativa sobre sí mismos. Esta información registra varios documentos pertinentes, siendo el conjunto de estos documentos que constituye la historia clínica (HC). La historia clínica debe ser única, integrada y acumulativa a través del tiempo por cada paciente y recuperable, es decir a nivel de información que contiene. El rol principal de la HC es el de brindar asistencia al médico para permitir una atención continua en los centros médicos por distintos equipos. A su vez está enfocada a la docencia, investigación, calidad de la asistencia médica, la gestión de la salud y soporte en casos legales. La historia clínica debe tener un formato unificado para así tener orden y ayudar a la búsqueda de información en esta. (Castro, Gámez, “Historia clínica”).

El MINSA (2018), define la historia clínica como el documento médico legal en donde se registran los datos de identificación y los procesos relacionados con la atención del paciente. Se caracteriza por estar en una forma ordenada, integrada, secuencial e inmediata a la atención del médico u otros profesionales de salud brindan al paciente.

3.1.9.1 Historia clínica electrónica

La historia clínica electrónica es un activo de información digital en el cual se registra de forma única, personal e identificándose mediante una firma digital el médico y otro profesional de salud, todo el acto médico del paciente a través del tiempo, diagnósticos, exámenes complementarios, pronósticos y tratamientos, bajo ciertas condiciones de seguridad, integridad, disponibilidad, confidencialidad y exactitud.

3.1.10 Gestión de la historia clínica

Los historiales médicos han ido evolucionando a través del tiempo y de la tecnología, pasaron de gestionarse tradicionalmente, es decir de llenar formularios manualmente en un papel y almacenarlos en grandes archiveros jerarquizados por las iniciales de los apellidos a gestionarlos digitalmente a través de un Sistema web. Según Rui, et al. (2017), los registros de Salud electrónico (EHR, por sus siglas en inglés) proporcionan un conveniente registro de almacenamiento a través de un Sistema web. Este sistema fue diseñado para permitir a los pacientes posean el control de generar, administrar y compartir EHR con familiares, amigos, proveedores de servicios de Salud y otros consumidores de datos autorizados. De esta manera se da un enfoque nuevo a los historiales médicos que junto a la prestación de servicios de Salud lleva el nombre de e-Health, la cual se centra en la utilización de los EHR para la monitorización y diagnóstico del paciente. (Aiqing, et al., 2018).

3.2 Problema de investigación

El problema que abarca la presente investigación es que las entidades de salud presentan dificultad al integrar la información de las historias clínicas, lo que genera pérdida en la integridad de los datos y deficiencia en el diagnóstico del paciente.

3.2.1 Interoperabilidad de las historias clínicas

Un paciente, persona que necesita atención médica, puede tener distintos centros proveedores de salud, incluyendo atención primaria de emergencia, especialistas y terapeutas. En consecuencia, al compartir e intercambiar los historias clínicas o registros de salud resulta de carácter obligatorio para una mejor atención global al paciente. (Aiqing, et al., 2018).

En las sociedades modernas, las culturas y los grupos organizados, la difusión de datos médicos se ha percibido como un gran avance para el descubrimiento de nuevas técnicas y terapias. para curar enfermedades El impulso clave para la declaración mencionada anteriormente se debe a la digitalización, el almacenamiento electrónico y el acceso remoto de los datos médicos por parte de los profesionales. Estos registros son generados por los hospitales luego de las visitas de los pacientes, por lo que los pacientes son los únicos dueños de los registros médicos electrónicos. Se han propuesto varios métodos criptográficos para abordar estos problemas derivados del intercambio de datos médicos, pero aun así han sido insuficientes. Sin embargo, se considera que Blockchain es una buena opción para

proporcionar una solución adecuada para abordar este problema mediante sus características atractivas como inmutabilidad y descentralización. (Xia, et al., 2017).

3.2.2 Pérdida de la integridad de los datos

Los profesionales médicos actualmente han sido testigos del problema de heterogeneidad de los datos generados por diferentes fuentes de información, proveniente de proceso de inscripción de un paciente en un hospital con el objetivo de reducir los errores generados por los humanos en los datos del paciente se busca soluciones basadas en sistemas que agilicen estos procesos. (Kaur, et al., 2018).

Los registros médicos electrónicos generalmente se almacenan en un archivo privado en bases de datos dispersas pertenecientes a diferentes instituciones. Cabe resaltar que estas historias se generan cuando el paciente visita estos centros por lo tanto los pacientes pierden fácil acceso a los datos del pasado, incluso si les pertenece al momento de visitar otros centros porque sus registros fueron almacenados en otros lugares. Es un reto lograr la interoperabilidad entre diferentes hospitales los sistemas de información presentan un obstáculo para el intercambio de datos. Es difícil para las personas obtener los datos que desea debido a la falta de gestión en estos sistemas que no permiten la comunicación entre ellos, puesto que se requiere adquirir registros médicos anteriores con el fin de determinar sus planes de tratamiento. Por otro lado, los registros médicos almacenados en base a datos privados contienen mucha privacidad relacionada con el paciente y el hospital, por lo tanto, consultar datos y compartir pueden traer un riesgo grave de confidencialidad para los proveedores de datos. No todos pueden acceder a los registros médicos electrónicos. (Fanet et al., 2018).

3.2.3 Deficiencia en el Diagnóstico del paciente

Al realizar la entrevista el doctor hacia el paciente se puede proporcionar al médico cierta información sobre la enfermedad relacionada, al consultar al paciente. Sin embargo, este método no es lo suficientemente eficaz para ayudar al diagnóstico debido a dos razones: i) Si las cosas sucedieron mucho antes, el paciente puede olvidar algunos de los detalles, como los medicamentos o exámenes médicos que ha realizado, que afectan la precisión del diagnóstico o tratamientos que recibió. ii) El paciente no puede describir profesionalmente el diagnóstico o los tratamientos debido a su limitado conocimiento médico, lo que afecta el juicio del médico actual. Por lo tanto, es posible que el médico actual no pueda deducir la información correcta para su diagnóstico. (Aiqing, et al., 2018). Headeal Abdulaziz indica

en su investigación un problema muy común en la medicina relacionada con el diagnóstico del paciente: al diagnosticar y evaluar a un paciente, los profesionales de la salud necesitan acceder a la historia clínica electrónica del paciente, que podría contener grandes cantidades de información, como puede ser; rayos X, ultrasonidos, tomografías computarizadas, informes de resonancia magnética, etc. Para un acceso eficiente y apoyando la movilidad tanto para los profesionales de la salud como los pacientes, el registro médico electrónico debe mantenerse en el almacenamiento de gran capacidad. A pesar de la popularidad de la asistencia de los historiales en nube, enfrenta diferentes problemas de seguridad; por ejemplo, robo de datos los ataques son considerados como uno de los más serios. (Abdulaziz et al 2017).

El Intercambio de Información de Salud (HIE: Health Information Exchange) se refiere al intercambio seguro, efectivo y eficiente de datos electrónicos de salud a través de las instituciones de atención médica. Una organización HIE es una entidad que supervisa o facilita el intercambio de información de salud entre un grupo diverso de partes interesadas de la atención médica dentro y entre las regiones, de acuerdo con estándares reconocidos en Estados Unidos. Algunos también permiten que los miembros del equipo de atención autorizados utilicen la organización HIE como un motor de búsqueda para encontrar y usar información relevante de manera rápida y eficiente. Cuando se usa ampliamente, el intercambio de información de salud tiene el potencial de transformar la forma en que se brinda la atención mejorando el flujo de trabajo de los médicos, fomentando una mayor comunicación entre proveedores y pacientes, mejorando la capacidad de acceder y analizar datos y reducir los costos de atención médica. Según La Oficina del Coordinador Nacional de tecnología de información de salud de Estados Unidos indica los hechos correspondientes al sector Salud:

- Tres cuartas partes de los hospitales intercambiaron electrónicamente información de salud con proveedores externos en 2014. (Madden, 2016).
- Los médicos en el Departamento de Emergencia (ED) carecen de información individual importante o crítica el 32% del tiempo real. Esto es muy importante al momento de saber el antecedente del paciente y tener una mejor atención.
- Cada año en los Estados Unidos, ocurren aproximadamente 114 millones de visitas a los Departamentos de Emergencia y 16 millones de estas personas llegan por

emergencia. La información médica es crucial para promover una correcta Gestión del Historial sin tiempo de demora.

3.3 Tecnologías

3.3.1 Cloud Computing

La Computación en la Nube es la entrega de baja demanda de energía de cómputo, almacenamiento, bases de datos, aplicaciones y recursos de TI a través de una plataforma de servicios en la nube a través de Internet con diversos precios de pago por uso. La computación en la nube se ha aplicado a muchos entornos de TI debido a su eficiencia y disponibilidad. Por otra parte, la seguridad de la nube y los problemas de privacidad se han discutido en términos de seguridad importante elementos: confidencialidad, integridad, autenticación, control de acceso, etc. (Amazon, 2016).

Según IBM (2018), Cloud Computing consiste en el suministro de recursos informáticos sobre demanda que abarca desde aplicaciones hasta centros de datos a través de internet y basado en un modelo de pago por uso. National Institute of Standards and Technology (NIST) indica las características esenciales del Cloud Computing: Autoservicio: Un consumidor puede aprovisionar capacidades informáticas, como el tiempo del servidor y el almacenamiento en red, según sea necesario de forma automática sin requerir la interacción humana con cada proveedor de servicios.

- Servicio medido. Los sistemas en la nube controlan y optimizan automáticamente el uso de los recursos al aprovechar una capacidad de medición en algún nivel de abstracción apropiado para el tipo de servicio (por ejemplo, almacenamiento, procesamiento, ancho de banda y cuentas de usuario activas). El uso de recursos puede ser monitoreado, controlado e informado, proporcionando transparencia tanto para el proveedor como para el consumidor del servicio utilizado.
- Amplio acceso a la red. Las capacidades están disponibles a través de la red y se accede a ellas a través de mecanismos estándar que promueven el uso de plataformas heterogéneas (por ejemplo, teléfonos móviles, tabletas, computadoras portátiles y estaciones de trabajo).
- Escalabilidad inmediata. Las capacidades se pueden aprovisionar y liberar rápidamente, en algunos casos automáticamente, para escalar rápidamente hacia afuera y hacia adentro en proporción a la demanda. Para el consumidor, las

capacidades disponibles para el aprovisionamiento a menudo parecen ser ilimitadas y pueden asignarse en cualquier cantidad y en cualquier momento.

- Conjunto de recursos. Los recursos informáticos del proveedor se agrupan para servir a múltiples consumidores utilizando un modelo de múltiples inquilinos, con diferentes recursos físicos y virtuales dinámicamente asignados y reasignados de acuerdo con la demanda del consumidor. Los ejemplos de recursos incluyen almacenamiento, procesamiento, memoria y ancho de banda de red.

3.3.1.1 Tipos de Servicios

- Software como servicio (SaaS): La capacidad gestionada por el consumidor es usar las aplicaciones del proveedor que se ejecutan en una infraestructura en la nube. Las aplicaciones son accesibles desde varios dispositivos a través de una interfaz ligera, como un navegador web o un programa. El consumidor no administra ni controla la infraestructura de la nube, incluidos la red, los servidores, los sistemas operativos, el almacenamiento o incluso las capacidades de aplicaciones individuales, con la posible excepción de las configuraciones de configuración de aplicaciones específicas para el usuario.
- Plataforma como servicio (PaaS): La capacidad de dar al consumidor es implementar en la infraestructura de la nube en las aplicaciones existentes o creadas por el consumidor utilizando lenguajes de programación, bibliotecas, servicios y herramientas compatibles con el proveedor. El consumidor no administra ni controla la infraestructura de la nube, pero tiene control sobre las aplicaciones implementadas y posiblemente configuraciones para el entorno de alojamiento de la aplicación.
- Infraestructura como servicio (IaaS): La capacidad provista al consumidor procesamiento, almacenamiento, redes y otros recursos informáticos fundamentales donde el consumidor puede implementar y ejecutar software, que puede incluir sistemas operativos y aplicaciones. El consumidor tiene control sobre los sistemas operativos, el almacenamiento y las aplicaciones implementadas; y posiblemente un control limitado de los componentes de red seleccionados.

3.3.2 Blockchain

3.3.2.1 Antecedentes

Blockchain nace con el aplicativo del dinero electrónico (Bitcoin) una red que permite hacer pagos en línea directamente de una parte a otra sin pasar por una institución financiera.

Satoshi Nakamoto propone una solución al problema de doble gasto en las firmas digitales y el engorroso trabajo de pasar por terceros, utilizando una red de igual a igual (per-to-per), esta red registra las transacciones al tiempo que las añade a una cadena continúa basada en Hash, formando un registro que no se puede cambiar ni rehacer esto lo convierte en un historial público donde todos los participantes de la red son observadores que validan cada transacción, llegar a ese consenso garantiza confiabilidad de gran impacto, puesto que si un atacante llegue a modificar los bloques, sería imposible obtener todos los registros de cada uno de los participantes lo que vuelve a la cadena incorruptible. (Satoshi Nakamoto, 2008: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>).

3.3.2.2 Definición

Blockchain es esencialmente una base de datos distribuida de registros o contabilidad pública de todas las transacciones o eventos digitales que se han ejecutado y compartido entre las partes participantes. Cada transacción en el libro público se verifica por consenso de la mayoría de los participantes en el sistema. Y, una vez ingresado, la información nunca puede borrarse. Contiene un registro transparente y verificable de cada transacción que se haya realizado. Bitcoin, la moneda digital descentralizada de (peer-to-peer o P2P), es el ejemplo más popular que usa la tecnología Blockchain. Principalmente, Blockchain establece un sistema para crear un consenso distribuido en el mundo digital en línea. Esto permite a las entidades participantes saber con certeza que un evento digital sucedió al crear un registro irrefutable en un libro público. Abre la puerta para desarrollar una economía digital democrática abierta y escalable desde una centralizada. Hay enormes oportunidades en esta tecnología disruptiva y la revolución en este espacio acaba de comenzar. (Berkeley Engineering, 2015: <https://scet.berkeley.edu/wp-content/uploads/BlockchainPaper.pdf>).

Otra definición, Blockchain es la tecnología que permite a todos los miembros mantener un libro contable que contiene todos los datos de la transacción y actualizar sus libros contables para mantener la integridad cuando hay una nueva transacción. Dado que el avance de Internet y la tecnología de cifrado ha permitido a todos los miembros verificar la fiabilidad de una transacción, se ha resuelto el único punto de error derivado de la dependencia de un tercero autorizado. Tiene características sin agente (basadas en P2P), eliminando así las tarifas innecesarias a través de transacciones P2P sin la autorización de un tercero. Debido a que la propiedad de la información de transacciones por parte de muchas personas dificulta la piratería, se ahorran gastos de seguridad, las transacciones se aprueban y registran

automáticamente mediante la participación masiva y se garantiza la prontitud. Además, el sistema puede implementarse, conectarse y expandirse fácilmente usando una fuente abierta y se puede acceder abiertamente a los registros de transacciones para hacer públicas las transacciones y reducir los costos regulatorios.

Blockchain está diseñada para hacer que la manipulación arbitraria sea difícil, ya que los participantes de la red guardan y verifican la cadena de bloques. Cada bloque es una estructura que consiste en un encabezado y un cuerpo. El encabezado incluye los valores hash de los bloques previos, actuales y nonce (número arbitrario que solo se puede utilizar una vez), los datos del bloque se buscan en la base de datos utilizando el método de índice. Aunque el bloque no contiene el valor hash del siguiente bloque, se agrega como una práctica.

Dado que los valores hash almacenados en cada par en el bloque se ven afectados por los valores de los bloques anteriores, es muy difícil falsificar y alterar los datos registrados. Aunque la alteración de datos es posible si el 51% de los pares son pirateados al mismo tiempo, el escenario de ataque es muy difícil.

Cabe resaltar que la función hash se usa para verificar que los datos del bloque que contienen los detalles de la transacción no se alteran y para encontrar el valor nonce para obtener un nuevo bloque, así como para garantizar la integridad de los datos de transacción durante una transacción bitcoin. La integridad de los detalles de la transacción se puede verificar mediante el cifrado basado en claves públicas del valor hash de los datos de la transacción. Además, usar el valor hash raíz, que acumula el valor hash de cada uno de los detalles de la transacción, permite determinar fácilmente si los datos de bitcoin fueron alterados ya que el valor hash raíz se cambia cuando el valor se cambia en el proceso.

La verificación pública basada en claves y una función hash que se puede descifrar se usan para proporcionar seguridad en Blockchain. El uso de una clave pública anónima como la información de la cuenta permite saber quién envió a otro par, aún garantiza el anonimato, ya que no hay forma de encontrar información perteneciente al propietario.

Hay muchos estudios en curso para fortalecer la seguridad utilizando estas características de Blockchain, la parte más importante es la seguridad relacionada con la clave personal utilizada en el cifrado y existen estudios sobre cómo proteger la clave personal. La computación en la nube se ha aplicado a muchos entornos de TI debido a su eficiencia y

disponibilidad. Además, los problemas de seguridad y privacidad en la nube se han discutido en términos de elementos de seguridad importantes: confidencialidad, integridad, autenticación, control de acceso, etc. (Park, et al., 2017).

El interés de la industria ha comenzado a impulsar el desarrollo de nuevas plataformas Blockchain diseñadas para entornos privados donde los participantes son autenticados, se denominan privados (o autorizados), a diferencia de los primeros sistemas que funcionan en entornos públicos (o sin permiso) donde cualquiera puede unirse y salir. Blockchain tiene el potencial de alterar este statu quo porque implica una menor infraestructura y costos humanos de las futuras implementaciones con esta tecnología. En particular, la inmutabilidad y la transparencia de blockchain ayudan a reducir los errores humanos y la necesidad de intervención manual debido a datos contradictorios. Esto puede ayudar a agilizar los procesos de negocios al eliminar los esfuerzos duplicados en el gobierno de datos. (Tien, et al., 2017).

El autor también hace mención en su investigación que Goldman Sachs estimó un ahorro de 6 mil millones de dólares en el mercado de capitales actual, y J.P. Morgan pronosticó que las cadenas de bloques comenzarán a reemplazar la infraestructura actualmente redundante para 2020.

3.3.2.3 Componentes

Los componentes claves de Blockchain según el libro “Global Blockchain Benchmarking Study”, de la Universidad de Cambridge, son:

- **Criptografía:** Los sistemas Blockchain hacen un uso intensivo de las técnicas criptográficas para garantizar la integridad de los ledgers. La integridad aquí se refiere a la capacidad de detectar la alteración de los datos de la cadena de bloques. (Tien, et al., 2017).
- **Red P2P:** Es una red para el descubrimiento de pares y el intercambio de datos en una forma de igual a igual.
- **Mecanismos de consenso:** Algoritmo que determina el orden de las transacciones en un entorno adversarial, es decir que se asume que no todos los participantes son honestos.
- **Ledger:** Un libro mayor o Ledger, es una estructura de datos que consiste en una lista ordenada de transacciones, en Blockchain un ledger se replica en todos los nodos, las

transacciones se agrupan en bloques que luego se encadenan entre sí. Por lo tanto, un ledger distribuido es esencialmente una estructura de datos de solo anexión replicada. Una cadena de bloques comienza con algunos estados iniciales y el ledger registra el historial completo de las operaciones de actualización realizadas en los estados. (Tien, et al., 2017).

- **Reglas de Validación:** Es un conjunto común de reglas de la red, como por ejemplo qué transacciones se consideran válidas o cómo se actualiza el ledger.

La tecnología de blockchain permite múltiples usos en diversos sectores como lo es en el sector salud, Tsung Ting Kuo en su paper “Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications” explica sobre los beneficios de la aplicación de Blockchain en el proceso de atención médica:

Tabla 5. Beneficios de blockchain

Beneficios de blockchain	Casos de uso Biométrico/Cuidado de Salud: Gestión de Registros Médicos
Gestión Descentralizada	Gestión de Pacientes en los Registros Médicos: “[El paciente]” se convierte en la plataforma, posee y controla el acceso a sus datos de atención médica. Esto elimina todos los obstáculos para que los pacientes adquieran copias de sus registros de atención médica o los transfieran a otro proveedor de atención médica.
Registro inmutable	Registros de pacientes inalterables: los datos se almacenan en la nube privada de Blockchain. Esto puede garantizar que los datos médicos no puedan ser modificados por nadie, incluidos los médicos y los pacientes, interna y nativamente.
Datos de Procedencia	Verificación de la Procedencia de Datos: los registros son verificados por la procedencia, permite verificar la legitimidad de los registros (y se pueden denegar los registros falsos).
Robustez / Disponibilidad	Menor riesgo de gestión de registros de pacientes: debido a que los datos se almacenan en una red descentralizada, no existe una sola institución que pueda ser robada o pirateada para obtener una gran cantidad de registros de pacientes.
Seguridad y Privacidad	Mayor seguridad de los registros médicos: los datos se cifran en el Blockchain y solo se pueden descifrar con la clave privada del paciente. Incluso si la red está infiltrada por una parte maliciosa, no hay una forma práctica de leer los datos del paciente.

Fuente: Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications. Tab1(p:1215)

4 DESARROLLO DEL PROYECTO

En el presente capítulo se describe el desarrollo del proyecto en base a los resultados de los análisis del problema, en donde se buscan oportunidades de mejora, la gestión de la historia clínica para determinar los procesos adecuados y buenas prácticas, distintas soluciones existentes al problema y herramientas tecnológicas para el diseño y desarrollo del modelo tecnológico para la gestión de historias clínicas entre entidades privadas de Salud.

4.1 Análisis

4.1.1 Análisis del problema

La historia clínica (HC) es el activo de información más importante de todas las entidades de salud, específicamente por ser un componente trascendente en la relación entre el médico y el paciente. Una HC es un repositorio de información generada durante todo el proceso de la atención sanitaria, en ella se encuentran registrados datos de extrema intimidad y si existiese alguna distorsión de la información puede resultar en perjuicio directo del paciente. Cabe resaltar que también están involucrados datos familiares por lo que resulta en un manejo de cuidado. En la HC queda como prueba los pasos que ha seguido él o los médicos tratantes para llegar a una opinión científica con el fin de brindar diagnóstico al paciente. De allí su importancia debido a la completa información que refleja de como llego el médico a dichas conclusiones válidas. Sin embargo, el paciente al acudir a otro centro médico genera nuevamente una HC con datos de su propio conocimiento. Puesto que, las entidades de salud presentan dificultad al integrar la información de las HC, originando la no disponibilidad de estas, la perdida de integridad de datos e información y deficiencia en el diagnóstico del paciente.

Las causas que generan el problema son:

- Cada centro de salud maneja sus propias políticas y estándares para los historiales médicos. (Guo et al., 2017).
- Distintos sistemas de información médicos en los centros de salud. (Esposito et al., 2018).
- Información de los historiales médicos aumenta a través del tiempo y esta no se refleja en las entidades de salud. (Wang et al., 2018).

4.1.1.1 Oportunidades de mejora

Existen ciertas oportunidades de mejora en considerar con respecto al problema explicado dentro de la gestión de la historia clínica:

Tabla 6. Oportunidades de mejora en base al problema

N.º	Oportunidad de mejora
01	Accesibilidad a las historias clínicas.
02	Disponibilidad de las historias clínicas.

03	Integridad de los datos e información que compone la historia clínica.
04	Comunicación entre distintos centros de salud para compartir HC.
05	Confidencialidad de las historias clínicas.

Fuente: Elaboración propia

Cada una de estas oportunidades se pueden mejorar con una solución que utilice tecnologías que satisfagan las necesidades expuestas anteriormente, que se base en el modelo tecnológico para la gestión de las historias clínicas entre entidades privadas de Salud.

4.1.2 Análisis de la gestión de la historia clínica

4.1.2.1 Tipos de historias clínicas

Tabla 7. Comparativo de tipos de historia clínica

Características	Historia clínica	
	Manuscrita	Electrónica
Durabilidad	Se deteriora en el tiempo, por su uso y factores externos.	Permanece inalterable a través del tiempo.
Legibilidad	Al ser llenado manualmente la mayoría de las veces no pueden ser leídos claramente.	La información y los datos que contiene siempre es legible.
Modificable	Las modificaciones no se realizan ordenadamente y generan confusión.	Las modificaciones se realizan ordenadamente y generan valor.
Almacenamiento de datos	Se almacenan directamente en papel.	Se almacenan en archivos digitales.
Lugar de almacenamiento	Se almacenan en repositorios físicos como archivadores.	Se almacenan en un espacio virtual en una base de datos o repositorio.
Calidad de información	No ayuda a evitar la duplicidad de datos e información.	Ayuda a evitar registros redundantes.
Interoperabilidad	No pueden compartir información con sistemas o componentes de sistemas tecnológicos.	Si pueden permitir la interoperabilidad de esta entre diferentes sistemas de tecnología.
Facilidad de búsqueda	Al guardarse físicamente y al existir un gran volumen de HC resulta difícil su búsqueda.	Mediante un sistema de información pueden encontrarse rápidamente mediante un código único de registro.

Respaldo de información	La información está expuesta a riesgo de que se pueda perder estos registros.	Mediante controles de seguridad se pueden realizar respaldos en la base de datos en donde se encuentren las HCE.
Accesibilidad	Al no tener un control de seguridad, cualquiera puede acceder a esa información.	El acceso a estas historias es más seguro al tenerlo en un sistema.
Responsables	No se puede conseguir la información del médico tratante porque en casos se omite este registro.	Siempre se puede identificar al médico tratado porque es de campo de carácter obligatorio.
Registro de cambios	Al ser en papel no permite tener un registro de todas las transacciones y o versiones de la historia.	Permite tener un control de todos los registros modificados de la historia.
Disponibilidad	Está disponible para una sola persona en un lugar físico y fijo.	Permite su disponibilidad en cualquier momento que el doctor o paciente lo requiere y de manera simultánea.
Exactitud de la información	Al ser una historia en papel el registro de la información es incompleta.	Al poder comprender mayor cantidad de información esta es más precisa en el diagnóstico.

Fuente: Elaboración propia

Mediante la tabla presentada determinamos que el tipo de historia clínica que cumple eficazmente con las características planteadas es la historia clínica electrónica. A continuación, se mostrará la gestión de este tipo de historia clínica.

4.1.2.2 Gestión de la historia clínica

Basándonos en la norma técnica peruana de la gestión de la historia clínica por el ministerio de salud, proponemos a continuación las fases que componen al ciclo de vida y administración de la historia clínica electrónica (HCE) como activo de información fundamental que garantiza el accionar médico, diagnóstico y tratamiento hacia el paciente.

- Apertura de la HCE

En esta primera fase, se verifica que el paciente no tenga una historia clínica electrónica registrada anteriormente. Luego de ello, se realiza el registro del usuario o paciente individualmente, identificándolo mediante su documento de identidad nacional o extranjero, creando así una nueva HCE. Para el tratamiento de sus datos sensibles

contenidos en su historia clínica electrónica el paciente brinda su consentimiento a través de una firma.

La obtención de datos e información que se registraran en la HCE son obtenidos mediante la entrevista del médico con el paciente, que es el punto esencial de contacto entre ambos. Primero, se toman los datos generales, el motivo de la consulta y la enfermedad actual como lo describe el paciente. Luego, el médico procede a realizar un examen físico inicial basándose en sus sentidos como la inspección (apreciación visual), la palpación (tacto), la percusión (oído) y la auscultación (oído) que mediante su experiencia se llega a realizar el diagnóstico inicial. En donde se plantea una hipótesis que será probada mediante exámenes médicos de distinta índole.

- Organización de las HCE

Los criterios y campos de elaboración de una HCE son distintos formularios, uniformes y actualizado por la entidad rectora de cada país. Las HCE organizan por archivos los cuales se clasifican por archivo común y especial.

El archivo común se desglosa en archivo activo o pasivo, el archivo activo es una HC en la cual la fecha de apertura es no mayor a cinco años, pasando los cinco años pasa a archivo pasivo. Por otro lado, el archivo especial lleva esa denominación debido a las características de los pacientes como VIH/SIDA, abortos, accidentes, suicidio o intento de homicidio, agresiones físicas, asaltos, violencia familiar, usuarios con antecedentes penales, entre otros, y que por lo tanto requieren de un manejo especial. A su vez, se incorpora a este archivo, las HC que hayan sido solicitadas por alguna entidad del Estado y aquellas que tengan interés histórico.

Las historias clínicas en cada uno de sus archivos correspondientes se ordenan de forma correlativa de menos a mayor por la numeración del documento de identidad. Además, las HC se utilizan para trámite administrativo, atención del paciente, investigación, docencia, entre otras áreas; debe contar con el registro del nombre de la persona autorizada que solicita la historia clínica, la fecha y hora.

Cabe resaltar, que esta es la fase en donde se realizan las consultas directas a las HCE registradas y posteriormente organizadas, en diferentes contextos que se necesiten consultarlas como de investigación, docencia o administrativos.

- Control de las HCE

En esta fase se tiene el control de todas las historias clínica electrónicas, así como también se puede monitorear las transacciones realizadas con el activo. Cabe resaltar que el control y monitoreo también se da en HC físicas, que son las HCE impresas, por motivos administrativos, investigación, docencia u otro motivo hayan sido impresas, con el fin de agregar valor a la misma.

La custodia se da al tener físicamente una HC, por lo que se otorga a un responsable, el cual debe velar por la conservación de esta y su no deterioro. La persona responsable debe cuidar la integridad de los datos e información que ha sido otorgados en la HC. Así mismo, el ambiente en donde se guarden las HC físicas debe ser seguro según los estándares del ente rector de salud de cada país, hasta que concluyan el motivo por el cual las imprimieron, su posterior devolución y eliminación.

- Eliminación de las HCE

Para eliminar una HCE de archivo común debe tener un periodo de veinte años, es decir, cinco años de archivo activo y quince años de archivo pasivo. Así mismo, las de archivo especial deben cumplir con un periodo mínimo de cuarenta años, como por ejemplo un paciente de cáncer ocupacional.

Para realizar esta fase, cada entidad de salud debe realizar un plan de clasificación anual en donde se encuentre la lista de HC que serán eliminadas ese año en base a un consenso de profesionales de la misma entidad. Cabe resaltar, que se debe conservar por cada HCE un resumen de información mínima y básica como consentimientos informados, informes quirúrgicos, anestesia, necropsia, evolución médica, etc.

Conclusión:

Figura 2. Fases de la gestión de la historia clínica electrónica

Fuente: Elaboración propia

Se concluye que la gestión de la historia clínica electrónica está compuesta por cuatro fases que interactúan entre sí, y en cada una de ellas cumplen ciertas funciones que agregan valor a la atención, diagnóstico y tratamiento médico. De esta manera identificamos las fases y distintas funcionalidades dentro de estas, que debe cubrir nuestro modelo tecnológico para la gestión de la historia clínica electrónica.

4.1.3 Análisis de las soluciones

4.1.3.1 Soluciones:

La revisión y análisis de la literatura correspondiente a nuestro problema nos muestra distintas soluciones planteadas por los autores. A continuación, se definirán las diferentes soluciones relacionadas al problema. Además, según World Economic Forum, cloud computing y blockchain se encuentran entre las diez primeras tendencias tecnológicas en el sector salud (2018).

- **Sistemas de información médico:** Los sistemas de información médicos es una solución convencional al problema que permite una gestión integrada de los factores involucrados en la atención médica y la gestión administrativa de un centro de salud, con una arquitectura centralizada en el centro de datos de la entidad, compuesta

básicamente por servidores de bases de datos, aplicaciones y web. Por lo que de esta manera obliga a tener un soporte y adquisición de hardware constantemente.

- Sistema de información cloud médico: El sistema de información cloud médico cumple las mismas funciones que su antecesor, el sistema de información médico. El diferenciador entre estas soluciones es que el presente sistema posee en su arquitectura basada en el servicio cloud de infraestructura. Es decir, el centro de salud puede tercerizar toda la infraestructura tecnológica en la que correrá la solución, a través de un proveedor de nube. De esta manera la entidad ahorra considerablemente gastos en hardware para su centro de datos, debido a que solo paga por lo que realmente consume. Este tipo de solución brinda nuevas características como auto escalamiento y alta disponibilidad dependiendo de la configuración que prefiera el cliente.
- Sistema blockchain de salud: El sistema blockchain de salud, tiene un amplio alcance, puesto que mediante la red de cadena de bloques se puede certificar la credulidad de cada transacción con los proveedores, pacientes y doctores. En otras palabras, gestiona la administración del centro médico teniendo trazabilidad en la cadena de suministros como la logística, la gestión de sus trabajadores y sobre todo en la atención médica del paciente. Esto último es trascendente, debido a que garantiza aspectos importantes que otras soluciones existentes no respaldan como información distribuida, incorruptible y transparente. Este tipo de solución demanda una implementación en el centro de datos de la entidad de recursos físicos y técnicos muy altos debido a la complejidad arquitectónica que tiene blockchain.
- Sistema cloud blockchain de salud: El sistema cloud blockchain de salud posee las mismas bondades que la solución anterior, el gran diferenciador se encuentra en la arquitectura que tiene, puesto que blockchain es obtenido como servicio a través de proveedores cloud. Esta nueva manera de obtener blockchain reduce considerablemente los costos en mantener un centro de datos y los profesionales sobre la herramienta disruptiva en cada una de las entidades que posee la red, y solo pagar por uso. A esto se suma la auto escalabilidad y la disponibilidad que son características importantes en toda la atención del paciente que incluye la gestión de la historia clínica.

4.1.3.2 Análisis

A continuación, se presentará un cuadro comparativo de las principales características que debe tener la solución correcta, referente al problema, contra las diferentes soluciones.

Tabla 8. Comparativo de las soluciones

Características	Sistema de información médico	Sistema de información cloud médico	Sistema blockchain de salud	Sistema cloud blockchain de salud
Gestión de accesos	Presenta gestión de accesos para los stakeholders en la red interna de la entidad	La gestión de accesos que posee permite solo el acceso mediante la red interna del centro de salud.	La gestión de accesos en este tipo de soluciones es muy eficiente debido a la validación continua de identidad y roles que cumple cada cuenta registrada en el sistema. Mediante llaves, encriptación y certificados.	La gestión de accesos es eficiente debido al registro, monitoreo y control que se puede realizar en toda la red con roles y funcionalidades específicas, las cuales son testigos todos los actores dentro de la red.
Auditoría de la información	Es auditable hasta cierta manera debido a que no existen registros de todas las transacciones que realiza el centro de salud.	Mediante contrato y acoplamiento a su arquitectura con un SaaS del proveedor de nube para obtener registro auditable del sistema.	Al tener un libro mayor donde cada transacción (movimientos de activos) queda registrado la auditoría en este tipo de soluciones es sencilla y muy transparente.	Todo movimiento de activos dentro de la red queda registrado, los resultados de estos y nuevas características que hayan podido obtener al realizar la acción. Todo se encuentra en el libro mayor y en sus copias respectivas de cada organización.
Confidencialidad de las historias clínicas	No se puede garantizar la confidencialidad	No se garantiza la confidencialidad	La confidencialidad de las historias	La acción de los pacientes en confiar

	de las historias clínicas debido al manejo interno de la entidad.	de las historias debido a factores internos de cada entidad.	clínicas se garantiza debido a que solo el personal autorizado más el consentimiento del paciente es capaz de ver, modificar dicho archivo dependiendo de los permisos del solicitante.	reservadamente los datos e información de su historia clínica se garantiza debido a los diferentes controles de seguridad que posee.
Integridad de las historias clínicas	Debido a políticas de cada entidad no se puede asegurar que la historia clínica que es entregada a cada paciente es integra a la original.	No se garantiza la integridad de la información que se refleja en la historia clínica entregada al paciente con la real.	La integridad en este tipo de soluciones está garantizada debido a la transparencia y relación directa con el responsable de cada cambio en la historia clínica.	Se garantiza que la información que obtiene el paciente de su propia historia clínica es integra debido a la transparencia y registros en el tiempo de dicho activo.
Interoperabilidad	No tiene la capacidad de intercambiar información con otras entidades.	Existe el intercambio de información para centros de salud que pertenecen al mismo grupo de empresas.	El intercambio de información es seguro y trazable entre sistemas pertenecientes a la red.	La interoperabilidad de este tipo de solución se da con otras aplicaciones, solo debe consumir el mismo servicio de blockchain.
Alta disponibilidad	Para obtener esta característica en esta solución, se necesita una inversión muy alta en infraestructura en el centro de datos de la	Según la arquitectura de la solución se puede tener redundancia de información y ahí mantener la disponibilidad del sistema trabajando en diferentes	La alta disponibilidad depende de la capacidad de infraestructura tecnológica que posea el centro de datos de la entidad de salud y el nivel de transacciones	Esta solución al tener como componente diferenciador la nube, facilita al alta disponibilidad del sistema debido a los servicios brindados tienen

	entidad de salud.	regiones que posee el proveedor de nube.	que realice diariamente.	redundancia en diferentes regiones pertenecientes al proveedor de nube.
Incorruptible	Debido a sus características puede ser objeto de ataques y la información que gestiona puede ser dañada o modificada.	No se garantiza que mediante un ataque o filtración se pueda manipular maliciosamente la información.	Debido a que la información está contenida en cada nodo (organización) que existen en la red, mientras más grande sea la red más segura e incorruptible es, y a su vez toda la información está cifrada en el libro mayor.	Debido a que la información está contenida en cada nodo (organización) que existen en la red, mientras más grande sea la red más segura e incorruptible es, y a su vez en el libro mayor de la red.
Costo	Mantener este tipo de solución en casa es muy alto, debido a la demanda que tienen estas entidades de salud diariamente.	Variable según la demanda de la infraestructura y tipo de contrato que se tenga con el proveedor de nube.	El costo es alto al tener blockchain corriendo en el centro de datos de la entidad debido a la cantidad de recursos que consume.	El costo es menor al tener blockchain como servicio y acordar un contrato específico con el proveedor de nube.
Tipo de adquisición	Poseer un centro de datos propio en donde corra la solución elaborada a demanda.	Alquilar los servicios necesarios de la nube para correr la solución.	Poseer un centro de datos propio en donde corra la solución desarrollada.	Contratar los servicios de PaaS, IaaS y blockchain como servicio para correr la solución desarrollada.

Fuente: Elaboración propia

En el anterior cuadro se puede observar que la solución que se compone por sistema de información, cloud y blockchain, cumple satisfactoriamente las características planteadas que debería cubrir para dar solución al problema.

Se concluye que la gestión de la historia clínica sería soportada correctamente por tres componentes tecnológicos como un sistema de información, que aporte directamente en la experiencia de usuario y soporte para la toma de decisiones médicas, servicios cloud para la disponibilidad que deben tener las historias clínicas y el servicio de blockchain para garantizar la integridad y confidencialidad que demanda las historias clínicas. De esta manera se propone estos componentes por sus características y al trabajar juntos genera sinergia importante para garantizar la seguridad de la información en la gestión de la historia clínica.

4.1.4 Análisis de las herramientas tecnológicas

4.1.4.1 Descripción

A partir de la conclusión anterior, definimos como herramientas para nuestro modelo tecnológico: sistema de información, computación en la nube y blockchain como servicio.

En primer lugar, la computación en la nube es un paradigma tecnológico que brinda servicios a través de internet como infraestructura, plataforma y software, estos servicios por tipos de pago fijo o pago por consumo. La nube se caracteriza por poder otorgar alta disponibilidad y escalabilidad a precios más cómodos a comparación de poseer un centro de datos propio.

Y, por último, blockchain es una herramienta disruptiva, actualmente en tendencia, que se caracteriza en brindar seguridad y transparencia en el intercambio de activos entre miembros de una red, la información que posee cada transacción es inalterable. Cabe resaltar que blockchain al ser brindado como servicio por proveedores de nube, atribuye kits de desarrollo de software en distintos lenguajes de programación, esto ayuda en desarrollar sistemas que consuman los servicios de blockchain mediante la nube basado en buenas prácticas y de manera más rápida. Dichas características están relacionadas directamente con las oportunidades de mejora propuestas de la tabla 6. En consecuencia, esto nos lleva a revisar la tabla número cinco, los beneficios de blockchain. Puesto que, se presenta la interrogante de cual de los distintos tipos de blockchain que existen actualmente aportan de una mejor manera a solucionar el problema del proyecto de investigación.

4.1.4.2 Análisis

A continuación, se mostrará un cuadro comparativo de las distintas plataformas blockchain más relevantes para nuestro caso de uso, según Tien Tian, et al. (2017).

Tabla 9. Comparativo de las plataformas blockchain

Características	Blockchain		
	Ethereum	Hyperledger	Parity
Ejecución de Smart Contract	Ethereum Virtual Machine (EVM)	Docker	Ethereum Virtual Machine (EVM)
Lenguaje de Smart Contract	Solidity, Serpent	Go, Java	Solidity, Serpent
Modelo de datos	Basado en cuentas	Clave - valor	Basado en cuentas
Tipo de Consenso	Prueba de trabajo (PoW)	Orquestador de ordenes (ordering service)	Validadores de confianza
Proveedor por nube	Azure	Azure, IBM, Oracle cloud	No lo tiene ningún proveedor de nube

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se observa que de las tres principales plataformas blockchain propuestas, poseen las mismas características soportadas por diferentes tecnologías. En consecuencia, se presentará pruebas realizadas a las cadenas de bloques para ver su desempeño de creación de contratos inteligentes con almacenamiento de clave-valor establecido por segundo y transacciones completamente realizadas por segundo.

Tabla 10. Pruebas de cargas de trabajo a las bases de datos de las plataformas blockchain según YCSB y Smallbank

Prueba	Blockchain		
	Ethereum	Hyperledger	Parity
<i>YCSB</i>	284tx/10 ^{2.5} s	1273tx/10 ^{3.1} s	45tx/10 ^{1.5} s
<i>Smallbank</i>	255tx/10 ^{2.3} s	1122tx/10 ³ s	46tx/10 ^{1.6} s

Fuente: Tien Tian, et al. (2017). Untangling Blockchain: A Data Processing View of Blockchain Systems

Cabe resaltar, Yahoo Cloud Serving Benchmark (YCSB) es una herramienta para realizar pruebas de carga de trabajo a bases de datos clave-valor. Y Smallbank es un punto de referencia el cual se utilizó para medir la creación de contratos inteligentes de envío de dinero a diferentes cuentas.

En la tabla 10, se observa que Hyperledger, tiene mayor desempeño en las pruebas aplicadas por los autores, en las que se hace énfasis debido a que los centros médicos de salud tienen gran demanda en realizar intercambio de información, es decir de historias clínicas, en donde se necesita un alto rendimiento al mover dichos activos en toda la red.

Esto nos lleva a la interrogante de cómo se caracterizan los diferentes frameworks que posee Hyperledger y cuál de ellos se aporta más a la solución de la problemática. En consecuencia, se presenta un cuadro comparativo de los distintos frameworks y sus características.

Tabla 11. Comparativo de los frameworks de Hyperledger por características

Características	Hyperledger frameworks				
	Burrow	Fabric	Indy	Iroha	Sawtooth
Estado	Incubación	Activo	Incubación	Activo	Activo
Anfitrión	Fundación Linux	Fundación Linux	Fundación Linux	Fundación Linux	Fundación Linux
Usabilidad	Contratos Inteligentes entre blockchain.	Gobierno de confianza, modular y configurable en diferentes industrias.	Ecosistema de identidad soberano enfocado en personas.	Administra activos digitales, identidad y datos serializados.	Gestiona redes y aplicaciones ledgers distribuidos para empresas comerciales.
Proveedor de Nube	No posee	Azure, IBM, Oracle	No posee	No posee	No posee

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior, se observa que el framework que mejor se acomoda a las necesidades planteadas en el problema es Hyperledger Fabric. Él cual se caracteriza por su gobierno de confianza y modularidad como distintivo principal. Puesto que, esto ayudará a implantar normas, reglas y leyes según se necesiten aplicar el según países. A su vez, Hyperledger Fabric es el único framework que es ofrecido como servicio a través la nube, esto es un punto clave para elegir una herramienta en específico según el análisis basado en la tabla 8.

En consecuencia, esto nos lleva plantear el siguiente cuadro comparativo entre los proveedores de blockchain como servicio a través de cloud.

Tabla 12. Comparativo de proveedores nube de blockchain como servicio

Características	Proveedores de nube		
	Azure	IBM	Oracle
Plataforma como servicio	Brinda herramientas de DevOps para planear el desarrollo, entrega continua, repositorios y planes de prueba, también “web apps” sobre Windows o Linux, así como Kubernetes que compilen lenguajes de programación como .NET, Java, Node.js, PHP, Go, Ruby y Python.	Brinda plataforma de Cloud Foundry y Kubernetes que corren sobre contenedores Linux en lenguajes de programación como Java, .NET, Node.js, Go, PHP, Python Ruby y Swift. También posee DevOps ofrece entrega, continua con fases de prueba, monitoreo, repositorios.	Ofrece herramientas DevOps para planear el desarrollo y gestión ágil, entrega continua, también ofrece gestión de base de datos y servidor de aplicación para Java.
Blockchain como servicio	Brinda Ethereum, Hyperledger Fabric y Quorum.	Solo brinda Hyperledger Fabric	Solo brinda Hyperledger Fabric
Disponibilidad de plataforma como servicio	DevOps: 99.9% Web apps: 99.95% (multi región)	En todo PaaS: 99.9%	No específica, pero indica que brinda alta disponibilidad y continuidad de servicio, multi-región.
Tipos de consumo	Cobra por uso de hardware (memoria RAM, almacenamiento) y tiempo de uso del servicio.	Cobra por consumo de memoria RAM, almacenamiento (MB), tiempo, llamadas al servicio y escalabilidad.	Pago por consumo de infraestructura como memoria y almacenamiento, por transferencia de información y por tiempo de uso.

Fuente: Elaboración propia

Se concluye que el análisis realizado con respecto a las herramientas tecnológicas se ha encontrado a blockchain como componente importante para el modelo tecnológico, ya que se caracteriza especialmente por la integridad y confidencialidad de la información, puntos importantes para asegurar la seguridad en la gestión de las historias clínicas, criterios

propuestos para nuestra investigación. Por lo tanto, a partir de los análisis de las tablas 10 y 11, se elige la plataforma de blockchain, Hyperledger, con su framework, Fabric, disponible como servicio en distintos proveedores de nube. Además, de contar con un kit de desarrollo (SDK) que permite la implementación de aplicaciones web, móviles, nativas en nube e híbridas. Es decir, esto permite integrar blockchain como servicio en cualquier tipo de solución o sistema de información, existente o nuevo. En este caso, una solución en la nube como último componente del modelo para brinda la disponibilidad que debe tener la gestión de las historias clínicas. El proveedor de nube elegido es IBM Cloud por sus servicios de plataforma y blockchain, se resalta que IBM contribuye directamente a la mejora de este framework, Hyperledger Fabric, y apoya en su investigación, interactuando directamente con el proyecto dentro de Linux Foundation, por lo que se tiene un mejor soporte, comprensión, documentación y activos de los desarrollos de la amplia comunidad de Linux Foundation.

4.2 Diseño del modelo

El modelo tecnológico de este proyecto se desarrolló basándose en artículos de investigación, que presentan modelos y arquitecturas tecnológicas relacionadas a la historia clínica en diferentes contextos, y por el análisis realizado a la gestión de historias clínicas, como técnica innovadora se presenta el uso de blockchain como servicio y cloud computing.

Figura 3. Modelo tecnológico para la gestión de la historia clínica entre entidades privadas de Salud

Fuente: Elaboración propia

El presente modelo se divide en 4 componentes, que permite la gestión de la historia clínica electrónica desde su creación, suma de nuevos datos e información para mejorar la toma de decisiones de los médicos, es decir el diagnóstico. Brindando, disponibilidad de la historia clínica para el paciente y el personal autorizado, integridad de la información contenida dentro de la historia clínica. Resaltar que no es posible alterar maliciosamente la información puesto que existe consensos, leyes y normas dentro de la red de blockchain y la confidencialidad, de que solo el paciente y el personal autorizado por el mismo paciente pueda ver e interactuar con los datos e información contenidos en su historia clínica. Todo eso soportado por la capa de Tecnología compuesta por la computación en la nube y la cadena de bloques.

A continuación, se detallarán cada uno de los componentes del modelo tecnológico.

4.2.1 Entrada

En este componente se detalla cómo se ingresa los datos e información al modelo tecnológico relacionadas con la capa de gestión de la historia clínica, específicamente de tres formas entrevistando al paciente o apoderado, historia clínica electrónica y pruebas complementarias. En la entrevista del paciente o apoderado, se levantan datos que serán utilizados directamente en la fase de Apertura de la historia clínica perteneciente a su gestión, esto da valor para que el médico indique al paciente un primer diagnóstico o pida pruebas complementarias para conocer a detalle lo que aqueja al paciente. Es decir, estos datos recolectados serán utilizados para registrar una nueva historia clínica electrónica. La historia clínica electrónica también es tomada como información de entrada puesto que es el principal activo dentro todas las fases de la gestión de la historia clínica, cabe resaltar que una historia clínica es un conjunto de formularios, pruebas, diagnósticos, recetas y más términos técnicos médicos a través del tiempo, para así dejar pruebas de los pasos seguidos por los médicos para llegar a una opinión científica. Y las pruebas complementarias sirven como información de entrada para nutrir a las historias clínicas electrónicas y agregar valor a la toma de decisiones del médico con respecto al diagnóstico.

4.2.2 Gestión de la historia clínica electrónica

Este componente se encarga de la gestión de la historia clínica electrónica la cual interactúa directamente con los datos e información contenidos en la historia clínica electrónica de cada paciente, en la que se debe garantizar la integridad y confidencialidad de su información, y el manejo adecuado de su ciclo de vida con el objetivo de aportar la información correcta para la toma de decisiones y diagnóstico de los médicos. Por lo tanto, se ha considerado las siguientes fases:

Fase de Apertura

- Verificación

Realizada consulta previa del paciente al centro de salud, en la base de datos de registro de historias clínicas, se identifica que el paciente tratante no cuente con una historia clínica existente para después proceder a la creación, cabe resaltar que el identificador del activo es con el dato del DNI.

- Creación

Una vez que se verifica la historia clínica, el medico es el único rol que puede proceder con la creación del activo. Se procede a realizar la entrevista o investigación para el levantamiento de información de datos de salud del paciente para la historia clínica. Existen distintos formatos y estructuras para el llenado de la información para la historia clínica, se utiliza la adecuada según el tipo de usuario. El paciente debe brindar un consentimiento del tratamiento de datos sensibles contenidos en la historia clínica a través de su identificador único. La creación del HC es único por cada paciente por lo que se asigna un número de identificación.

Fase de control y monitoreo

- **Clasificación**

Según el tipo de historia clínica se clasifican en archivo común, se clasifican por la frecuencia de uso, y en archivo especial, contenidas casos medico legales o de interés científico. El archivo común se divide en activo y pasivo, donde el activo se encuentran las historias clínicas que son utilizadas constantemente solicitadas por los médicos en los centros de salud durante los últimos 5 años. El archivo pasivo lo conforma las historias clínicas de pacientes que fallecidos o que no han visitado con frecuencia el centro de salud por más de 5 años, permanecerá por un periodo de 15 años para luego transferirlos para su eliminación o conservación dependiendo de su contenido. Para el archivo especial son para casos de impacto de alta relevancia en su contenido, en estudio investigación o con caracteres de tipo legal.

- **Consultas**

Los registros de historias clínicas luego de su clasificación y ordenamiento según su tipo, estará a disposición de los usuarios específicos con ciertos privilegios y bajo las medidas de seguridad necesarias para su uso para estudio, análisis y tratamiento del paciente o todos que apliquen el manejo de la historia clínica. Estos privilegios de usuario estarán delimitados a ciertos parámetros en acceder al activo, el recepcionista podrá consultar la historia clínica mas no poder ver su contenido, el doctor podrá ver el contenido con el consentimiento y aprobación del paciente, y el usuario tratante podrá acceder a su historia clínica como dueño del activo.

- **Custodia**

Cuando la historia clínica sale del centro de salud por motivos de consulta externa o casos de estudio, el personal que solicita este activo con previa autorización del paciente es el encargado y responsable de mantener la historia clínica donde se deben disponer de las medidas necesarias que permitan garantizar la custodia, confidencialidad y conservación integral durante la actualización de la información de la historia clínica.

- Accesos

Se determina que el activo este restringido y pueda ser comprometido solo con el personal autorizado con las medidas de seguridad necesaria. Mediante la solicitud de accesos para la historia clínica según el usuario que lo solicite, de igual manera se tiene un control de todos los accesos realizados o intentos que pueden ser rechazados, de esta manera asegurar la integridad y confidencialidad de la información.

- Versiones

La historia clínica es variable a través del tiempo donde cada modificación debe ser actualizado y verse reflejado, se tiene un control de cada historia clínica a través del tiempo con el desarrollo de las versiones, cada una indica los cambios o modificaciones que se han realizado y quien ha intervenido.

- Conservación

Se mantiene las historias clínicas al cuidado en su permanencia en el centro de salud y la integridad. El tiempo de conservación para las historias clínicas pasivas es de 15 años después de la fecha de clasificación. Para las historias clínicas del tipo activo tiene una duración de 5 años desde la última fecha de consulta. Si en caso de un archivo pasivo es solicitado tendrá que pasar a estado activo y reorganizar su clasificación.

Fase de Eliminación

- Plan de clasificación

Se elabora un cronograma anual de eliminación que contiene las historias clínicas que serán eliminadas, según su tipo de clasificación y criterios que aplican los responsables de elaborar el plan. Se revisa las historias clínicas aquellas que hayan cumplido un periodo por más de 20 años, 5 en activo común y 15 en pasivo donde se realiza la propuesta para eliminar, etiquetando las historias clínicas procedentes a su eliminación.

- **Resumen informativo**

Es el contenido de la propuesta para la eliminación luego de la clasificación, el cual contiene: consentimiento informado, los retiros voluntarios, informes quirúrgicos, registros de parto, informes de antesala, entre otros. Representa toda la información contenida en la compilación de las historias clínicas de manera resumida.

- **Borrado**

Es el proceso de eliminación de la historia clínica este debe ser previamente evaluado por un comité del centro y de todo el consorcio de la red quien dará la aprobación de eliminar la historia clínica.

4.2.3 Tecnología

Este componente tiene dos grandes tecnologías soportan al modelo tecnológico por las características que en conjunto aportan en cubrir las oportunidades de mejora propuestas en el problema. La computación en la nube a través de su servicio de plataforma brinda disponibilidad a la gestión de la HCE sin la necesidad que la entidad privada de salud se enfoque en tener un propio centro de cómputo. Y la tecnología disruptiva cadena de bloques como servicio obtenida a través también de un proveedor de nube para consumir directamente los servicios brindados dentro de una red de cadena de bloques privada, así garantizar la confidencialidad e integridad de los datos e información contenidos en las HCE, dadas las medidas de seguridad, características y políticas que brinda dicha tecnología.

4.2.4 Salida

En esta capa final se obtiene como resultado de la gestión a la historia clínica electrónica brindando la disponibilidad cuando se requiere, la información contenida en esta se integra a través de toda la atención médica del paciente y solo puede ser consultada exclusivamente a las personas correctamente autorizadas por el paciente. En donde también, se puede obtener reportes de las historias clínicas categorizadas o con características especiales, por el personal médico autorizado. De esta manera se tiene el registro confiable a través del tiempo del accionar médico, diagnósticos y tratamientos hacia el paciente.

4.3 Diseño de la solución

Para la validación del modelo tecnológico se diseño un sistema web hasta su implementación, que utilice las tecnologías representadas en el modelo. El diseño tiene en cuenta blockchain como servicio (Hyperledger Fabric) y servicios de plataforma (PaaS) que

soportarán los procesos involucrados en la gestión de la historia clínica y los distintos usuarios como personal médico, recepcionista de la entidad privada de salud y paciente. A continuación, se muestra a detalle cada una de las fases del diseño de la solución.

4.3.1 Modelado de procesos

Los procesos involucrados en la solución del modelo tecnológico para la gestión de la historia clínica entre entidades privadas de salud son:

- Registrar personal médico (recepcionistas y médicos)
- Registrar pacientes
- Crear historia clínica
- Listar historia clínica
- Versionar historia clínica
- Listar pacientes atendidos
- Otorgar permiso de tratamiento de historia clínica
- Visualizar historia clínica
- Visualizar historia clínica de pacientes atendidos

Actores involucrados en los procesos son los siguientes:

Tabla 13. Roles y responsabilidades de los procesos

ROL DEL PROCESO	RESPONSABILIDAD
Paciente	<ul style="list-style-type: none"> • Otorgar permisos de acceso de su HC a los médicos que lo soliciten. • Dar información sobre estado de salud, dar información personal. • Necesidad de atenderse en un centro de salud.
Administrador	<ul style="list-style-type: none"> • Responsable de crear a los usuarios participantes de la red: médico, recepcionista. • Encargado de controlar los permisos y accesos de los usuarios y en general de la red.

Médico	<ul style="list-style-type: none"> • Responsable de atender al paciente. • Solicitar datos para la apertura de HC • Informar al paciente sobre el uso de su HC. • Registrar y/o actualizar una HC.
Recepcionista	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar al paciente. • Visualizar HC, mas no poder acceder a ella. • Agendar citas de paciente con médico.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describirán los procesos:

- **Registrar personal médico por administrador**

Actores involucrados:

- Administrador
- Recepcionista/Médico
- Sistema web

El proceso inicia con la necesidad de un usuario en formar parte de la organización e ingresar al sistema web, dependiendo de ello se tiene distintos privilegios. El médico podrá acceder al HC con el permiso del paciente y realizar modificaciones. El recepcionista registrar pacientes y ver si cuenta con un HC creado, pero no podrá acceder a su contenido. El administrador ingresa los datos del participante de la red, el sistema validará y se podrá crear un usuario con los privilegios correspondientes.

Para visualizar el proceso ir el Anexo – A.

- **Registrar pacientes por recepcionista**

Actores involucrados:

- Recepcionista
- Paciente

El proceso consiste en registrar un nuevo paciente en el sistema, el rol que tiene la funcionalidad de realizar esta actividad es el recepcionista. El proceso nace con la necesidad por parte de un recepcionista por registrar a un paciente en el sistema. Se recopila la información necesaria para la creación y luego ingresadas al sistema se valida si es correcta o no, hasta que la información sea la correcta se podrá terminar el registro. Una vez guardado, el paciente estará en el sistema.

Para visualizar el proceso ir el Anexo – A.

- **Crear historia clínica por médico**

Actores involucrados:

- Paciente
- Médico

El proceso consiste en la apertura una HC única para el paciente, nace con la necesidad del paciente por atenderse en un centro de salud y para ello es obligatorio contar con una HC, si el paciente no contará con una, se le procede a la creación del nuevo activo único. El médico es el único actor que podrá crear la HC y actualizar la información en ella. Cuando el paciente es atendido, el medico realiza la entrevista donde se recopilará datos para la HC, se ingresa los datos en el sistema web donde se validará la información y lo almacenará de manera segura y cifrada.

Para visualizar el proceso ir el Anexo – A.

- **Listar historia clínica por recepcionista**

Actores involucrados:

- Recepcionista

El proceso nace con la necesidad de listar paciente por parte del recepcionista, se ingresa al sistema web, inicia sesión y digita el DNI del paciente, en la plataforma se valida si el paciente existe en el sistema y devolverá la información de este.

Para visualizar el proceso ir el Anexo – A.

- **Versionar historia clínica por médico**

Actores involucrados:

- Paciente
- Médico

El proceso consiste en actualizar la HC del paciente de manera segura, esto se consigue mediante la confirmación de acceso del paciente por la contraseña. Este proceso nace de la necesidad de actualizar la historia clínica del paciente por parte del médico. El medico ingresa a la plataforma donde accederá a la vista de HC del paciente donde se solicitará las credenciales del paciente para poder acceder a la HC. Una vez ingresada la contraseña por parte del paciente se podrá actualizar la HC y guardar los cambios realizados.

Para visualizar el proceso ir el Anexo – A.

- **Listar pacientes atendidos por médico**

Actores involucrados:

- Medico
- Sistemas web

Este proceso consiste en listar los pacientes de un médico por el cual han sido atendidos. El proceso nace con la necesidad del médico por listar pacientes atendidos. Se ingresa al sistema web donde se accederá a la vista listar pacientes, el sistema validara cuales son los pacientes que tiene asignado el médico y devolverá la lista con la información de los pacientes.

Para visualizar el proceso ir el Anexo – A.

- **Otorgar permiso de tratamiento de historia clínica**

Actores involucrados:

- Paciente
- Médico

Este proceso consiste en otorgar los accesos para el manejo de la HC del paciente a cargo. El proceso nace con la necesidad de manejar la HC del paciente por parte del médico, se solicita el permiso para manejar la HC, el sistema valida y pide las credenciales del

paciente para otorgar el acceso. Se ingresa la contraseña donde el sistema validará si es correcta o no y posteriormente se notifica que se tiene acceso a la HC.

Para visualizar el proceso ir el Anexo – A.

- **Visualizar historia clínica por paciente**

Actores involucrados:

- Paciente

Este proceso consiste en que el paciente pueda visualizar su propia HC. El proceso inicia con la necesidad del paciente al ver una HC. El paciente ingresará con su usuario a la vista de visualizar su HC, el sistema validará que existe la HC y esta se mostrará.

Para visualizar el proceso ir el Anexo – A.

- **Visualizar historia clínica de pacientes atendidos por médico**

Actores involucrados:

- Médico

Este proceso consiste en que se pueda visualizar el HC de un paciente en todo momento por parte del médico. El proceso nace con la necesidad del médico de visualizar la HC, en donde primero se lista los pacientes que son atendidos por el médico, se valida si es que tiene permisos concedidos para mostrar el contenido del HC, el sistema validará todos los datos y se guardará los accesos que se realicen.

Para visualizar el proceso ir el Anexo – A.

4.3.2 Requisitos

4.3.2.1 Funcionales

Se necesita implementar un sistema web para la gestión de la historia clínica entre entidades privadas de salud que integre los procesos explicados anteriormente. Por lo que se identificó requisitos funcionales y no funcionales para que el sistema web satisfaga la necesidad descubierta. A continuación, los requisitos funcionales:

Tabla 14. Matriz de requisitos funcionales

Código	Descripción
RF01	El sistema web debe permitir iniciar sesión a los administradores de las clínicas con las credenciales correctas, estas son un ID (alfanumérico entre 6 a 15 caracteres) y una contraseña (alfanumérica mayor a 7 caracteres).
RF02	El sistema web debe mostrar mensaje de éxito o de error según la respuesta de inicio de sesión.
RF03	El sistema web debe mostrar la vista correspondiente al rol del usuario que ha iniciado sesión.
RF04	El sistema web debe permitir el registro del personal médico (receptionistas y médicos) solo por el administrador.
RF05	El sistema web debe permitir el ingreso de los siguientes datos para el registro de forma obligatoria: Rol (Recepcionista o Médico), DNI (8 dígitos), Nombres (Mínimo 2 caracteres, Máximo 30 caracteres), Apellidos (Mínimo 2 caracteres, Máximo 30 caracteres), Sexo ('M' para masculino o 'F' para Femenino), Fecha de Nacimiento (tipo fecha dd/mm/aaaa) y Contraseña (alfanuméricos 8 caracteres como mínimo).
RF06	El sistema web debe mostrar un mensaje de alerta para los campos llenados de manera inválida o vacíos.
RF07	El sistema web no permitirá el registro de personal médico registrado anteriormente por DNI.
RF08	El sistema web debe permitir iniciar sesión a los recepcionistas de las clínicas con las credenciales correctas, estas son su DNI (8 dígitos) y una contraseña (alfanumérica mayor a 7 caracteres).
RF09	El sistema debe permitir el registro de pacientes solo por el recepcionista.
RF10	El sistema web debe permitir el ingreso de los siguientes datos para el registro de forma obligatoria: DNI (8 dígitos), Nombres (Mínimo 2 caracteres, Máximo 30 caracteres), Apellidos (Mínimo 2 caracteres, Máximo 30 caracteres), Sexo ('M' para masculino o 'F' para Femenino), Fecha de Nacimiento (tipo fecha dd/mm/aaaa), Dirección (mayor a 10 caracteres y menos 150 caracteres) y Contraseña (alfanuméricos 8 caracteres como mínimo).
RF11	El sistema web no permitirá el registro de pacientes registrados anteriormente por DNI.
RF12	El sistema web debe permitir listar a los pacientes registrados por DNI (8 dígitos), Nombres (Mínimo 2 caracteres, Máximo 30 caracteres), Apellidos (Mínimo 2 caracteres, Máximo 30 caracteres), Sexo ('M' para masculino o 'F' para Femenino), Fecha de Nacimiento (tipo fecha dd/mm/aaaa) e Historia Clínica (Ícono de check o X).

RF13	El sistema debe permitir buscar a los pacientes listados por DNI (8 dígitos).
RF14	El sistema web debe permitir iniciar sesión a los médicos de las clínicas con las credenciales correctas, estas son su DNI (8 dígitos) y una contraseña (alfanumérica mayor a 7 caracteres).
RF15	El sistema web debe permitir la creación de una única historia clínica solo por el médico.
RF16	El sistema web debe permitir el ingreso de los siguientes datos para la creación de historia clínica de forma obligatoria: Fecha (tipo fecha dd/mm/aaaa), Síntomas (Mayor de 10 caracteres y Menor a 1000 caracteres), Presunciones (Mayor de 10 caracteres y Menor a 1000 caracteres) y Diagnóstico (Mayor de 10 caracteres y Menor a 1000 caracteres).
RF17	El sistema web no permitirá la creación de historias clínicas registradas anteriormente vinculadas al DNI del paciente.
RF18	El sistema web debe solicitar que el paciente ingrese su contraseña (alfanumérica mayor a 7 caracteres) para crear su Historia Clínica.
RF19	El sistema web debe mostrar un mensaje de error si la contraseña ingresada es incorrecta.
RF20	El sistema web debe permitir listar a los pacientes atendidos por el médico por DNI (8 dígitos), Nombres (Mínimo 2 caracteres, Máximo 30 caracteres), Apellidos (Mínimo 2 caracteres, Máximo 30 caracteres), Sexo ('M' para masculino o 'F' para Femenino), Fecha de Nacimiento (tipo fecha dd/mm/aaaa) y Selección (Checkbox de única selección).
RF21	El sistema web debe permitir subir información a una historia clínica por el médico seleccionado en la lista de pacientes atendidos por el médico.
RF22	El sistema web debe permitir el ingreso de los siguientes datos para la subir nueva información de historia clínica de forma obligatoria: Fecha (tipo fecha dd/mm/aaaa), Síntomas (Mayor de 10 caracteres y Menor a 1000 caracteres), Presunciones (Mayor de 10 caracteres y Menor a 1000 caracteres) y Diagnóstico (Mayor de 10 caracteres y Menor a 1000 caracteres).
RF23	El sistema web no permitirá subir información a la historia clínica sin que haya sido creada anteriormente por un médico.
RF24	El sistema web debe solicitar que el paciente ingrese su contraseña (alfanumérica mayor a 7 caracteres) para subir información en su Historia Clínica.
RF25	El sistema web debe permitir obtener la historia clínica de un paciente no tratado solo por los médicos.
RF26	El sistema debe permitir el ingreso obligatorio del DNI (8 dígitos) y contraseña (alfanumérica mayor a 7 caracteres) por parte del paciente para la obtención de la Historia clínica por el médico.

RF27	El sistema web no permitirá obtener la historia clínica de una paciente que no haya sido creada anteriormente por un médico.
RF28	El sistema web debe permitir iniciar sesión a los pacientes con las credenciales correctas, estas son su DNI (8 dígitos) y una contraseña (alfanumérica mayor a 7 caracteres).
RF29	El sistema web debe mostrar la historia clínica correspondiente al paciente que inicio sesión.

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2 No Funcionales

Requisitos no funcionales para el sistema web, en base al análisis de tecnología y características de la solución futura en la primera parte de este capítulo:

- Seguridad:

RNF01: La información manejada por el sistema está protegida de acceso no autorizado y divulgación.

- Plataforma:

RNF02: IBM Cloud, Plataforma como servicio, en la región US South en el centro de datos de Dallas.

- Lenguaje de Programación:

RNF03: El lenguaje de programación con el que se desarrollará el sistema es JavaScript.

RNF04: El sistema web se ejecutará en runtime de Node.JS

- Arquitectura:

RNF05: La arquitectura del sistema web será orientada en aplicaciones nativas de nube.

RNF06: El core de la arquitectura del sistema web será un ambiente de contenedores.

- Facilidad de uso

RNF07: El sistema debe proporcionar mensajes de error que sean informativos y orientados a usuario final, los mensajes deben estar en el idioma español.

- Confiabilidad

RNF08: El sistema debe ser tolerante ante los fallos para garantizar un 99.95% de disponibilidad y las operaciones deben ser transaccionales.

- Facilidad de soporte

RNF09: Se debe tener la documentación certificada de los procesos involucrados en el sistema web.

RNF10: Se debe tener el documento certificado de arquitectura de software del sistema web.

RNF12: Se debe tener el documento aprobado de casos de uso del sistema web.

- Reglas de Negocio

RN13: El uso del sistema web se dará con mayor frecuencia en el día.

RN14: Los usuarios contarán con un identificador único en el sistema, y estos accederán a la aplicación web a través de sus credenciales (id y contraseña).

RN15: Solo existen 4 tipos de usuarios, administrador, recepcionista, médico y paciente.

4.3.3 Diagrama de casos de uso

El sistema web para la gestión de las historias clínicas entre entidades privadas de salud tiene cuatro actores que interactúan con las funcionalidades que se han determinado a partir de los requisitos funcionales y los roles que demanda.

A continuación, se presenta el diagrama de casos de uso en donde se observa la relación de los actores con las funcionalidades correspondientes dentro del sistema web.

Figura 4. Diagrama de casos de uso del sistema web de gestión de historia clínica

Fuente: Elaboración propia

4.3.4 Modelado de datos

El presente modelo de datos está basado en el modelado de datos no relacionales del paper “Data Modeling Guidelines for NoSQLDocument-Store Databases” (Abdullahi, 2018). Este soportara el sistema web a través de CouchDB.

En la tabla de referencia “User”, se representa de manera lógica los datos que tendrá cada usuario, de los cuales el tipo de cada uno será diferenciado por el rol. Los roles son: Administrador, Recepcionista, Médico y Paciente. Estos roles son gestionados en el Smart-Contract que es el ejecutor de todas las reglas de negocio para el sistema web. Es decir, quien es el encargado de validar que cada rol ejecute las tareas designadas con los privilegios correspondientes. Como, por ejemplo, qué el administrador sea el único dentro de una clínica que puede registrar a médicos y recepcionistas.

Figura 5. Diseño de modelo de datos

Fuente: Elaboración propia

4.3.5 Arquitectura de la solución

La presente arquitectura de componentes muestra los recursos necesarios para que el sistema web cumpla con los requisitos funcionales y no funcionales planteados en el documento de requisitos que se adjuntó en las referencias, siendo un sistema nativo de nube. Desde cualquier red pública mediante de un dispositivo móvil o computador para el usuario del tipo paciente y únicamente desde un computador para los usuarios del personal médico (administrador de la clínica, recepcionista y médico) a través un navegador se podrán conectar a la nube de IBM para consumir las vistas correspondientes a cada uno de sus roles.

Cada aplicación de frontend al igual que las aplicaciones backend están contenidas en un clúster de Kubernetes que es representado por el “Container Environment”. Las aplicaciones front-end corren Node.JS con el framework React.JS que consumen las aplicaciones backend de cada clínica. En las cuales están las funcionalidades de cada uno de los usuarios desde el registro del médico hasta la creación de una única historia clínica por paciente, dichas aplicaciones corren Node.JS con el Framework Express.JS. Las vistas en Front-End de la aplicación del paciente son responsivas para que pueda adaptarse a cualquier tipo de densidad de pantalla de este. La capa de seguridad presentada en la vista de módulos permitirá la conexión a las aplicaciones Front-End desde cualquier red, debido a que expone de manera segura las aplicaciones a través del protocolo HTTPS.

Por otro lado, se observa una instancia de Blockchain creada la cual despliega Hyperledger Fabric con tres nodos que representa una clínica con 3 peers cada una, las cuales tienen embebido un gestor de llaves para los certificados encriptados, gestión de entidades y accesos para identificar los diferentes roles y privilegios de los participantes de la red, un “Wallet” que es donde se almacenan las entidades o participantes de la red es decir los certificados de autenticidad y el contrato inteligente que es en donde se almacena la lógica del negocio, genera transacciones y funciones de los participantes.

Los componentes presentados en esta arquitectura poseen características al ser obtenidos como servicios, como es la seguridad de vulnerabilidades de aplicaciones que provee un Kubernetes, el balanceo de carga y comunicación interna que tiene al activar la funcionalidad de réplicas, monitoreo y registro de aplicaciones a través de su dashboard. Y la seguridad que brinda Blockchain al mantener los datos encriptados en movimiento o almacenados.

Figura 6. Arquitectura del sistema web de la gestión de historias basado en el modelo tecnológico

Fuente: Elaboración propia

4.3.6 Diseño de Mockups

- **Administrador**

Pantalla de Inicio de Sesión

Figura 7. Pantalla de Inicio de Sesión

INICIAR SESIÓN

Clínica

Código

Contraseña

INGRESAR

Fuente: Elaboración propia

La pantalla de inicio de sesión el administrador de la clínica podrá seleccionar a la cual pertenece, ingresar el código y contraseña correspondiente. De esta manera podrá ir a la pantalla de registro de personal médico, que es la única función que realiza.

Pantalla de Registro de personal médico

Figura 8. Pantalla de Registro de personal médico

REGISTRO DE PERSONAL MÉDICO

Rol <input type="text"/>	DNI <input type="text"/>
Nombres <input type="text"/>	Apellidos <input type="text"/>
Teléfono <input type="text"/>	Correo <input type="text"/>
F. Nacim. <input type="text"/>	Sexo <input type="text"/>
Contraseña <input type="text"/>	Conf. Contra <input type="text"/>

REGISTRAR

Fuente: Elaboración propia

En la presente pantalla el administrador de la clínica registrará al personal médico con los roles de Recepcionista y Médico. Ingresará el DNI, nombres, apellidos, teléfono, correo, fecha de nacimiento, sexo, contraseña y otro campo para confirmar la contraseña. De esta manera se registrará a los usuarios con privilegios de registro

de pacientes para el recepcionista y privilegios de creación, tratamiento y solicitud de historias clínicas para el médico.

- **Recepcionista**

Pantalla de Inicio de Sesión

Figura 9. Pantalla de Inicio de Sesión

SELECCIONE UNA CLÍNICA

Un formulario con un fondo azul. En la parte superior, el texto "SELECCIONE UNA CLÍNICA" en blanco. Debajo, la palabra "Clínica" en blanco precede a un campo de selección con una flecha hacia abajo. En la parte inferior, un botón rectangular con el texto "INGRESAR" en blanco.

Fuente: Elaboración propia

El recepcionista seleccionará la clínica a la que pertenezca al consorcio de la red, para de esta manera poder iniciar sesión ingresando sus credenciales.

Figura 10. Pantalla de Inicio de Sesión recepcionista

INICIAR SESIÓN

Un formulario con un fondo azul. En la parte superior, el texto "INICIAR SESIÓN" en blanco. Debajo, las palabras "Código" y "Contraseña" en blanco preceden a campos de entrada de texto. En la parte inferior, un botón rectangular con el texto "INGRESAR" en blanco.

Fuente: Elaboración propia

En la presente pantalla el recepcionista podrá ingresar sus credenciales para poder ingresar a la pantalla de lista de pacientes registrados en el consorcio de clínicas y poder registrar nuevos pacientes.

Pantalla de lista de pacientes

Figura 11. Pantalla de Lista de pacientes

LISTA DE PACIENTES

DNI

DNI	Nombres	Apellidos	Sexo	Historia clínica

Fuente: Elaboración propia

Esta es la siguiente pantalla que observará el recepcionista después de haber iniciado sesión exitosamente. Aquí podrá observar la lista de pacientes registrados en la red en donde apreciará DNI, Nombres, Apellidos, Sexo e Historia clínica del paciente. Esta última característica indicará si el paciente tiene creado una única historia clínica con un check o una equis según sea el caso.

Pantalla de registro de pacientes

Figura 12. Pantalla de Registro de pacientes

REGISTRO DE PACIENTES

DNI Nombres

Apellidos Dirección

Teléfono Correo

F. Nacim. Sexo

Contraseña Conf. Contra

Fuente: Elaboración propia

En esta pantalla el recepcionista podrá registrar a los pacientes en el consorcio de clínicas para que pueden ser atendidas y tener una única historia clínica.

- **Médico**

Pantalla de Inicio de Sesión

Figura 13. Pantalla inicio de sesión médico

SELECCIONE UNA CLÍNICA

Clínica

INGRESAR

INICIAR SESIÓN

Código

Contraseña

INGRESAR

Fuente: Elaboración propia

La pantalla de Inicio de sesión del médico es la misma que la del recepcionista. En donde el médico debe seleccionar la clínica a la que pertenece e ingresar las credenciales.

Pantalla de lista de pacientes atendidos

Figura 14. Pantalla de Lista de pacientes atendidos por medico

LISTA DE PACIENTES DE PACIENTES ATENTIDOS

DNI

DNI	Nombres	Apellidos	Sexo	Tratar HC

Fuente: Elaboración propia

En esta pantalla se mostrará después de iniciar sesión el médico en donde estará la lista de pacientes atendidos por él, por lo tanto, se listan a los pacientes con sus datos y la opción de tratar sus historias clínicas.

Pantalla de Creación de historia clínica.

Figura 15. Pantalla de Creación de historia clínica

El formulario, titulado "CREACIÓN DE HISTORIAS CLÍNICAS", está dividido en tres secciones principales. La primera, "Datos de Filiación:", contiene campos para DNI, Nombres, Apellidos, Teléfono, Dirección y Correo. La segunda, "Antecedentes previos:", incluye campos para Antecedentes, Exámenes, Diagnóstico y Tratamientos. La tercera sección, "Antecedentes:", tiene un campo de texto grande. Debajo de este, la sección "Exámenes:" también tiene un campo de texto grande. En la parte inferior del formulario, hay un botón etiquetado "CREAR".

Fuente: Elaboración propia

En esta pantalla en médico podrá crear una única historia clínica por paciente la cual se compone en 4 partes. En primer lugar, los datos de filiación son los datos del paciente que registro el recepcionista. Los antecedentes es la parte de la historia clínica que indica los antecedentes registrados por otro médico si fuese el caso. Antecedentes es la parte de la entrevista del médico con el paciente. Exámenes es la parte que el médico recomienda un examen o sube información de este. Diagnóstico van los tipos de diagnóstico que realiza el médico basándose en toda la información presentada anteriormente. Y por último el tratamiento, que es la parte de la historia clínica que el paciente debe seguir en su día a día.

- **Paciente**

Pantalla de historia clínica

Figura 16. Pantalla de historia clínica

HISTORIA CLÍNICA

Información personal:

DNI	<input type="text"/>	Nombres	<input type="text"/>
Apellidos	<input type="text"/>	Teléfono	<input type="text"/>
Dirección	<input type="text"/>	Correo	<input type="text"/>

Historia clínica:

	Fecha dd/mm/aaaa	Médico ABC	Clínica XYZ
Antecedentes	<input type="text"/>		
Exámenes	<input type="text"/>		
Diagnóstico	<input type="text"/>		
Tratamientos	<input type="text"/>		

	Fecha dd/mm/aaaa	Médico ABC	Clínica XYZ
Antecedentes	<input type="text"/>		
Exámenes	<input type="text"/>		
Diagnóstico	<input type="text"/>		
Tratamientos	<input type="text"/>		

Fuente: Elaboración propia

En esta pantalla el paciente podrá ver toda su historia clínica a través del tiempo, como esta ha ido sumando información en las clínicas del consorcio y médicos tratantes.

5 RESULTADOS DEL PROYECTO

En el presente capítulo se detalla la implementación de la solución basada en el modelo, así como el caso de estudio y casos de prueba, prueba de concepto, para validar el modelo y la solución respectivamente. También, se exponen el Plan de Costos y Plan de Continuidad del proyecto.

5.1 Implementación de la Solución

5.1.1 Despliegue y configuración de blockchain

En primer lugar, se instancia Hyperledger Fabric en su versión 1.4 mediante el proveedor de nube IBM con IBM Blockchain Platform 2.0. Los componentes de blockchain son administrados en un gestor de contenedores, ya que Hyperledger Fabric es desplegado mediante imágenes.

Después de instanciar el servicio de blockchain se procede a crear la primera entidad emisora de certificados (CA) para la primera organización que es una entidad de salud mediante la consola del servicio. Un CA es el nodo que emite certificados a todos los miembros de las organizaciones en la red, por cada organización de la red se instancia un CA. Dentro del CA para la organización 1 se registra a un administrador de este y una entidad por peer que se necesita, se registran 3 identidades para peers.

El siguiente paso se crea una organización utilizando el CA para la organización 1 mediante el administrador que está registrado en el CA para que pueda realizar transacciones con otras organizaciones. Luego, se crea el primer peer para la organización creada con la identidad peer creada en el CA y vinculando la organización a la que pertenece. Un peer es una representación lógica de una organización que posee una copia del ledger mayor de toda la red, estos peers se despliegan con CouchDB como base de datos. Este ejercicio se realiza dos veces más para tener 3 peers por organización. A todo lo presentado lo llamaremos configuración de organización.

A continuación, se procede a instanciar un CA para el Orderer, el Orderer es el encargado de ordenar los bloques de las transacciones que se envían a los pares de las organizaciones para que los incluyan en sus copias del ledger mayor y formen parte de la red de blockchain. Se registra a un administrador y una identidad en el CA para el Orderer. Se realiza la creación de una organización independiente utilizando el CA para el Orderer con el administrador creado en el paso anterior. Luego, se procede a crear el Orderer con la identidad peer creada en el CA y la organización de este. Solo se puede tener un Orderer por consorcio en la red, la arquitectura 1 tiene un único consorcio de entidades de salud. Luego, se realiza tres configuraciones más de organizaciones, porque es el escenario con el que se realizará la prueba de concepto. Dentro del Orderer se registran a las organizaciones que participan en el consorcio, se registran las 3 organizaciones creadas.

Como último paso se crea un canal privado en la red en donde se realizan las transacciones entre las organizaciones, se registran los 9 peers de todas estas en el canal. Dentro del canal se instala el smart contract en cada uno de los peers en donde están las funcionalidades de creación de registro médico y consulta del registro médico. Para el smart contract instalado en los peers se instancia para obtener un archivo de conexión en formato JSON.

Figura 17. Configuración de instancia blockchain

Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Implementación del smart contract

En paralelo a la configuración se necesita desarrollar el smart contract en donde está toda la lógica de negocio, en este caso las políticas para la gestión de la historia clínica, en donde garantiza la confidencialidad de la información al tener funcionalidades para cada tipo de usuario en la red, recepcionistas, médicos y pacientes. Este smart contract está implementado en JavaScript con las dependencias de Hyperledger Fabric en una clase llamada “MyContract”.

Figura 18. Clase ‘MyContract’ del Smart-contract en JavaScript NodeJS

```
/*
 * SPDX-License-Identifier: Apache-2.0
 */

'use strict';
const { Contract } = require('fabric-contract-api');
const ClientIdentity = require('fabric-shim').ClientIdentity;

class MyContract extends Contract {

  async instantiate(ctx) {
    console.info('instantiate');
  }
}
```

Fuente: Elaboración propia

Las funcionalidades implementadas en el smart contract están basados en los requisitos presentados anteriormente. Para el inicio de sesión se tienen dos funcionalidades para Staff de las clínicas (administradores, recepcionistas y médicos) y para los pacientes.

Figura 19. Funciones de inicio de sesión para el staff médico y pacientes

```
async inicioSesionByStaff(ctx, data) {
  const dataJson = JSON.parse(data);
  var userData = await ctx.stub.getState(dataJson.codigo);
  if (!userData || userData.length === 0) {
    throw new Error('SC: El personal médico con el código ${dataJson.codigo} no está registrado');
  }

  const userDataJson = JSON.parse(userData.toString());
  if (dataJson.codigo === userDataJson.codigo && dataJson.pwd === userDataJson.pwd && (userDataJson.rol === 'recepcionista' || userDataJson.rol === 'medico')) {
    return userDataJson;
  }
  else {
    throw Error('SC: Las credenciales ingresadas son erróneas');
  }
}

async inicioSesionByPaciente(ctx, data) {
  const dataJson = JSON.parse(data);
  var userData = await ctx.stub.getState(dataJson.dni);
  if (!userData || userData.length === 0) {
    throw new Error('SC: ${dataJson.dni} no está registrado');
  }

  const userDataJson = JSON.parse(userData.toString());
  if (dataJson.rol === userDataJson.rol && dataJson.dni === userDataJson.dni && dataJson.pwd === userDataJson.pwd) {
    return userDataJson;
  }
  else {
    throw Error('SC: Las credenciales ingresadas del paciente son erróneas');
  }
}
```

Fuente: Elaboración propia

Para los administradores se implementó la única funcionalidad que tienen para la prueba de concepto la cual es registrar a los recepcionistas y médicos dentro del consorcio de clínicas con la funcionalidad putState de la dependencia de “fabric-contract-api”.

Figura 20. Función registrar personal por administrador del sistema

```
async registrarPersonalByAdmin(ctx, data) {
  const dataJson = JSON.parse(data);
  await ctx.stub.putState(dataJson.codigo, Buffer.from(data));
}
```

Fuente: Elaboración propia

Para los recepcionistas se tiene la primera funcionalidad de listar pacientes del consorcio de clínicas, buscándolos por DNI ya que son los únicos tipos de usuarios que se registran con ese tipo de ID.

Figura 21. Función listar pacientes por DNI para recepcionista

```
async listarPacientesByRecepcionista(ctx) {
  let cid = new ClientIdentity(ctx.stub);
  if (cid.assertAttributeValue('rol', 'recepcionista')) {
    const startKey = '00000001';
    const endKey = '99999999';

    const iterator = await ctx.stub.getStateByRange(startKey, endKey);

    const allResults = [];
    while (true) {
      const res = await iterator.next();

      if (res.value && res.value.value.toString()) {
        console.log(res.value.value.toString('utf8'));

        const Key = res.value.key;
        let Record;
        const evaluate = JSON.parse(res.value.value.toString('utf8'));
        if (evaluate.rol === 'paciente') {
          Record = JSON.parse(res.value.value.toString('utf8'));
          if (evaluate.historiaclinica) {
            Record.historiaclinica = true;
          }
          else {
            Record.historiaclinica = false;
          }
          delete Record.pwd;
          allResults.push([Key, Record]);
        }
      }
      if (res.done) {
        console.log('end of data');
        await iterator.close();
        console.info(allResults);
        return allResults;
      }
    }
  }
  else {
    throw Error('SC: Solo los Recepcionistas pueden listar a los Pacientes.');
```

Fuente: Elaboración propia

Y la funcionalidad de registrar pacientes en la red de clínicas, con la característica de sumar confidencialidad en los datos, se valida que solo el recepcionista sea quien realiza la función.

Figura 22. Función registrar paciente por recepcionista

```
async registrarPacienteByRecepcionista(ctx, data) {
  let cid = new ClientIdentity(ctx.stub);
  if (cid.assertAttributeValue('rol', 'recepcionista')) {
    const dataJson = JSON.parse(data);
    const dataConsult = await ctx.stub.getState(dataJson.dni);
    if (!dataConsult || dataConsult.length === 0) {
      await ctx.stub.putState(dataJson.dni, Buffer.from(data));
    }
    else {
      throw Error('SC: El paciente ya ha sido registrado anteriormente.');
```

Fuente: Elaboración propia

Para las funcionalidades del médico se tiene la creación de la historia clínica mediante otra función que es la de obtener los datos del paciente (datos de filiación). En esta función se valida que el tipo de usuario que llama a la misma y se valida que el paciente no posee una historia clínica registrada anteriormente.

Figura 23. Función crear historia clínica por médico

```
async crearHistoriaClinicaByMedico(ctx, data) {
  let cid = new ClientIdentity(ctx.stub);
  if (cid.assertAttributeValue('rol', 'medico')) {
    const newDataPaciente = JSON.parse(data);
    const dataPaciente = await ctx.stub.getState(newDataPaciente.dni);
    if (!dataPaciente || dataPaciente.length === 0) {
      throw new Error('SC: ${newDataPaciente.dni} no existe');
```

Fuente: Elaboración propia

El médico también podrá listar a los pacientes que han sido atendidos por él y por ende le ha dado permiso para el tratamiento de su historia clínica.

Figura 24. Función listar pacientes atendidos por médico

```
async listarPacientesByMedico(ctx) {
  let cid = new ClientIdentity(ctx.stub);
  if (cid.assertAttributeValue('rol', 'medico')) {
    const startKey = '00000001';
    const endKey = '99999999';

    const iterator = await ctx.stub.getStateByRange(startKey, endKey);

    const allResults = [];
    while (true) {
      const res = await iterator.next();

      if (res.value && res.value.value.toString()) {
        console.log(res.value.value.toString('utf8'));

        const Key = res.value.key;
        let Record;
        const evaluate = JSON.parse(res.value.value.toString('utf8'));
        if (evaluate.rol === 'paciente') {
          if (evaluate.historiaclinica && evaluate.historiaclinica.length > 0) {
            Record = JSON.parse(res.value.value.toString('utf8'));
            delete Record.pwd;
            allResults.push({ Key, Record });
          }
        }
      }
      if (res.done) {
        console.log('end of data');
        await iterator.close();
        console.info(allResults);
        return allResults;
      }
    }
  }
  else {
    throw Error('SC: Solo los Recepcionistas pueden listar a los Pacientes.');
```

Fuente: Elaboración propia

El médico también tiene la funcionalidad de seguir subiendo información de la historia clínica de un paciente ya sea porque le creo la historia clínica a un paciente anteriormente o lo puede solicitar.

Figura 25. Función subir historia clínica del paciente por médico

```
async subirHistoriaClinicaByMedico(ctx, data) {
  let cid = new ClientIdentity(ctx.stub);
  if (cid.assertAttributeValue('rol', 'medico')) {
    const newDataPaciente = JSON.parse(data);
    const dataPaciente = await ctx.stub.getState(newDataPaciente.dni);
    if (!dataPaciente || dataPaciente.length === 0) {
      throw new Error('SC: ${newDataPaciente.dni} no existe');
    }

    var dataPacienteJson = JSON.parse(dataPaciente.toString());

    if (dataPacienteJson.historiaclinica && dataPacienteJson.historiaclinica.length > 0) {
      if (newDataPaciente.dni === dataPacienteJson.dni && newDataPaciente.pwd === dataPacienteJson.pwd && newDataPaciente.historiaclinica) {
        newDataPaciente.historiaclinica.medico = newDataPaciente.id;
        const historiaclinicaJson = newDataPaciente.historiaclinica;
        const arrayHC = dataPacienteJson.historiaclinica;
        arrayHC.push(historiaclinicaJson);
        dataPacienteJson.historiaclinica = arrayHC;
        await ctx.stub.putState(dataPacienteJson.dni, Buffer.from(JSON.stringify(dataPacienteJson)));
      } else {
        throw Error('SC: Contraseña errónea');
      }
    } else {
      throw Error('SC: Primero cree una Historia Clínica');
    }
  } else {
    throw Error('SC: Solo los Médicos pueden crear Historias Clínicas.');
```

Fuente: Elaboración propia

En el párrafo anterior se mencionó que el médico tiene la funcionalidad de solicitar la historia clínica de un paciente que ha sido tratado por otro para poder tratarla.

Figura 26. Función solicitar historia clínica del paciente por médico

```
async solicitarHistoriaClinicaByMedico(ctx, data) {
  let cid = new ClientIdentity(ctx.stub);
  if (cid.assertAttributeValue('rol', 'medico')) {
    const dataJson = JSON.parse(data);
    var userData = await ctx.stub.getState(dataJson.dni);
    if (!userData || userData.length === 0) {
      throw new Error('SC: ${dataJson.dni} no está registrado');
    }

    const userDataJson = JSON.parse(userData.toString());
    if (dataJson.dni === userDataJson.dni && dataJson.pwd === userDataJson.pwd && userDataJson.rol === 'paciente') {
      const arrayHC = userDataJson.historiaclinica;
      if(arrayHC && arrayHC.length > 0){
        arrayHC.forEach(element => {
          if (element.medico === dataJson.id) {
            throw Error('SC: Ya tiene permisos para tratar la Historia Clínica del paciente ${dataJson.dni}');
          }
        });
        delete userDataJson.pwd;
        return userDataJson;
      } else {
        throw Error('SC: El paciente no tiene Historia Clínica asociada.');
```

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que para la creación, solicitud y tratamiento de las historias clínicas los médicos solicitan que los pacientes ingresen su contraseña de la red para poder autorizar a los médicos.

5.1.3 Implementación del backend

El desarrollo de este sistema se realizó utilizando la metodología de 12 factores que está basada en buenas prácticas para desarrollar aplicaciones de nativas de nube. Esto ayuda a que la aplicación que se construya sea capaz de cambiar de configuraciones de servicios como credenciales o endpoints sin necesidad de detener los servicios. Garantiza también la portabilidad de aplicaciones y despliegue utilizando capacidades de DevOps.

De las funcionalidades descritas anteriormente en el smart contract que está instanciado en cada peer de las organizaciones del consorcio de clínicas, se construyen las funcionalidades para la capa de acceso a datos. Las funcionalidades desarrolladas son las mismas que en el smart contract con la diferencia de que éstas consumen las funcionalidades de este a través del SDK de Hyperledger Fabric en JavaScript Node.JS y el archivo de conexión que se obtiene luego de configurar toda la capa Blockchain.

Las funciones utilizadas del SDK son “enroll” para obtener los certificados de la entidad en realizar transacciones o consultas, “invoke” para realizar transacciones que estén definidas en el smart contract instanciado en el canal del consorcio como crear registro médico, “register” para registrar una nueva entidad (repcionistas, médicos y pacientes) en una organización con ciertos privilegios y “query” para realizar consultas de la funcionalidad de consulta de registro médico que está en el smart contract.

Cada una de estas funcionalidades pueden ser consumidas a través de solicitudes HTTP mediante API.

Figura 27. Funciones que exponen las rutas del sistema web por funcionalidades

```
'use strict'
const express = require('express');
const router = express.Router();
const status = require('http-status');

module.exports = (app, services) => {
  router.post('/admin/login', async (req, res) => { // Login Administrador
    try {
      let login = await services.loginByAdmin(req.body.id, req.body.pwd);
      res.status(status.OK).jsonp(login);
    } catch (error) {
      const err = { success: false, error: true, msg: error };
      res.status(status.OK).jsonp(err);
    }
  });

  router.post('/admin/registrar/staff', async (req, res) => { // Registrar personal By Administrador
    try {
      let registro = await services.registrarPersonalByAdmin(req.body);
      res.status(status.OK).jsonp(registro);
    } catch (error) {
      const err = { success: false, error: true, msg: error };
      res.status(status.OK).jsonp(err);
    }
  });

  router.post('/staff/login', async (req, res) => {
    try {
      let login = await services.loginByStaff(req.body);
      res.status(status.OK).jsonp(login);
    } catch (error) {
      const err = { success: false, error: true, msg: error };
      res.status(status.OK).jsonp(err);
    }
  });

  router.post('/recep/registrar/paciente', async (req, res) => {
    try {
      let registro = await services.registrarPacienteByRecepcionista(req.body);
      res.status(status.OK).jsonp(registro);
    } catch (error) {
      const err = { success: false, error: true, msg: error };
      res.status(status.OK).jsonp(err);
    }
  });

  router.get('/recep/listar/pacientes/:id', async (req, res) => {
    try {
      const id = req.params.id;
      let registro = await services.listarPacientesByRecepcionista(id);
    }
  });
};
```

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizadas las pruebas unitarias para cada funcionalidad, se crea una imagen docker para cada una de las clínicas y una con las funcionalidades de los pacientes.

Figura 28. Imágenes docker del backend para las entidades privadas de salud y pacientes

REPOSITORY	TAG	IMAGE ID	CREATED	SIZE
registry.ng.bluemix.net/namespace-rfn/front-admin-prd	1	1a5618c65c24	14 hours ago	981MB
registry.ng.bluemix.net/namespace-rfn/back-paciente	1	fc3ff1617945	15 hours ago	966MB
registry.ng.bluemix.net/namespace-rfn/back-clinic3	1	d48d172efc65	15 hours ago	966MB
registry.ng.bluemix.net/namespace-rfn/back-clinic2	1	bc671326a973	15 hours ago	966MB
registry.ng.bluemix.net/namespace-rfn/back-clinic1	1	5b1d01e1a214	15 hours ago	966MB
node	carbon	a5c31320f223	4 weeks ago	895MB

Fuente: Elaboración propia

5.1.4 Implementación del front-end

La capa de presentación está hecha en React.JS en donde están las interfaces para cada tipo de usuario del sistema web. Las interfaces están basadas en los Mockups de baja fidelidad presentados anteriormente. Cada interfaz consume las funcionalidades respectivas de la capa de acceso a datos mediante las API.

- **Pantalla de administrador**

Figura 29. Vista de inicio de sesión para el administrador del sistema

The mockup shows a login form titled "Iniciar sesión" for an "Administrador". It contains three input fields: "Clínica" (a dropdown menu with the placeholder "Seleccionar clínica ..."), "Código" (a text input with the placeholder "Código ..."), and "Contraseña" (a password input with the placeholder "Contraseña ..."). Below these fields is a blue "Ingresar" button.

Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Vista de registros de personal médico

The mockup shows a registration form titled "Registro de Personal Médico". At the top, it indicates "Clínica 1" and "Administrador" on the left, and a user profile "adminclinic1" with a logout icon on the right. The form is divided into two columns of input fields: "Rol" (dropdown), "Nombres" (text), "Teléfono" (text), "Fecha de Nacimiento" (text with format "dd/mm/aaaa"), "Contraseña" (password), "DNI" (text), "Apellidos" (text), "Correo" (text), "Sexo" (dropdown), and "Confirmar contraseña" (password). A blue "Registrar" button is located at the bottom right of the form.

Fuente: Elaboración propia

- Pantalla de recepcionista

Figura 31. Vista de inicio de sesión del recepcionista

Iniciar sesión

Personal Médico

Código

Código ...

Contraseña

Contraseña ...

Ingresar

Fuente: Elaboración propia

Figura 32. Vista de lista de pacientes para el recepcionista

Clinica 1Recepcionista

recep-47855192

Lista de Pacientes

Registrar Paciente

17612472

Buscar

DNI	Nombres	Apellidos	Sexo	Historia Clínica
17612472	Jose	Cerda Soto	M	✓
19554442	Gloria	Palomino Flores	F	✓
24897623	Isabel	Raposo Asensio	F	✓
34356293	Ivan Julio	Dura Barrios	M	✓
39200021	Isabel	Baber Yanes	F	✓
40996877	Amparo Maria	Bolaños Requena	F	✓
41568381	Jose Luis	Lorite Tamayo	M	✓
41595557	Adrian Juan	Rosas Arnedo	M	✓
58051216	Alberto	Novoa Agudo	M	✓
60761338	María Rosa	Quintero Cortell	F	✓

Fuente: Elaboración propia

- Pantalla de médico

Figura 33. Vista de inicio de sesión del médico

Formulario de inicio de sesión para Personal Médico. El formulario está encerrado en un recuadro con un fondo gris claro. En la parte superior, el título "Iniciar sesión" está en negrita, con "Personal Médico" debajo en un tamaño de fuente menor. Hay dos campos de entrada de texto: "Código ..." y "Contraseña ...". Debajo de estos campos hay un botón rectangular con un gradiente de color que va de azul a morado y el texto "Ingresar" en blanco.

Fuente: Elaboración propia

Figura 34. Vista de historia clínica del paciente para el médico

Interfaz de usuario para la historia clínica del paciente. En la parte superior, hay una barra de navegación con "Clínica 1" y "Medico" a la izquierda, y un usuario "medico-62489074" con un icono de perfil y una flecha de salida a la derecha. El contenido principal está dividido en tres secciones numeradas: 1. "Filiación" con un campo de búsqueda "Buscar por DNI ..." y un botón "Buscar". 2. "Antecedentes" con un menú desplegable "Seleccionar tipo de Antecedente..." y un botón "Añadir". 3. "Consulta" con tres campos de texto etiquetados como "Síntomas", "Exámenes" y "Diagnóstico".

Fuente: Elaboración propia

- Pantalla de paciente

Figura 35. Vista de inicio de sesión del paciente

El formulario de inicio de sesión para el paciente está titulado "Iniciar sesión" y "Paciente". Contiene dos campos de entrada: "DNI" y "Contraseña", ambos con marcadores de posición "...". Debajo de estos campos hay un botón azul con el texto "Ingresar".

Fuente: Elaboración propia

Figura 36. Vista de historia clínica por paciente

La interfaz de la historia clínica muestra la información personal y los datos médicos de un paciente. En la parte superior, se indica "Clínica Paciente" y el DNI "24897623".

Información Personal

DNI: 24897623	Nombres: Isabel	Apellidos: Raposo Asensio
Dirección: Av. Javier Prado 3021 - La Victoria	Teléfono: 935471643	Correo: isabel.rap@hotmail.com

Historia Clínica

4/6/2019 | medico-62489074 | [Cardiología](#)

Antecedentes:

Herencia - Familiares	Madre con obesidad. Padre con diabetes.
Andrológicos o Ginecoobstétricos	Dos hijos de parto natural sin ninguna complicación. A los 39 años se ligo las trompas.

Síntomas: Muchas sed, visión borrosa y cansancio.

Exámenes: Realizar prueba A1C para descartar diabetes.

Diagnóstico: Posible diabetes de primer grado, se necesita descartar por especialista. Se recomienda visita al ginecólogo para Papanicolaou.

Tratamiento: Dieta balanceada baja en azúcar y grasas.

4/6/2019 | medico-69024860 | [Endocrinología](#)

Fuente: Elaboración propia

5.1.5 Despliegue de la solución en nube

Una vez que se tienen las imágenes del backend de cada clínica y para los pacientes, se procede a subir las imágenes en un repositorio en la nube de ellas en donde son analizadas a nivel de librerías para analizar vulnerabilidades.

Figura 37. Imágenes docker en repositorio privado seguro en nube

```
MacBook-Pro-de-Rajhut:~ rajhut$ ibmcloud cr images --restrict namespace-rfn
Listing images...
```

REPOSITORY	TAG	DIGEST	NAMESPACE	CREATED	SIZE
us.icr.io/namespace-rfn/back-clinic1	1	455667740841	namespace-rfn	15 hours ago	372 MB
us.icr.io/namespace-rfn/back-clinic2	1	00ad5a10b372	namespace-rfn	15 hours ago	372 MB
us.icr.io/namespace-rfn/back-clinic3	1	9531261034d9	namespace-rfn	15 hours ago	372 MB
us.icr.io/namespace-rfn/back-paciente	1	1d13faeda3d5	namespace-rfn	15 hours ago	372 MB
us.icr.io/namespace-rfn/front-admin-prd	1	d5f7b7dd3da4	namespace-rfn	14 hours ago	377 MB

```
OK
```

Fuente: Elaboración propia

Después de haber subido exitosamente las imágenes al repositorio hay que vincularlas al servicio de orquestación de contenedores, Kubernetes. Esto es posible mediante un archivo de configuración con extensión YAML en donde se le indica a Kubernetes que hacer con las imágenes subidas anteriormente. En este archivo primero se indica que genere un “deployment” para generar un contenedor a partir de la imagen creada para cada clínica y paciente. Una vez obtener el contenedor que en Kubernetes se llama pod, se procede a exponer ese pod como un servicio mediante la petición “service” en el archivo YAML.

Figura 38. Archivo YAML para el despliegue de la imagen docker en kubernetes

```
apiVersion: extensions/v1beta1
kind: Deployment
metadata:
  labels:
    app: back-clinic1
    name: back-clinic1
spec:
  replicas: 1
  selector:
    matchLabels:
      name: back-clinic1
  template:
    metadata:
      creationTimestamp: null
      labels:
        name: back-clinic1
    spec:
      containers:
        - image: registry.ng.bluemix.net/namespace-rfn/back-clinic1:1
          name: back-clinic1
          ports:
            - containerPort: 6001
              protocol: TCP
          restartPolicy: Always
```

Fuente: Elaboración propia

Figura 39. Archivo YAML para la exposición como servicio del pod en kubernetes

```
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  labels:
    app: back-clinic1
    name: back-clinic1
    namespace: default
spec:
  type: NodePort
  ports:
    - name: port-1
      port: 6001
      protocol: TCP
      targetPort: 6001
  selector:
    name: back-clinic1
```

Fuente: Elaboración propia

Del proceso anterior hay que obtener el puerto donde han sido expuestas como servicio, para que de esta manera escribir el endpoint de las APIs respectivas a consumir para el front-end.

Luego, se procede a crear las imágenes respectivas mediante un archivo de configuración para imágenes docker, para la capa de frontend, lo que permite que la solución sea portable y de rápido despliegue.

Figura 40. Archivo Dockerfile para la creación de la imagen docker para el front-end

```
FROM node:carbon
# Create app directory
WORKDIR /usr/src/app

CMD [ "npm", "start" ]

# Install app dependencies
# A wildcard is used to ensure both package.json AND package-lock.json are copied
# where available (npm@5+)
COPY package*.json ./

RUN npm install

# If you are building your code for production
# RUN npm install --only=production

# Bundle app source
COPY . .

EXPOSE 3000
```

Fuente: Elaboración propia

Y se realiza nuevamente los pasos de subir las imágenes del front-end al repositorio en la nube y exponerlos en el servicio de Kubernetes mediante un archivo YAML para el “deployment” y el “service”.

5.2 Caso de Estudio

El modelo tecnológico y el sistema web para la gestión de historias clínicas entre entidades privadas de Salud fueron presentados al Director del Centro Médico Naval y Jefe de Departamento de Medicina. De donde se obtuvieron lineamientos a nivel de estándares médicos de la estructura de las historias clínicas y datos de historias clínicas para el estudio médico (data set). También, se corroboró que la indisponibilidad de las historias clínicas de los pacientes es de aproximadamente 38%. Además, se obtuvieron las siguientes informaciones para los casos de prueba de la prueba de concepto:

- Número de historias clínicas: 20
- Clasificación de edad de pacientes: Adultos
- Edad de los pacientes: 30-59 (MINSA)
- Número de clínicas: 3
- Usuarios: Médico, Paciente, Recepcionista/Enfermera

Por otro lado, se presentó el modelo tecnológico y la arquitectura del sistema web para la gestión de historias clínicas entre entidades privadas de Salud a 3 profesionales y expertos en blockchain y cloud computing. De donde se obtuvieron los siguientes lineamientos para nuestros escenarios y casos de prueba para la validación:

- La disponibilidad de blockchain no recae directamente sobre el proveedor, si no que depende mucho de las decisiones de arquitectura como el diseño “N+1” a nivel de nodos de la red.
- La confidencialidad de blockchain depende mucho del algoritmo y configuración del consenso dentro de los participantes de la red.
- La capa de cliente (front-end) la mayoría de las veces es la principal causa de vulnerabilidades que permiten la alteración y consumo de los datos, realizar pruebas de caja blanca automatizadas.
- Realizar prueba de consumo de API publicadas por el sistema para obtener la información directamente sin autenticación previa para validar la confidencialidad.

- No es posible garantizar el cien por ciento de la seguridad de la información de los sistemas, pero existen formas de asegurar la información cercanas a lo ideal.

5.3 Casos de Prueba

En base a lo presentado anteriormente con las recomendaciones de los expertos para los escenarios de validación del sistema web basado en el modelo tecnológico para la gestión de la historia clínica entre entidades privadas de Salud se realizó una Prueba de Concepto (PoC), con los siguientes casos:

- Caso de prueba N°1: Integridad de las historias clínicas.
- Caso de prueba N°2: Confidencialidad de las historias clínicas.
- Caso de prueba N°3: Disponibilidad de las historias clínicas.

En esta Prueba de Concepto es representada mediante tres entidades privadas de Salud, con un médico y un recepcionista, cada uno comparte información a través de la red blockchain en el sistema web basada en el modelo tecnológico. Cabe resaltar, que la red de cadena de bloques está configurada con tres organizaciones con 3 peers cada una. En donde se simulará información de 20 historias clínicas de pacientes adultos (30 a 59 años según el MINSA) de nacionalidad peruana, donde se refleja el flujo de este activo a lo largo los procesos relacionados en cada caso de prueba. El permiso que otorgará el paciente al médico es del tratamiento y estudio de su historia clínica. De esta manera se comprobará la correcta funcionalidad del sistema web cumpliendo con los objetivos definidos para esta Prueba de Concepto.

Se definen los siguientes factores de éxito:

Tabla 15. Factores de éxito por casos de prueba de la PoC

Caso de prueba	Factor de Éxito
Caso de prueba N° 1	Utilizar el sistema web y la red de cadena de bloques para validar el 99% de la integridad de los datos en las historias clínicas de los pacientes como mínimo.
Caso de Prueba N° 2	Utilizar el sistema web basado en el modelo tecnológico para validar el 99% de la confidencialidad de las historias clínicas de los pacientes como mínimo.
Caso de Prueba N° 3	Utilizar el sistema web basado en el modelo tecnológico para validar que el 95% de la información de las historias clínicas de los pacientes estén disponibles como mínimo.

Fuente: Elaboración propia

5.3.1 Caso de prueba N° 1

En este caso de prueba se valida que los datos ingresados en las historias clínicas de los pacientes por parte de los médicos sean un 99% íntegras como mínimo. Es decir, que esté la cantidad de datos correcta registrada en el tiempo para robustecer la toma de decisiones médicas y favorecer al paciente.

Los procesos involucrados en este caso de prueba se encuentran en la sección de diseño de modelado de procesos.

Para llevar a cabo este caso se realizaron pruebas de caja blanca a los formularios de creación y tratamiento de la historia clínica realizadas por la empresa virtual Software Factory. A continuación, los casos de uso que se utilizaron para la prueba.

Tabla 16. Caso de uso: Crear historia clínica por médico

STHR04	Crear historia clínica	
Objetivos asociados	Crear historia clínica única de un paciente por el médico	
Requisitos asociados	Datos del paciente obtenidos por la entrevista con el médico.	
Descripción	Se deberá permitir la creación de una única historia clínica de una paciente.	
Precondición	El médico debe haber iniciado previamente la sesión (<i>medico-08913247</i>). Dar clic en el botón ‘Crear Historia Clínica’.	
Datos de Prueba	<ul style="list-style-type: none">• <i>DNI: 76390126</i>• <i>Antecedentes: Herencia-Familiares: Abuelo paterno y abuela materna con Diabetes.</i>• <i>Síntomas: Fatiga, cansancio por las mañanas, falta de vitalidad, sueño y mucha sed. Aumento de apetito en desayuno, almuerzo y cena. Siente que su visión disminuye. Tos seca.</i>• <i>Exámenes: Prueba A1C.</i>• <i>Diagnóstico: Sindromático: Posible diabetes de primer grado, se necesita descarte por especialista.</i>• <i>Tratamiento: Dieta balanceada baja en azúcar. Realizar actividad física para fortalecer los grandes grupos musculares.</i>	
Secuencia	Paso	Acción

Normal	1	El médico ingresa el DNI del paciente para la filiación de la historia clínica da clic en el botón ‘Buscar’.
	2	El médico ingresa los antecedentes del paciente, obtiene los datos a través de la entrevista.
	3	El médico ingresa los síntomas del paciente.
	4	El médico ingresa el examen que necesita para que se determine la enfermedad del paciente.
	5	El médico ingresa el diagnóstico del paciente.
	6	El médico ingresa el tratamiento del paciente correspondiente con el diagnóstico.
	7	Se da clic en el botón ‘Crear’.
	8	El paciente debe ingresar su contraseña para validar la autorización de la creación de su HC por el médico.
	9	Clic en el botón ‘Aceptar’.
Postcondición	-	
Excepciones	Paso	Acción
	1	Si el DNI del paciente es incorrecto se podrá intentar ingresar nuevamente buscar nuevamente.
	9	Si las credenciales son incorrectas se mostrará un mensaje de Error al ingresar.
Rendimiento	Paso	Cuota de tiempo
	1-9	10 minuto
Frecuencia esperada	20 veces/día	
Resultado Esperado	Mensaje de éxito ‘Historia clínica creada correctamente’ y se visualizará la lista de pacientes atendidos por dicho médico.	
Observaciones		
Iteración		
Resultados		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Caso de uso: Tratar historia clínica del paciente por médico

STHR06	Trata historia clínica del paciente	
Objetivos asociados	Trata la historia clínica de un paciente atendido anteriormente por el médico.	
Requisitos asociados	DNI del paciente a listar a tratar historia clínica.	
Descripción	Se deberá permitir tratar la historia clínica del paciente mediante su DNI.	
Precondición	El médico debe haber iniciado previamente la sesión (<i>medico-63955671</i>), encontrar al paciente y dar clic en la acción ‘Tratar historia clínica’.	
Datos de Prueba	<ul style="list-style-type: none"> • <i>DNI: 76390126</i> • <i>Contraseña: cago108e</i> • <i>Antecedentes: Heredo-Familiares: Abuelo paterno y abuela materna con Diabetes.</i> • <i>Síntomas: Mucha sed.</i> • <i>Exámenes: Prueba A1C: Resultados: 5.8 mg/dL.</i> • <i>Diagnóstico: Sindromático: Tos curada.</i> • <i>Tratamiento: Ejercicios y acudir a las citas con el endocrinólogo.</i> 	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	Buscar al paciente a tratar mediante el DNI (8 dígitos) y clic en ‘Buscar’
	2	Dar clic en el enlace ‘Tratar historia clínica’ del paciente encontrado.
	3	El médico ingresa los antecedentes del paciente, obtiene los datos a través de la entrevista.
	4	El médico ingresa los síntomas del paciente.
	5	El médico ingresa el examen que necesita para que se determine la enfermedad del paciente.
	6	El médico ingresa el diagnóstico del paciente.
	7	El médico ingresa el tratamiento del paciente correspondiente con el diagnóstico.
	8	Se da clic en el botón ‘Subir.

	9	El paciente debe ingresar su contraseña para validar la autorización de la creación de su HC por el médico.
	10	Clic en el botón 'Aceptar.
Postcondición	-	
Excepciones	Paso	Acción
	10	Si el DNI del paciente es incorrecto se podrá intentar ingresar nuevamente buscar nuevamente.
	10	Si las credenciales son incorrectas se mostrará un mensaje de Error al ingresar.
Rendimiento	Paso	Cuota de tiempo
	1-10	20 minutos
Frecuencia esperada	20 veces/día	
Resultado Esperado	Mensaje de éxito 'Historia clínica tratada correctamente'. Listar al paciente atendido por el médico.	
Observaciones		
Iteración		
Resultados		

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran los logs obtenidos por el servicio de Kubernetes donde están expuesto los pods del sistema web como servicio, donde se observan el recuento de los caracteres por cada componente de la historia clínica, desarrollado para el escenario de validación.

Figura 41. Registros del sistema web en Kubernetes

```
> node src/index.js

=====
Correctly deployed!
=====
Server starting on http://localhost:6001
Wallet path: /usr/src/app/wallet
2019-06-28T20:46:48.639Z - info: [TransactionEventHandler]: _strategySuccess:
strategy success for transaction "fcef84825bc7248bf8e8100c97cdd8cd13339abab1
765ff63c4c35982441a157"
=> Transaction has been submitted!

CARACTERES DE INGRESO POR LA SOLUCIÓN A BLOCKCHAIN:
Historia Clínica del Paciente: 65710408
Clínica: 01
  Antecedentes: 165 caract.
  Síntomas: 115 caract.
  Exámenes: 34 caract.
  Diagnóstico: 72 caract.
  Tratamiento: 105 caract.
TOTAL CARACTERES: 492
```

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de los registros en blockchain, mediante el SDK de fabric se obtienen los registros de las historias clínicas mediante los certificados y usuario de administración de la red de blockchain.

Figura 42. Algoritmo de obtención de historias clínicas por administrador de la instancia blockchain

```
const startKey = '00000001';
const endKey = '99999999';

const iterator = await ctx.stub.getStateByRange(startKey, endKey);

const allResults = [];
while (true) {
  const res = await iterator.next();

  if (res.value && res.value.value.toString()) {
    console.log(res.value.value.toString('utf8'));

    const Key = res.value.key;
    let Record;
    const evaluate = JSON.parse(res.value.value.toString('utf8'));
    if (evaluate.rol === 'paciente') {
      if (evaluate.historiaclinica && evaluate.historiaclinica.length > 0) {
        Record = JSON.parse(res.value.value.toString('utf8'));
        delete Record.pwd;
        allResults.push({ Key, Record });
      }
    }
  }
}

if (res.done) {
  console.log('end of data');
  await iterator.close();
  console.info(allResults);
  return allResults;
}
```

Fuente: Elaboración propia

Figura 43. Resultado del algoritmo de obtención de historias clínicas por administrador de la instancia blockchain

```
Wallet path: /usr/src/app/wallet
=> Transaction has been evaluated, result is: [{"Key":"65710408","Record":{"apellidos":"Haro Maldau","correo":"roberthm@gmail.com","direccion":"Ca. Boza 230 - Lima","dni":"65710408","fechanac":"1974-02-14","historiaclinica":[{"antecedente":{"antecedente":"Herencia - F amiliares","descripcion":"Abuelos paternos fallecidos sufrían de enfermedades cardíacas, arritmia. Tíos con diabetes de tipo 2."},"clinica":"Clínica 1","diagnostico":"Posible diabetes de primer grado, se necesita descartar por especialista.","especialidad":"Cardiología","exámenes":"Realizar prueba A1C para descartar."},"fecha":"28/5/2019","medico":"medico-62489074","sintoma":"Desde hace 3 semanas tiene mucha sed, va al baño a orinar 7 veces al día aproximadamente. Y se siente muy fatigado."},"tratamiento":"Dieta balanceada baja en azúcar. Realizar actividad física para fortalecer los grandes grupos musculares."}],"nombres":"Roberto","org":"org1","orgmsp":"org1msp","rol":"paciente","sexo":"M","telefono":"976013123"}]}
```

Fuente: Elaboración propia

Con los datos ingresados correctamente en el sistema mediante las pruebas de caja blanca, se comparan con el reporte obtenido en la consulta directa a la cadena de bloques. Validando de esta manera la integridad de las historias clínicas en el sistema web basado en el modelo tecnológico para la gestión de historia clínica entre entidades privadas de salud.

5.3.2 Caso de prueba N° 2

Este caso de prueba consiste en validar que los únicos que puedan interactuar con una historia clínica sean los médicos autorizados por el paciente y que los pacientes solo puedan acceder a su propia historia clínica y no de terceros. El criterio de éxito de esta prueba es verificar el 99% de confidencialidad de las historias clínicas. De esta manera se evita la divulgación no autorizada de dicha información.

Los procesos involucrados en este caso de prueba se encuentran en la sección de diseño de modelado de procesos.

Se construyó unas pruebas para la consulta automatizada de los servicios publicados por el sistema web basado en el modelo tecnológico, para validar que entregue la información confidencial al médico o paciente que corresponda debidamente. Para esto se utilizó la herramienta JMeter en donde se configuró los hilos de la prueba para simular las consultas de las 20 historias clínicas por pacientes y médicos concurrentemente.

Figura 44. Configuración de hilos en JMeter

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos se pudo validar la confidencialidad de las historias clínicas, debido a que los pacientes y los médicos solo obtuvieron acceso a sus historias clínicas correspondientes.

5.3.3 Caso de prueba N° 3

Este caso de prueba consiste en validar el 95% de disponibilidad de las historias clínicas como mínimo, con el escenario de la cantidad mínima indispensable de peers para cada organización perteneciente a la red, en total 9 peers.

Los procesos involucrados en este caso de prueba se encuentran en la sección de diseño de modelado de procesos.

Para la validación la disponibilidad de las historias clínicas se utilizó el teorema “Tendermint”, tolerancia de fallos bizantinos, el cual indica que en el peor de los escenarios de la red de cadena de bloques debe funcionar con 2/3 de sus nodos.

Por lo que se configuró la cadena de bloques para realizar el consenso utilizando el teorema presentado aplicado a los nodos de la red para nuestro escenario de pruebas.

Para simular la caída de uno o dos nodos pertenecientes a una organización, entidad privada de salud, se detuvo el pod perteneciente, mediante el dashboard de kubernetes que soporta la instancia de blockchain. Luego se procedió a realizar consultas a la historia clínica por paciente y por médico autorizado, para obtener los resultados de validación de los escenarios de disponibilidad de las historias clínicas. Para las consultas se utilizó JMeter para simular la concurrencia de usuarios, así como los casos de uso de visualizar de historia clínica del paciente por médico y visualizar de historia clínica por paciente.

Figura 45. Dashboard de Kubernetes

Fuente: Elaboración propia

Figura 46. Canal privado de la red de blockchain con los nodos detenidos

Fuente: Elaboración propia

Figura 47. Prueba de automatización de casos de uso de consulta de historia clínica

Sample #	Start Time	Thread Name	Label	Sample Time(ms)	Status
1	13:17:36.241	Pacientes 1-1	Visualizar histor...	561	Success
2	13:17:36.293	Pacientes 1-2	Visualizar histor...	559	Success
3	13:17:36.346	Pacientes 1-3	Visualizar histor...	604	Success
4	13:17:36.394	Pacientes 1-4	Visualizar histor...	606	Success
5	13:17:36.496	Pacientes 1-6	Visualizar histor...	544	Success
6	13:17:36.547	Pacientes 1-7	Visualizar histor...	542	Success
7	13:17:36.595	Pacientes 1-8	Visualizar histor...	546	Success
8	13:17:36.696	Pacientes 1-10	Visualizar histor...	529	Success

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, se validó la disponibilidad de las historias clínicas de los pacientes utilizando un escenario estándar (1 peer) y otro basado en un teorema de fallos bizantinos (2/3 peers).

5.4 Resultados

5.4.1 Integridad de las historias clínicas

Para validar la integridad de los datos en las historias clínicas en las 60 iteraciones realizadas en el sistema web para la creación y tratamiento de las historias clínicas de 20 pacientes en 3 clínicas. Se midieron los caracteres que se ingresaron en las interfaces correspondientes, llegaron a la capa de acceso a datos y se compararon con los caracteres obtenidos de la consulta de los mismo mediante blockchain. Se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 18. Resultado de números de caracteres ingresados en la historia clínica electrónica, datos de entrada vs datos de salida

Paciente	Médicos					
	Clínica 1		Clínica 2		Clínica 3	
	Interfaz	Blockchain	Interfaz	Blockchain	Interfaz	Blockchain
65710408	496	496	402	402	389	389
83200283	503	503	398	398	392	392
74997869	489	489	406	406	395	395
41568381	511	511	401	401	393	393
60294338	501	501	396	396	397	397
79558375	498	498	379	379	387	387
24897623	504	504	401	401	398	398
82189065	401	401	498	498	404	404
58051216	396	396	501	501	387	387
69799003	406	406	515	515	399	399
63345858	398	398	499	499	402	402
75538899	401	401	497	497	395	395
34356293	378	378	503	503	399	399

40996877	402	402	509	509	406	406
19554442	398	398	499	499	517	517
17612472	379	379	485	485	502	502
41595557	412	412	501	501	498	498
73090617	399	399	488	488	501	501
39200021	405	405	489	489	487	487
76926875	409	409	502	502	499	499

Fuente: Elaboración propia

5.4.2 Confidencialidad de las historias clínicas

Para validar la confidencialidad de la información de las historias clínicas se probaron el consumo concurrente de distintas historias clínicas por pacientes a quien le pertenecía y a quienes no les pertenecía la historia clínica. Así como a los distintos médicos que tenían o no accesos concedidos a las historias clínicas del paciente, se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 19. Resultado de respuesta de historia clínica exitoso a médicos autorizados

Paciente	Médico 1	Médico 2	Médico 3
65710408	Sí	Sí	Sí
83200283	Sí	Sí	Sí
74997869	Sí	Sí	Sí
41568381	Sí	Sí	Sí
60294338	Sí	Sí	Sí
79558375	Sí	Sí	Sí
24897623	Sí	Sí	Sí
82189065	Sí	Sí	Sí
58051216	Sí	Sí	Sí
69799003	Sí	Sí	Sí
63345858	Sí	Sí	Sí
75538899	Sí	Sí	Sí

34356293	Sí	Sí	Sí
40996877	Sí	Sí	Sí
19554442	Sí	Sí	Sí
17612472	Sí	Sí	Sí
41595557	Sí	Sí	Sí
73090617	Sí	Sí	Sí
39200021	Sí	Sí	Sí
76926875	Sí	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia

5.4.3 Disponibilidad de las historias clínicas

Para validar la disponibilidad de la información de las historias clínicas en blockchain se realizó la consulta de las historias clínicas para cada organización perteneciente en la red. Se apagaron un tercio y dos tercios de los nodos de cada organización, para representar el peor caso posible ante una falla interna del servicio.

Tabla 20. Resultado de la disponibilidad de la información de la historia clínica para la clínica 1

Paciente	Clínica 1	
	2 peers	1 peer
65710408	Sí	Sí
83200283	Sí	Sí
74997869	Sí	No
41568381	Sí	Sí
60294338	Sí	No
79558375	Sí	Sí
24897623	Sí	No

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Resultado de la disponibilidad de la información de la historia clínica para la clínica 2

Paciente	Clínica 2	
	2 peers	1 peer
82189065	Sí	Sí
58051216	Sí	No
69799003	Sí	Sí
63345858	Sí	Sí
75538899	Sí	No
34356293	Sí	No
40996877	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Resultado de la disponibilidad de la información de la historia clínica para la clínica 2

Paciente	Clínica 3	
	2 peers	1 peer
19554442	Sí	Sí
17612472	Sí	Sí
41595557	Sí	No
73090617	Sí	Sí
39200021	Sí	No
76926875	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia

En comparación con la auditoría realizada en la Clínica Centenario Peruano Japonesa de la calidad de historias clínicas para la consulta externa del 2010-2011, tipo de consulta que se realizaron las pruebas, esta auditoría se hizo pública en el año 2014. Se analizaron 10 ítems los cuales son fecha y hora, pulcritud y legibilidad, anamnesis adecuada (entrevista entre el médico y el paciente), signos vitales, examen físico, diagnóstico, plan de trabajo, exámenes auxiliares, tratamiento y firma y sellos del médico. De los 10 ítems analizados en las simulaciones de pruebas realizadas por nosotros se tiene la fecha y hora, pulcritud y legibilidad, anamnesis (antecedentes), examen físico (síntomas), diagnóstico, exámenes,

tratamiento y firma y sello del médico (identificación del médico tratante). Se realiza esta comparativa puesto que ese centro de salud tiene los estándares de la norma técnica peruana para la gestión de la historia clínica.

Figura 48. Comparación de integridad y confidencialidad de la solución vs escenario real

Fuente: Elaboración propia

Figura 49. Disponibilidad de las historias clínicas en distintos escenarios

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, según los resultados obtenidos del modelo tecnológico para la gestión de las historias clínicas cumple con la integridad, confidencialidad y disponibilidad de la información en las historias clínicas. Se comparó los resultados con una auditoría real de una clínica para medir la eficiencia y tenerlo como diferenciador.

Para validar que el modelo tecnológico mejora la toma de decisiones en el diagnóstico médico, se realizó una nueva reunión con el Doctor Cesar Muro Slocovich, Directo del Centro Médico Naval y Jefe de Departamento de Medicina. En donde se presentó la solución y los resultados obtenidos en la validación del modelo. En la cual el Doctor valida y afirma que el modelo tecnológico propuesto y el sistema web basado en este, aporta valor a la gestión de la historia clínica, en la toma de decisiones de los médicos y respeta las normas técnicas de la gestión de historias clínicas.

5.5 Plan de Costos

El propósito de esta sección es describir el plan de costos del proyecto durante su desarrollo y consiguiente su implementación, se define como se administrarán los costos internos y externos del proyecto “Modelo Tecnológico para la Gestión de la Historia Clínica entre Entidades privadas de Salud”. Para el éxito del proyecto todas las partes involucradas y las actividades detalladas en el plan deben estar dentro de las restricciones presupuestadas. De igual manera, se deberá cumplir y trabajar en base al presente plan como el plan general del proyecto. El costo total del proyecto es de S/. 34,119.62 aproximados distribuidos en recursos humanos para la implementación y recursos tecnológicos.

Con el flujo de caja, realizamos el calculo de los indicadores financieros VAN y TIR proyectado a 1 año, para determinar la viabilidad del proyecto. Se establece para un proyecto sea viable el valor del VAN debe ser mayor a 0. Además, el valor de TIR debe ser mayor a la tasa de descuento estimada.

Tabla 23. Flujo de caja proyectada anual

Año	Flujo Neto	VAN	Cok
0	(S/.34,120)	0	0
1	S/.54,485	S/15,412	10%
2	S/.54,485	S/60,440	

3	S/.51,944	S/99,467	
4	S/.54,485	S/136,681	
5	S/.54,485	S/15,412	
Total	S/.269,882	S/.327,411	
	C/B	S/.10	
	TIR	158%	

Fuente: Elaboración propia

Se determina que, el ROI calculado muestra el crecimiento favorable a partir del mes numero 9 donde se empieza a ver saldo positivo en el acumulado durante el primer año. El valor de la inversión inicial de S/. 34,119.62 obtuvo rentabilidad al final del primer periodo de S/.20,365. Por lo que, se obtiene que el beneficio de la inversión se esta ganando un 40% del dinero invertido, por lo que cada sol invertido esta obteniendo S/.0,40 de ganancia durante el primer año.

Tabla 24. Retorno de Inversión Anual

	Mes	Ingresos	Egresos	Total	Acumulado
	0	S/.0	S/.19,039	(S/.19,039)	(S/.19,039)
	1	S/.0	S/.15,081	(S/.15,081)	(S/.34,120)
1° Año	2	S/.12,640	S/.7,100	S/.5,540	(S/.28,579)
	3	S/.12,640	S/.7,100	S/.5,540	(S/.23,039)
	4	S/.12,640	S/.10,100	S/.2,540	(S/.20,498)
	5	S/.12,640	S/.7,100	S/.5,540	(S/.14,958)
	6	S/.12,640	S/.7,100	S/.5,540	(S/.9,418)
	7	S/.12,640	S/.10,100	S/.2,540	(S/.6,877)
	8	S/.12,640	S/.7,100	S/.5,540	(S/.1,337)

9	S/.12,640	S/.7,100	S/.5,540	S/.4,203
10	S/.12,640	S/.10,100	S/.2,540	S/.6,744
11	S/.12,640	S/.7,100	S/.5,540	S/.12,284
12	S/.12,640	S/.7,100	S/.5,540	S/.17,825
13	S/.12,640	S/.10,100	S/.2,540	S/.20,365

Fuente: Elaboración propia

5.5.1 Recursos Humanos

En esta sección se presentan los recursos humanos involucrados para la implementación del proyecto, que tienen un alcance de la planificación, análisis, diseño e implementación. En la siguiente tabla se expone el detalle de los recursos y sus costos por hora.

Tabla 25. Costo de recursos humanos

Concepto	Recursos	Cantidad Horas/Mes	Costo por hora	Costo Total
Programador web	1	160	S/ 7.66	S/ 1,226.00
Analista Programador Blockchain	1	160	S/ 18.75	S/ 3,000.00
Analista QA	1	160	S/ 7.76	S/ 1,242.00
Project Manager	2	160	S/ 100.53	S/ 8,042.00
Total			S/ 134.70	S/ 13,510.00

Fuente: Elaboración propia

5.5.2 Recursos Tecnológicos

En esta sección se presentan los recursos tecnológicos bases necesarios para la implementación del proyecto. Los precios iniciales son en dólares y se toma una conversión a moneda local de S/. 3.31 por la Superintendencia de Banca y Seguros del Perú, a la fecha de creación de este activo, con un costo total de S/. 7,099.62.

Tabla 26. Costo de plataforma

Concepto	Instancias	vCPU	RAM	Storage	Costo Total
IBM Kubernetes Services (Aplicación)	1	2	4 GB	100 GB SSD	\$ 7.66
IBM Kubernetes Services (Blockchain)	1	8	32 GB	100 GB SSD	\$ 18.75
Total \$					\$ 453.60
Total S/					S/ 1,501.42

5.6 Plan de Continuidad

El plan de continuidad a continuación posee dos frentes. En primer lugar, la continuidad del modelo donde se describe los pasos necesarios para la culminación del sistema web basado en el modelo tecnológico para la gestión de las historias clínicas entre entidades privadas de salud. Luego, la post implementación, trata del análisis continuo de las nuevas características o funcionalidades que puede adoptar el modelo en el tiempo. Así como, la adaptabilidad del modelo con las nuevas propuestas planteadas anteriormente se determina el mantenimiento y soporte de las nuevas tecnologías para adaptarlas al modelo específicamente en la capa de tecnología. Y, en segundo lugar, la continuidad del a nivel de negocio, donde se presentan un grupo de tareas y actividades relacionadas que se ponen en practica ante un evento de interrupción no deseado parcial o total de la organización que implemente una solución basada en nuestro modelo tecnológico. El plan debe tener un alcance de la situación anterior, durante y después de un incidente, puesto que no solo impacta a TI si no al resto de la organización, procesos y personas.

5.6.1 Continuidad del modelo

5.6.1.1 Culminación del producto

Después de haber realizado exitosamente la prueba de concepto del sistema web basado en el modelo tecnológico para la gestión de las historias clínicas entre entidades privadas de salud. Es necesario culminar el sistema con el alcance de funcionalidades del modelo, por lo que se realiza el levantamiento de información para realizar la matriz de requerimientos y requisitos, y también el modelo de procesos afectados. Las funcionalidades restantes son: En la Fase de Monitoreo y Control los procesos de Custodia y Conservación y toda la Fase de Eliminación. Luego, se procede a desarrollar las funcionalidades nuevas en el smart contract y la capa de acceso a datos de la solución. Se deben realizar las pruebas unitarias de cada funcionalidad y en los módulos impactados. Se despliega el smart contract en el servicio de Blockchain, se crea la nueva imagen de los módulos que se han modificado y se despliegan como servicio en el clúster de producción de Kubernetes. Por el lado de la capa de presentación se necesita desarrollar las nuevas interfaces que consuman las nuevas funcionalidades de la capa de acceso a datos, para que de esta manera se tenga funcionalidades completamente basadas en el modelo. Las interfaces desarrolladas se

exponen en el clúster productivo mediante imágenes creadas de cada una para los módulos correspondientes.

5.6.1.2 Post Implementación

Después de haber realizado la culminación del sistema web basado en el modelo tecnológico para la gestión de las historias clínicas entre entidades privadas de salud. Es necesario analizar nuevas características o funcionalidades para que el modelo adopte a largo plazo de esta manera asegurar su uso a través del tiempo. Puesto que nuestro modelo se basa en la norma técnica de salud, donde están las guías y normas para el uso de la gestión de registros médicos. Estas nuevas adopciones en el modelo permitirán que se adapte a diversos entornos, asegurando la seguridad de la información en las historias clínicas. Una vez identificado las propuestas de mejora y nuevas funcionalidades aplicadas al modelo. Se continua con la nueva validación mediante una prueba de concepto con los mismos escenarios para garantizar el correcto funcionamiento del modelo obteniendo nuevos resultados de mejora. De esta manera las entidades de salud podrán permitir la gestión de las historias entre entidades privadas de salud de manera segura.

5.6.1.3 Adaptabilidad del modelo

Después del análisis de los resultados con las nuevas propuestas planteadas, se determina el mantenimiento y soporte utilizando las nuevas tecnologías para adaptarlo al modelo en la capa de tecnología. De manera que los cambios realizados no afecten al propósito principal del modelo que consiste en garantizar la seguridad de la información en la gestión de las historias clínicas entre entidades privadas de salud. El objetivo es que el modelo sea eficiente en todo el momento del proceso de la gestión de las historias clínicas, es decir que funcione en todos los contextos y que se promueva su continuidad en algún cambio o impacto que presente el sector salud. El cambio beneficia a que el modelo tecnológico este en la capacidad de adaptarse constantemente al seguir permitiendo su funcionalidad.

- **Tecnología**

Para la capa tecnología según el análisis se deberá evaluar la viabilidad antes de efectuar el cambio para el modelo. Puesto que debe cumplir de igual manera con los componentes actuales para brindar el resultado esperado. Se elegirán tecnologías que cumplan con garantizar la seguridad de la información permitiendo todas las funcionalidades que abarca la gestión de la histórica clínica en todo su proceso y ciclo de vida.

- **Seguridad de la información**

Los nuevos aspectos o cambios en la seguridad del modelo deberán al enfoque principal del modelo y sus resultados. Para la integridad de la información se podrá utilizar métodos de cifrado más complejos para la gestión. La confidencialidad mediante nuevos controles de acceso o métodos eficientes que puedan utilizarse. Con respecto a la disponibilidad, evaluar consensos que mejoren la eficiencia la red. Y validar la seguridad y disponibilidad de las futuras plataformas en donde se despliegue la solución.

- **Gestión de historias clínicas**

La capa de gestión de la historia clínica de nuestro modelo esta basada en la norma técnica peruana que es un compendio de buenas prácticas. Las leyes y nomas sobre el manejo de las historias clínicas son incluidas en dicha norma. Se deberá adoptar los nuevos cambios reflejados en la normativa. De manera que el modelo acople nuevos procesos o restricciones dadas por el estado peruano sin ningún problema.

5.6.2 Continuidad del negocio

- **Objetivo**

El plan de continuidad tiene como objetivo ser una guía para la gestión operativa del proyecto propuesto, lo que abarca aspectos técnicos de la solución como el soporte hasta la mitigación de eventualidades con el uso de la propuesta a través del tiempo.

En base a la norma ISO 23301 de Continuidad de Negocio, el plan de continuidad permite a las organizaciones demostrar la capacidad de seguir funcionando con normalidad ante interrupciones, ya que minimiza sus debilidades y refuerza sus fortalezas.

- **Objetivos específicos**

Los objetivos específicos del presente plan de continuidad son los siguientes:

- Realizar planes de acción de contingencias
- Identificar responsables para contingencias
- Identificar acciones de corrección en la operación de la solución
- Garantizar la correcta operación de la solución

- **Beneficios**

El beneficio de un plan de continuidad de negocio trasciende en la ventaja para la estrategia de operación de negocio y el soporte en corto, mediano y largo tiempo. A continuación, los principales beneficios:

- Plan de acción específico para la solución
- Guía operacional real y validada de la solución.
- Matriz de responsabilidades ante incidentes.
- Tener un estándar de operatividad en la organización.
- Ayuda a la transferencia de conocimiento de los recursos de la organización con respecto a la solución y operatividad.

5.6.2.1 Plan de Soporte

- **Roles de Soporte**

A continuación, la asignación de roles y responsabilidades:

Tabla 27. Roles y responsabilidades de soporte

Rol	Responsabilidades
Programador web	Encargado de desarrollar en backend y frontend de la aplicación con componentes nativos de nube para la solución, así como sus posibles errores.
Analista Programador Blockchain	Encargado de configurar correctamente la red de cadena de bloques, validar cada 3 meses que se respete las buenas prácticas y recopilar datos para futuras auditorias.
Analista QA	Encargado de validar las funcionalidades del sistema sean lo que se necesitan en los requerimientos y procesos.

Fuente: Elaboración propia

- **Procedimiento de Soporte**

Basándose en ITIL V3, conjunto de conceptos y buenas practicas para la gestión de servicios de tecnologías de información, se ha identificado la siguiente matriz de niveles y tiempo de respuestas ante problemas.

Tabla 28. Niveles y tiempo de respuestas ante problemas

Nivel	Tiempo de respuesta y solución	Tipo de consulta/problema
1	1 min – 1 hora	Nivel bajo de consulta, soporte técnico esencial y resolución rápida de problemas.
2	1 hora – 12 horas	Problemas a nivel de solución o servicios de aplicación que requiera un cambio urgente y de solución rápida.
3	N días de desarrollo	Problemas complejos que requieran cambios significativos en la solución que implica esfuerzo de desarrollo.

Fuente: Elaboración propia

5.6.2.2 Gestión de Incidentes

En esta sección se detallan las acciones a tomar en incidentes de diferentes niveles cuando se materializan para tener respuestas eficaces.

- **Objetivos**

Los objetivos de la gestión de incidentes son los siguientes:

- Detectar incidentes que impacten en el funcionamiento de la solución.
- Analizar, clasificar y registrar los incidentes a los responsables correspondientes.

- **Beneficios**

Los principales beneficios de una correcta gestión de incidentes son:

- Mejorar la productividad de las personas de la organización.
- Monitoreo constante de los procesos y funcionamiento de la solución.
- Mejorar el tiempo de perdida en incidentes de la solución.
- Mejorar la percepción de la performance de la solución.
- Resolución de incidentes con rapidez y mejora la calidad del producto.

- **Riesgos de una incorrecta Gestión de Incidentes**

Una gestión de incidentes incorrecta puede derivar en:

- Reducción del tiempo operativo de la solución.
- Incrementa el tiempo de interrupción del negocio.

- Mala gestión de los recursos de la organización.
- Solución no satisface las necesidades de su implementación.

- **Registro de Incidentes**

El registro de incidentes se realizará mediante vayan identificando los incidentes. Esto deberá estar gestionado por cada empresa del consorcio de clínicas, los cuales deben ser levantados por las personas responsables presentadas en la lista de roles y responsabilidades. Es decir, debe haber una mesa de ayuda en cada clínica.

- **Consideraciones**

- Admisión del incidente: El personal de mesa de ayuda debe evaluar correctamente a la persona responsable a la que asigne el incidente, basándose en características y nivel de este.
- Validación del incidente: Validar correctamente si se trata de un incidente real o un error de usuario.
- Repetición del incidente: Validar correctamente si el incidente ha sido registrado anteriormente y la frecuencia de este para determinar las acciones y clasificación correspondiente.
- Asignación de referencia: Cada incidente debe ser registrado únicamente mediante un ID para su identificación que ayude a su solución, comunicación y soporte.
- Información adicional: Se deben dar detalles de incidente como por ejemplo el contexto en el que se identifico mediante un formato gestionado por mesa de ayuda.

- **Clasificación de Incidentes**

La clasificación de incidentes ayuda a la distribución de la resolución de los mismo según roles asignados. La clasificación tiene los siguientes componentes:

- Categorización: Se categoriza según el tipo de incidente y el módulo de la solución en donde se manifestó, para identificar los servicios afectados.
- Prioridad: Dependiendo del impacto del incidente se establece la prioridad de este en ser atendido con respecto a otros registrados.
- Asignación: La asignación es con respecto a recursos que atenderán el incidente según el impacto y prioridad asignado.

- Comunicación: Se debe tener una correcta comunicación entre el recurso asignado para el incidente, el personal de mesa de ayuda y usuario.

- **Análisis, Resolución y Cierre de Incidentes**

El análisis de los incidentes empieza por la revisión de registros anteriores para poder determinar si se trata de un incidente reportado anteriormente. Si se determina que el incidente no ha sido registrado antes se delega la resolución de este a un responsable hasta su conclusión. El cierre de un incidente se registra para tener control y conocimiento de este en el registro histórico de incidentes.

5.6.2.3 Gestión de Problemas

La gestión de problemas permite la identificación de las causas raíz de los problemas que interrumpa o alteren el funcionamiento normal de los servicios que se ofrecen para sus resoluciones. Esta gestión tiene dos enfoques, el primero es el reactivo que se aplica cuando se manifiesta una incidencia y el segundo enfoque es el proactivo que cuando se identifica una incidencia por el analista encargado con el uso diario de la herramienta.

- **Control de problemas**

Para el control de problemas se tienen los siguientes pasos:

- Identificación del problema: Se verifica que el problema identificado por el usuario sea realmente un problema y no un error de usuario. Para esto existe el registro de incidentes más un monitoreo del desempeño de la solución.
- Identificación de la solución: Una vez identificado correctamente el problema se determinan las posibles causas y se realizan las pruebas correspondientes como pruebas de regresión para identificar la solución para el problema.
- Aplicación de la solución: Se aplica cuando se ha identificado una solución que no impacte en otros activos ni servicios. En caso el impacto es inevitable se debe aplicar la solución en horas donde no afecte tanto al negocio y realizando las pruebas necesarias para mitigar el impacto en otras aplicaciones que comparten la plataforma.
- Registro de problema y solución: Se registra el problema con su solución en la base de datos de incidentes con el detalle del reporte, módulo y servicios involucrados.

- **Clasificación y análisis de recursos**

El problema se clasifica empleando categorías en base a causas como problemas de lógica de la solución o compatibilidad, las incidencias a nivel de módulos y el área de donde se reportó el mismo.

La asignación de recursos está basada en un análisis sobre elegir al responsable que pueda mitigar los problemas presentados, teniendo en cuenta la prioridad de este con respecto al impacto en el negocio. Es necesario identificar el tipo de solución que se brindará para determinar los plazos y recursos a asignar.

- **Análisis y diagnósticos**

El análisis del problema se realiza por el registro de este a través del portal de mesa de ayuda en donde se detalla minuciosamente. En el análisis de busca:

- Causas del problema reportado.
- Descarte de posibles fuentes de error.
- Identificar errores potenciales.

Después de esto se realiza el diagnóstico de la solución y se asigna al personal respectivo informando al usuario los tiempos de espera para la resolución.

- **Control de errores**

Después de identificar el error y su solución, es necesario registrarlos con su respectiva criticidad, módulo y servicio afectado, la causa, la solución y la fecha que se identificó. De esta manera se tiene una base de datos de errores actualizada para una rápida mitigación de futuros errores.

En caso la solución tenga un nivel 3, es decir de un amplio tiempo en el impacto de la solución, es necesario coordinar con la Gerencia o persona con cargo más alto responsable si se busca una causa raíz para la solución total del problema o se aplica una solución temporal por el alto costo y poco impacto que tiene ciertos errores.

5.6.2.4 Gestión de Cambios

Para mantener un registro histórico de los cambios de un sistema en producción es necesario tener una gestión de cambios para identificar el desempeño a través del tiempo de los mimos. Las principales causas de los cambios son:

- Lógica de negocio
- Normativas legales
- Regulaciones
- Mejoras de la solución
- Actualización o migración de plataforma

Cada cambio debe partir de un buen análisis de impacto en el negocio que traiga mejoras o se cubra algún problema identificado. El sistema web está basado en una solución nativa de nube, 12 factores, por lo que es escalable y de rápido despliegue, por tal motivo se debe verificar la autenticidad de la necesidad y motivación del cambio o reemplazo del sistema.

- **Registro**

Todos los cambios que se realicen deben ser registrados indicando quienes son los aprobadores, responsables y los pasos que se realizaron. También se debe indicar si el cambio llegó a revertir y cual fue la razón. Estos registros se tienen con el fin de tener una base de datos unificada y robusta para las operaciones de la organización. Todo cambio manejará un estado de implementación para cada uno, y se registra el cambio de estado de este.

- **Clasificación**

Después del registro del cambio, se establece una prioridad para realizar el cambio es base al impacto en el negocio, teniendo en cuenta los recursos necesarios y los costos de este. La clasificación también considera si el cambio necesita un desarrollo interno o de terceros. De esta manera se clasifica y se mantiene la base de conocimientos actualizada de cambios ejecutados y en proceso de ejecución.

5.6.2.5 Gestión de niveles de Servicio

Según ITIL V3 la gestión de niveles de servicio busca que la tecnología agregue valor a la experiencia del usuario o cliente. Esta gestión vela por la calidad de servicios de TI alienados a los procesos de negocio. La gestión de niveles de servicio se caracteriza por:

- Documentar todos los servicios de TI.
- Cada servicio debe tener relación con las necesidades de usuario y los procesos de la organización.
- Estableces indicadores del desempeño de servicios.

- Monitorear los servicios para la mejora continua.

Las tecnologías que soportan el modelo tecnológico como la plataforma en la nube y blockchain como servicio a través de un proveedor de nube debe ofrecer SLA por todos los servicios contratados.

5.6.2.6 Gestión de Seguridad

La gestión de seguridad recae en las personas de la organización con respecto a que no divulguen las credenciales ni las dejen expuestas en sitios de fácil acceso a personas maliciosas. Esta gestión vela por la integridad y salvaguardar la información que gestiona la empresa por cada rol. La gestión de seguridad se caracteriza por:

- Establecer políticas de seguridad según necesidades del negocio.
- Gestionar los accesos a la información, modificación y visualización de esta.
- Minimizar los riesgos que impacten en la continuidad y operatividad del sistema y del negocio.
- **Establecimiento de Políticas de Seguridad**

Para una correcta gestión de la seguridad es necesario establecer políticas de seguridad en la organización que sirvan como lineamientos para el sistema y el negocio. Esta política debe estar alineada con los objetivos estratégicos del negocio, procesos y aplicaciones de TI, con protocolos obligatorios para el acceso a la información en base a los procedimientos de análisis de riesgos y el alcance del plan de la organización.

5.6.2.7 Gestión de Disponibilidad

El sistema web es una solución nativa de nube por lo que la disponibilidad se garantiza dependiendo de las buenas practicas en instanciar los servicios con el balanceo de carga correspondiente. Esto sirve para aumentar el porcentaje de disponibilidad de la solución según la plataforma que corra, para nuestro modelo una plataforma para contenedores.

Con respeto a la solución en base al modelo hay que asegurar que esta no esté disponible por error de lógica de programación, es decir realizar correctamente las pruebas unitarias de las funcionalidades. Por el lado del proveedor de tecnología, se debe realizar un análisis de quien es el mejor en los servicios descritos anteriormente con el pasar del tiempo, y que el nivel de disponibilidad sea mayor o igual a 99.95% por servicio.

5.6.3 Cronograma de actividades y plan de acción

Tabla 29. Cronograma de actividades

Nº	Actividad	Duración estimada
1	Plan de Continuidad de Negocio	2 semanas
2	Establecer objetivos generales y específicos	2 semanas
3	Determinar beneficios	1 semana
4	Determinar roles	1 semana
5	Determinar métodos de contacto	1 semana
6	Determinar procedimiento de soporte	1 semana
7	Determinar Gestión de Incidentes	2 semanas
8	Determinar Gestión de Problemas	1 semana
9	Determinar Gestión de Cambios	1 semana
10	Gestión de Niveles de Servicio	2 semanas
11	Gestión de Seguridad	1 semana
12	Gestión de Disponibilidad	1 semana

Fuente: Elaboración propia

6 GESTIÓN DEL PROYECTO

En el presente capítulo se detalla la planificación de la gestión a lo largo del proyecto, basado en el marco del PMBOK. A detalle se puede observar el plan de Gestión de Tiempo, Gestión de Recursos Humanos, Matriz de Comunicación, Gestión de Tiempo y Gestión de Riesgos.

6.1 Gestión de Tiempo

Debido diversos factores que se presentaron a lo largo del proyecto no todos los entregables fueron entregados en la fecha acordada acorde al plan de gestión. Se muestra la tabla de fases e hitos del proyecto en los últimos dos semestres académicos.

Tabla 30. Fases e hitos del proyecto

Fases del Proyecto	Hito del proyecto	Fecha Estimada	Entregables incluidos	Prioridad
Inicio	Aprobación del Project Charter.	Semana 03	<ul style="list-style-type: none"> Project Charter. 	Alta
Planificación	Aprobación de los documentos de gestión.	Semana 07	<ul style="list-style-type: none"> Diccionario EDT Matriz de Trazabilidad de Requerimientos Registros de Interesados Plan de Gestión de RR.HH Plan de Gestión de Riesgos Matriz de Riesgos Descripción de roles y Responsabilidades Matriz RAM Plan de Gestión de Alcance Cronograma del Proyecto Plan de Gestión de Comunicaciones Matriz de Comunicaciones 	Alta
Ejecución	Aprobación del documento de análisis para el modelo tecnológico.	Semana 12	<ul style="list-style-type: none"> Documento de Análisis para el Modelo Tecnológico. 	Alta
	Presentación del diseño del modelo tecnológico.	Semana 15	<ul style="list-style-type: none"> Documento de Diseño del Modelo Tecnológico. 	Alta
	Validación del modelo tecnológico.	Semana 24	<ul style="list-style-type: none"> Documento de Validación del Modelo Tecnológico. Prueba de Concepto. 	Alta

Monitoreo y Control	Obtención del Certificado QS.	Semana 29	<ul style="list-style-type: none"> • Certificado QS. • Actas de Reunión 	Alta
Cierre	Aprobación del plan de continuidad, y acta de aceptación y cierre.	Semana 32	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de Continuidad. • Memoria del Proyecto. • Paper del Proyecto • Acta de aceptación y cierre. 	Alta

Fuente: Elaboración propia

6.2 Gestión de Recursos Humanos

Para el proyecto se definió la siguiente estructura organizacional:

Figura 50. Estructura organizacional del proyecto

Fuente:

Elaboración propia

Los roles involucrados en el desarrollo del proyecto son los siguientes:

Comité del Proyecto: Máxima Autoridad de la escuela de Ingeniería de Sistemas, define los lineamientos y cambios en la revisión de los proyectos.

PMO: Tiene la misión de coordinar la dirección y gestión de todos los proyectos de la escuela, encargado de aprobar todos los cambios y modificaciones de la gestión de cada proyecto.

Portfolio Manager – IT Consulting: Supervisar, coordinar y controlar los proyectos, y las diferentes actividades que tiene asignadas dentro de su portafolio. Administrar, eficientemente, los recursos asignados a su cargo. Velar por el adecuado cumplimiento de los proyectos sin afectar la calidad esperada de los mismos. Resolver, adecuadamente, cualquier incidente que esté dentro de su ámbito sin afectar los intereses ni la imagen de la Escuela. Realizar cualquier actividad que pudiera ser solicitada por el director de la PMO y por el Comité de proyectos de la Escuela.

Asesor/Cliente: Cumplir el rol de Product Manager en los proyectos profesionales que tiene asignados. Realizar cualquier actividad que sea solicitada por su Portfolio Manager, el Senior Portfolio Manager, el director de la PMO y por el Comité de Proyectos de la Escuela.

Project Manager: Gestionar según el PMBOK el proyecto profesional siguiendo los lineamientos establecidos por la escuela. Aplicar la metodología ágil en el proceso de ejecución del proyecto. Administrar eficientemente los recursos, realizar cualquier actividad que pudiese ser solicitada por su Portfolio Manager, por el Senior Portfolio Manager, por el director de la PMO y por el Comité de Proyectos de la Escuela.

Recurso QS: Revisar documentación según lo requerido por el Gerente del Proyecto. Realizar distintas actividades según indique en Gerente de Proyectos, para que el proyecto llegue cumplir con sus objetivos.

6.3 Matriz de Comunicación

Tabla 31. Fases e hitos del proyecto

Información requerida	Contenido	Respons. de elaborarlo	Para su entrega a los Stakeholders	Método de comunicación a utilizar	Frecuencia	Código de EDT asociado
Project Charter	Información del proyecto a alto nivel.	Gerente del proyecto	Asesor/Cliente Portfolio Manager	Formal escrita	1 sola vez	1.1.1
Planificación del proyecto	Documentos de gestión entregados por la escuela que siguen los lineamientos del PMBOK.	Gerente del proyecto	Asesor/Cliente Portfolio Manager	Formal escrita	1 sola vez	1.2

Coordinación del proyecto	Información detallada de los temas tratados y los acuerdos adoptados en cada reunión	Gerente del proyecto	Asesor/Cliente	Informal verbal	Semanal	1.4.2
Cierre del proyecto	Información sobre el cierre del proyecto	Gerente del proyecto	Asesor/Cliente Portfolio Manager	Formal escrita	Una sola vez	1.5

Fuente: Elaboración propia

6.4 Gestión de Riesgos

En la siguiente tabla se muestran los riesgos del proyecto que se contemplan durante su desarrollo y las acciones que se tomó en cuenta para mitigarlos.

Tabla 32: Tabla de riesgos

Nº	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Estrategia de mitigación
1	Cambios que indique el Comité.	Media	Alto	<ul style="list-style-type: none"> Negociar los cambios para minimizar el impacto en el proyecto, ajustar el cronograma y enviar la solicitud de cambio.
2	Nuevos requerimientos por parte del Asesor/Cliente.	Media	Alto	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un control de los cambios que permita ordenar las prioridades y reducir el impacto en el desarrollo del Proyecto.
3	Incumplimiento de las tareas delegadas por el PM al recurso por falta de conocimientos.	Baja	Alto	<ul style="list-style-type: none"> Seleccionar al recurso con el perfil adecuado a la actividad a asignar. Realizar un seguimiento continuo a los recursos con la finalidad de asegurar el cumplimiento
4	Retraso en la certificación de los artefactos por falta recursos de QS.	Media	Alto	<ul style="list-style-type: none"> Plan de solicitud de recurso para certificación QS.

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

En esta sección se muestran las conclusiones del proyecto que implementó un modelo tecnológico para la gestión de la historia clínica entre entidades privadas de salud para garantizar la seguridad de la información mediante un sistema web validado mediante caso de estudio y prueba de concepto, se concluye lo siguiente:

- Se realizaron análisis correspondientes al proceso de gestión de la historia clínica en base a la normativa técnica peruana en la cual se identificaron los procesos claves en el flujo y tratamiento de la historia clínica. Luego, se revisaron diferentes soluciones basadas en el problema donde se concluye aquellos componentes tecnológicos para el soporte del modelo, como lo son; sistemas de información, servicios de plataforma cloud y servicio de blockchain, así garantizar la seguridad en el proceso de gestión de historias clínicas. Además, se compararon herramientas blockchain para determinar cual tiene mejor rendimiento en aspectos de; transacciones, tipo de conceso y proveedores de nube, el cual se concluye que el uso de Hyperledger Fabric por ser el que obtiene mejor desempeño en pruebas de rendimiento, como también el uso de la nube de IBM por su rápido despliegue y escalabilidad.
- Se diseñó un modelo tecnológico con los resultados del análisis previo, donde plantea cuatro fases, que de forma general dan el funcionamiento a la gestión de la historia clínica. En la entrada se tiene todos los datos relacionados al paciente. Después, la gestión de la historia clínica que se compone de tres grupos de procesos basados en normativas oficiales, son la fase de apertura, control y monitoreo, y eliminación. Luego como salida, la historia clínica integra y reportes médicos adecuada para la toma de decisiones.
- Se validó que el sistema web basado en el modelo tecnológico cumpliera con los aspectos de funcionalidades adecuadas a la seguridad en la gestión de la historia clínica, por ello se usaron 3 casos de prueba donde se detalla cada aspecto de la seguridad de información, la prueba se realizó simulando 3 entidades de salud en donde se crearon 20 historias clínicas y se recreó el proceso de gestión de la historia clínica. En todas las pruebas se obtuvo un mínimo de 95% de éxito bajo los escenarios previstos. La prueba de integridad consistió en validar el registro adecuado de una historia clínica, debe ser única y con datos completos. En la confidencialidad, se comprobando que solo pueda acceder el personal autorizado, y

la disponibilidad en el acceso del paciente a su registro médico. Con los resultados de las validaciones se determina el cumplimiento de la norma técnica peruana en los procesos de gestión de la historia clínica y de igual manera cumple con la ley de protección de datos sensibles, respetando los lineamientos de seguridad. La implementación de la solución basada en el modelo tecnológico permite a los pacientes tener a su disposición la información de su historia clínica, compartida a través de diferentes entidades y a los médicos recopilar información de valor para obtener mejores resultados en la toma de decisiones.

- Se realizó una entrevista a un médico experto, al cual se le presentó la solución, y también los resultados obtenidos. Donde, valida y afirma que el modelo tecnológico aporta valor a la gestión de la historia clínica y en la oportuna toma de decisiones del acto médico.
- La implementación de tecnología blockchain como servicio en la solución propuesta, proporciona una gran infraestructura de cómputo, como el rápido despliegue monitoreo y seguridad de la solución para la gestión de la historia clínica.

RECOMENDACIONES

En la siguiente sección se muestran las recomendaciones dadas luego de la implementación de la solución propuesta:

- La apreciación del experto médico indica que se recomienda trabajar con un catálogo de diagnósticos más completo, así obtener un mejor entendimiento en las demás áreas de salud, como lo es la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10).
- Se recomienda a las entidades de salud a implementar este tipo de soluciones que permitan integrar información de otros centros, para tener una gestión de la historia clínica segura e interoperables.
- Se recomienda que la solución se pueda integrar con otros sistemas dentro de la entidad privada de Salud como farmacia, radiología, entre otros. De esta manera más procesos de la unidad médica participan en la atención del paciente de manera colaborativa y con información íntegra en el tratamiento del paciente.
- Se recomienda que las grandes organizaciones privadas de salud se unan para formar un consorcio principal de la red Blockchain y que las demás entidades que posean menor capacidad de madurez tecnológica se involucren a la red.
- Al utilizar modelo como base para la creación de un sistema, se recomienda que utilicen tecnologías que permitan la portabilidad entre distintas plataformas y proveedores de nube, es decir tecnologías de código abierto, para aprovechar los beneficios y diferenciadores de los distintos postores en beneficio a las nuevas funcionalidades que se puedan tener en un futuro.

GLOSARIO

A continuación, se listan los términos poco comunes en el proyecto.

- Hyperledger: Framework de blockchain de alta escalabilidad y permite trabajar modularmente.
- Kubernetes: Plataforma que permite automatizar el despliegue de contenedores
- Student Outcome: Conjunto de competencias blandas y técnicas definidas por la acreditación ABET.
- PMBOK: Guía de los fundamentos para la gestión de proyectos, en donde hay estándares, normas y pautas.

SIGLARIO

A continuación, se presenta la lista de acrónimos usados en el proyecto:

- IE: Indicador de éxito.
- PoC: Prueba de concepto
- CA: Certificate Authority
- OE: Objetivo específico.
- PMI: Project Management Institute.
- PMBOK: Project Management Body of knowledge.
- QS: Quality Services.
- HCE: Historia clínica electrónica.

BIBLIOGRAFÍA

Guo, R., Shi, H., Zhao, Q., & Zheng, D. (2018). Secure Attribute-Based Signature Scheme With Multiple Authorities for Blockchain in Electronic Health Records Systems. *IEEE Access*, 6(20), 11676-11686. doi: 10.1109/access.2018.2801266

Esposito, C., De Santis, A., Tortora, G., Chang, H., & Choo, K. (2018). Blockchain: A Panacea for Healthcare Cloud-Based Data Security and Privacy?. *IEEE Cloud Computing*, 5(1), 31-37. doi: 10.1109/mcc.2018.011791712

Wang, H., & Song, Y. (2018). Secure Cloud-Based EHR System Using Attribute-Based Cryptosystem and Blockchain. *Journal Of Medical Systems*, 42(8), 1-9. doi: 10.1007/s10916-018-0994-6

DICCIONARIO DE LA REAL ACADÉMIA ESPAÑOLA. (2018) PRUEBA. Recuperado el 14 de agosto del 2018, de: <http://dle.rae.es/?id=PTk5Wk1>

MICROSOFT AZURE (2018). ¿QUÉ ES LA INFORMÁTICA EN LA NUBE? Recuperado el 14 de agosto del 2018, de: <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-cloud-computing/>

AMAZON. (2018). CADENA DE BLOQUES EN AWS. Recuperado el 14 de agosto del 2018, de: <https://aws.amazon.com/es/blockchain/>

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. (2018). PMBOK GUIDE AND STANDARDS. Recuperado el 14 de agosto del 2018, de: <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards>

MINISTERIO NACIONAL DE SALUD (2013). REGISTRO NACIONAL DE HISTORIA CLÍNICA ELECTRÓNICA. Recuperado el 14 de agosto del 2018, de: <http://www.minsa.gob.pe/renhice/?op=1>

SCIELO PERÚ. (2015). REGISTRO NACIONAL DE HISTORIAS CLÍNICAS ELECTRÓNICAS EN EL PERÚ. Recuperado el 14 de agosto del 2018, de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342015000200029

O'SHAUGHNESSY, JHON. 1991. MARKETING COMPETITIVO: UN ENFOQUE ESTRATÉGICO. España. Diaz de Santos. Recuperado el 23 de agosto de 2018, de: https://books.google.com.pe/books?id=Zua9_PZcmGcC&pg=PA290&dq=pruebas+de+concepto&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjB-

eubrofdAhXFk1kKHeBPAAVQ6AEIJzAA#v=onepage&q=pruebas%20de%20concepto&f=false

MINISTERIO DE SALUD. (13 de marzo del 2018). NORMA TÉCNICA DE SALUD PARA LA GESTIÓN DE LA HISTORIA CLÍNICA (NTS N°139—MINSAL/2018/DGAIN). Recuperado el 23 de agosto de 2018, de ftp://ftp2.minsa.gob.pe/normaslegales/2018/R.M_214-2018-MINSAL2.pdf

CONGRESO DE LA REPÚBLICA. (22 de mayo del 2013). LEY QUE CREA EL REGISTRO NACIONAL DE HISTORIAS CLÍNICAS ELECTRÓNICAS (LEY N° 30024). Recuperado el 23 de agosto del 2018, de <ftp://ftp2.minsa.gob.pe/normaslegales/2013/Ley30024.pdf>

CONGRESO DE LA REPÚBLICA. (13 de marzo 2013). COMISIÓN DE SALUD Y POBLACIÓN (DICTAMEN 6 2012-2013). Recuperado el 23 de agosto del 2018, de: [http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/TraDocEstProc/Contdoc01_2011.nsf/0/999b23f8c010279105257b2d007a2d57/\\$FILE/00897DCMAY13032013.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/TraDocEstProc/Contdoc01_2011.nsf/0/999b23f8c010279105257b2d007a2d57/$FILE/00897DCMAY13032013.pdf)

MINISTERIO DE SALUD (2013). REGSIRTO NACIONAL DE HISTORIAS CLÍNICAS ELECTRÓNICAS. OBJETIVOS. Recuperado el 23 de agosto del 2018, de: <http://www.minsa.gob.pe/renhice/?op=1>

ANEXO 1 - PROCESOS

Registrar personal médico por administrador

Fuente: Elaboración propia

Registrar pacientes por recepcionista

Fuente: Elaboración propia

[illegible]

143

Listar historia clínica por recepcionista

Versionar historia clínica por médico

Fuente: Elaboración propia

Listar pacientes atendidos por médico

Fuente: Elaboración propia

Otorgar permiso de tratamiento de historia clínica

Fuente: Elaboración propia

Visualizar historia clínica por paciente

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2 - WASC

Este documento alinea el proyecto de tesis con las competencias WASC, como propósito de evaluar la calidad universitaria. Para mas detalle revisar el Anexo A

ANEXO 3 - COSTOS

El propósito de esta sección es describir el plan de costos del proyecto durante su desarrollo y consiguiente su implementación, se define como se administrarán los costos internos y externos del proyecto “Modelo Tecnológico para la Gestión de la Historia Clínica entre Entidades privadas de Salud”. Para el éxito del proyecto todas las partes involucradas y las actividades detalladas en el plan deben estar dentro de las restricciones presupuestadas. De igual manera se deberá cumplir y trabajar en base al presente plan como el plan general del proyecto.

Para más detalle ver: Anexo C