

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“SISTEMA COLABORATIVO DE HISTORIAL MÉDICO PARA CLÍNICAS
PRIVADAS DEL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL
USANDO BLOCKCHAIN.”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:
Magister en Seguridad Informática Aplicada

Presentado por:

Ing. Jorge Alberto Gutiérrez Arbito

Ing. Nécker Iván Espinosa Feijóo

Guayaquil – Ecuador

2024

AGRADECIMIENTO

Agradezco desde la tierra hasta el cielo a mi mami por su amor y exhortaciones en la excelencia académica.

A mi esposa por su paciencia, cariño y motivación para lograr este objetivo, sin su ayuda no hubiera sido posible.

A mis hijos por sus tiernas caricias que me alentaban y ayudaban a dar sentido al sacrificio para lograr este objetivo.

Ing. Jorge Alberto Gutiérrez Arbito

AGRADECIMIENTO

En el camino hacia la culminación de este trabajo de titulación, han sido muchas las personas que me han brindado su apoyo, orientación y recursos. A todos ellos, les dedico este espacio de agradecimiento:

A mi familia, por su apoyo inquebrantable y comprensión, sin su amor y respaldo, este logro no habría sido posible.

A nuestros docentes, por compartir conocimientos, experiencias y desafíos a lo largo de este programa de postgrado.

Ing. Nécker Iván Espinosa Feijóo

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi esposa, por su amor incondicional, fe y por su trabajo en las actividades de los niños y de la casa mientras me dedicaba a este proyecto.

A mis padres, por brindarme la oportunidad de estudiar y darme ejemplo de la excelencia académica.

Ing. Jorge Alberto Gutiérrez Arbito

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación está dedicado a mi familia, amigos y seres queridos por su amor incondicional, comprensión y motivación en los momentos más desafiantes de esta travesía.

Ing. Nécker Iván Espinosa Feijóo

DECLARACIÓN EXPRESA

Nosotros JORGE ALBERTO GUTIÉRREZ ARBITO, NÉCKER IVÁN ESPINOSA FEIJÓO acordamos y reconocemos que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso. En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autor/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del

proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL. Guayaquil, 12 de diciembre del 2024.

Jorge Alberto Gutiérrez Arbito

Nécker Iván Espinosa Feijóo

EVALUADORES

Ph.D. Gabriel Astudillo Brocel

TUTOR

Mgs. Juan García Plúa

REVISOR

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo generar una hoja de ruta para identificar los pasos a seguir en la implementación de un sistema de gestión de historial médico colaborativo mediante Blockchain para clínicas del sector privado de la ciudad de Guayaquil.

Dentro del marco teórico se empleará el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM), el cual se desarrolla en la psicología social midiendo el grado de aceptación hacia nuevas tecnologías. Para cuantificar dicho grado de aceptación, se hará uso de la escala de Likert.

Se obtendrá información de los sujetos de estudio por medio de muestreos probabilístico por clúster/racimo y muestreo no probabilístico "bola de nieve". Las encuestas de los sujetos de estudio estarán valoradas del 1 al 5.

Finalmente se elaborará una hoja de ruta para la implementación del uso colaborativo del historial médico con tecnología Blockchain.

Cabe destacar que la implementación futura de los pasos descritos en la hoja de ruta de este trabajo investigativo estará condicionada por el grado de aceptación de los sujetos tabulados en los resultados de las encuestas.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	vi
EVALUADORES	viii
RESUMEN	ix
ÍNDICE GENERAL	x
ABREVIATURAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. GENERALIDADES	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Descripción del Problema	2
1.3 Solución Propuesta	3
1.4 Objetivo General	6
1.5 Objetivos Específicos	6
1.6 Metodología	7

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Historial Médico	11
2.1.1 Historial Médico Electrónico	11
2.1.2 Beneficios del Historial Médico Electrónico	12
2.2 Blockchain	13
2.2.1 Seguridad en Blockchain	15
2.2.2 Tipos de Blockchain	17
2.2.2.1 Blockchain Pública	17
2.2.2.1.1 Características de las Blockchain Públicas	17
2.2.2.2 Blockchain Privada	18
2.2.2.2.1 Características de las Blockchain Privadas	19
2.2.2.3 Blockchain Híbrida o Federada	19
2.2.2.3.1 Características de las Blockchain Híbridas o Federadas ..	20
2.3 Hyperledger	20
2.4 Hyperledger Fabric	21
2.5 Uso de Blockchain en la salud	23
2.6 Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM)	23
2.6.1 Historia del TAM	24
2.6.2 Aspectos del Modelo TAM	27

CAPÍTULO III. LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	
29	
3.1 Adaptación TAM a encuestas	29
3.2 Análisis de los resultados	32
3.2.1 Encuesta del Sujeto 1: Pacientes mayores de 18 años económicamente activos que residan en la ciudad de Guayaquil	33
3.2.2 Encuesta de Sujeto 2: Administradores de clínicas privadas del norte de la ciudad de Guayaquil	48
3.2.3 Encuesta de Sujeto 3: Doctores que trabajan en clínicas privadas del norte de la ciudad de Guayaquil.....	51
Capítulo IV. ANÁLISIS TÉCNICO Y LEGAL.....	55
4.1 Análisis de Infraestructura de las clínicas y pacientes.....	55
4.2 Análisis del sistema	56
4.2.1 Análisis de Blockchain	58
4.2.2 Análisis de marco de interoperabilidad	61
4.3 Análisis Legal	62
CAPÍTULO V. HOJA DE RUTA	66
5.1 Etapas.....	66
5.2 Evaluación de costos.....	68
CONCLUSIONES	73

RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	75

ABREVIATURAS

AWS	Amazon Web Service
DLT	Tecnología de contabilidad distribuida
EC2	Amazon Elastic Computed Cloud
ELB	Amazon Elastic Load Balancer
FHIR	Fast Healthcare Interoperability Resources
HER	Electronic Health Records
HL7	Health Level Seven
IAM	Amazon Identity and Access Management
KMS	AWS Key Management Service
PEOU	Facilidad de uso percibida
PU	Utilidad Percibida
RDS	Amazon Relational DataBase Service
S3	Amazon Simple Storage Service
TAM	Modelo de Aceptación Tecnológica
TRA	Teoría de la Acción Razonada
VPC	Amazon Virtual Private Cloud

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelo TAM	4
Figura 2: Esquema de Sistema Colaborativo	5
Figura 3: Esquema de Blockchain	15
Figura 4: Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM)	24
Figura 5: Modelo de Aceptación Tecnológica 2 (TAM2)	25
Figura 6: Modelo de Aceptación Tecnológica 3 (TAM3)	26
Figura 7: Sistema de Hyperledger con nodo en el borde	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables TAM	8
Tabla 2: Sujetos de Evaluación	10
Tabla 3: Equivalencia de las alternativas.....	32
Tabla 4: Respuestas de la Pregunta 1 – Sujeto 1	33
Tabla 5: Respuestas de la Pregunta 2 – Sujeto 1	35
Tabla 6: Respuestas de la Pregunta 3 – Sujeto 1	37
Tabla 7: Respuestas de la Pregunta 4 – Sujeto 1	38
Tabla 8: Respuestas de la Pregunta 5 – Sujeto 1	40
Tabla 9: Respuestas de la Pregunta 6 – Sujeto 1	42
Tabla 10: Respuestas de la Pregunta 7 – Sujeto 1	44
Tabla 11: Respuestas de la Pregunta 8 – Sujeto 1	46
Tabla 12: Respuestas de las Preguntas 1 al 5 – Sujeto 2	49
Tabla 13: Respuestas de las Preguntas 1 al 4 – Sujeto 3	52
Tabla 14: Servicios de AWS	57
Tabla 15: Componentes del sistema	69
Tabla 16: Costo inicial	70

Tabla 17: Costo mantenimiento y seguridad	70
Tabla 18: Capacitación de personal médico y administrativo	71
Tabla 19: Costo mensual recurrente	71

INTRODUCCIÓN

Una de las características sobresalientes del Homo Sapiens ha sido dejar huella de acciones realizadas, plasmadas en pinturas rupestres hace 17,000 – 15,000 años en el período Magdaleniense inicial, éstas fueron halladas en un complejo de cuevas en el sudeste de Francia, donde una de éstas muestra la herida de un hombre que fue atacado por un animal, la cual podríamos decir que es un pictograma del primer registro médico disponible ilustrando probablemente una herida multiorgánica [1].

En la actualidad, la evolución de los EHR (Electronic Health Records) ha permitido que éstos se puedan acceder desde lugares remotos y de forma concurrente por varias personas; no solamente es información estática sino también se ha convertido en alertas médicas y recordatorios [2].

Por medio de los registros de historial médico electrónicos, los pacientes ya no tendrán la dificultad de organizar y archivar de forma manual sus diagnósticos ni resultados clínicos, así mismo les brinda independencia de un médico o clínica en particular para llevar sus tratamientos.

CAPÍTULO I. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Debido a la existencia de pacientes con extenso historial médico y que además reciben tratamientos, exámenes y medicamentos continuos, se ven en la necesidad de armar de forma manual sus carpetas con la información que vayan recolectando, por ejemplo, aquellos afectados por la Diabetes Mellitus [3]. En el año 2019 en el Ecuador se registraron 4.890 muertes por causa de Diabetes Mellitus y 3246 muertes por causas de enfermedades hipertensivas [4].

1.2 Descripción del Problema

La motivación principal para realizar este proyecto es brindar a los pacientes la autoridad, control y privacidad de su historial médico, que lo puedan compartir con quienes deseen en el momento que ellos decidan, así como también evitar que terceras partes puedan violar la integridad de la información de su historial médico, lo que también implicaría tener una mejor atención y así evitar repetir análisis o tratamientos innecesarios.

Dados los constantes cambios y avances de la era digital en la medicina, es necesario contar con una tecnología caracterizada por ser

transparente, a prueba de alteraciones, confiable y descentralizada; es ahí donde interviene Blockchain [5].

Blockchain es una de las tecnologías que más se adapta para garantizar la disponibilidad y confidencialidad, el uso de Blockchain en el sector sanitario está empezando, sin embargo según una investigación realizada en el 2018 por Radanovic, "las aplicaciones de Blockchain en la medicina pueden incluir registros médicos electrónicos, procesos de suministro y administración de medicamentos, etc" [6]. Para poder entender el funcionamiento de Blockchain en los registros médicos de los pacientes, es necesario conocer los sistemas EHR (Electronic Health Record), "los cuales son una colección en tiempo real de información médica del paciente, incluye tipos de tratamientos con sus respectivos resultados de laboratorios, prescripciones médicas, entre otros" [7].

1.3 Solución Propuesta

En el presente proyecto se utilizará el TAM (Technology Acceptance Model) para medir el grado de aceptación por parte de los sujetos de estudio referente al uso de un sistema colaborativo de historial clínico [8]. Este modelo se caracteriza por su popularidad en el estudio de la percepción por parte de los usuarios hacia nuevas tecnologías [9]. "TAM fue desarrollado por Davis para explicar el comportamiento de uso de la computadora. El fundamento teórico del modelo es la teoría de la acción

razonada (TRA) de Fishbein y Ajzen. Según el TRA, las creencias influyen en las actitudes, que a su vez conducen a intenciones, que luego orientan o generan comportamientos. TAM adapta esta relación creencia-actitud-intención-comportamiento a un modelo de aceptación del usuario de TI. El objetivo de TAM es proporcionar una explicación general de los determinantes de la aceptación de la computadora, capaz de explicar el comportamiento de los usuarios en una amplia gama de tecnologías informáticas de usuarios finales y poblaciones de usuarios, y al mismo tiempo ser parsimoniosa y teóricamente justificada" [10, p. 94].

En la Figura 1 se expresa de forma simplificada el análisis que se realizará por medio del TAM para poder determinar el grado de aceptación o intención de uso de esta nueva tecnología.

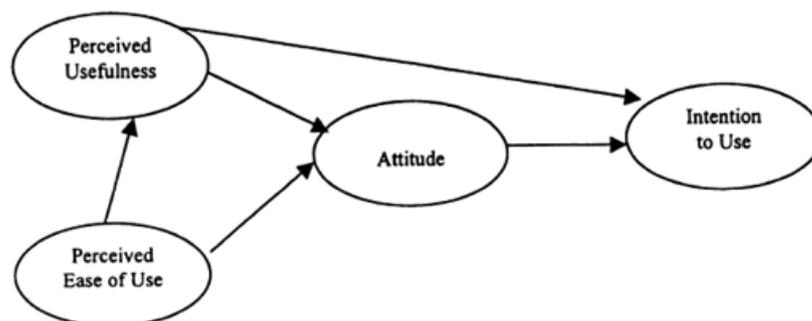


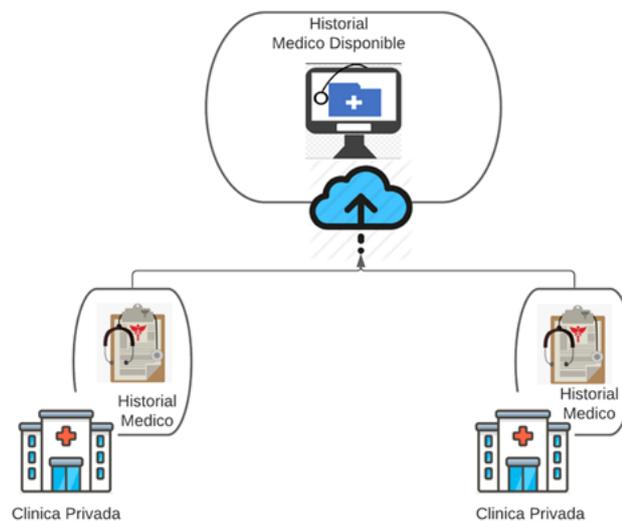
Figura 1: Modelo TAM

Fuente: <https://www.semanticscholar.org/paper/Examining-the-Technology-Acceptance-Model-Using-of-Hu-Chau/1d145b63fd065c562ed2fecb3f34643fc9653b60/figure/5>

Se obtendrá información de los sujetos de estudio por medio de muestreos probabilístico por clúster/racimo y muestreo no probabilístico "bola de

nieve". Las encuestas de los sujetos de estudio estarán basadas en una escala de Likert valorada del 1 al 5.

Finalmente se elaborará una hoja de ruta para la implementación del uso colaborativo del historial médico con tecnología Blockchain, tal como se muestra en la Figura 2.



*Figura 2: Esquema de Sistema Colaborativo
Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez*

El beneficio de la implementación de este tipo de tecnología no sólo ayudará al paciente, sino que también innovará en los mecanismos de seguridad y colaboración de la información en otros sectores productivos del país.

1.4 Objetivo General

Generar una hoja de ruta para identificar los pasos a seguir en relación con la implementación de un sistema de gestión de historial médico colaborativo usando Blockchain para clínicas del sector privado de la ciudad Guayaquil.

1.5 Objetivos Específicos

Para alcanzar el objetivo general, se realizarán los siguientes objetivos específicos:

- Adaptar el modelo TAM en relación con el Blockchain en clínicas privadas.
- Generar encuestas para obtener resultados de las variables de interés según la escala de Likert del 1 al 5.
- Analizar los datos recolectados de la encuesta.
- Generar la hoja de ruta con los pasos a seguir para la implementación de este sistema de gestión de historial médico colaborativo.

1.6 Metodología

Para el desarrollo de esta investigación se realizará un enfoque cuantitativo y un estudio descriptivo.

Dada la limitante de tiempo y recursos económicos se llevará a cabo un estudio en el cual se buscará determinar:

- El nivel de aceptación de los pacientes al almacenar su historial médico en una plataforma tecnológica, asegurando la disponibilidad, integridad y privacidad de la información.
- La disposición de los directores de las clínicas privadas de Guayaquil en usar un sistema de gestión de historial médico colaborativo.
- Nivel de conformidad de los doctores en acceder a la información del historial médico del paciente de forma colaborativa.

Para el análisis de este proyecto se empleará el modelo TAM que trata del estudio de la percepción del usuario en la utilización de las TICS [11], para obtener la información y poder analizarla se llevará a cabo encuestas a residentes de la ciudad de Guayaquil y en clínicas privadas del norte de la ciudad.

A continuación, en la Tabla 1, se describe tanto la definición conceptual como la operacional de las variables TAM.

Tabla 1: Variables TAM

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional
Actitud	"Sentimiento positivo o negativo del individuo sobre la realización del comportamiento objetivo (por ejemplo, usar un sistema)" [12, p. 33].	Cuestionario de aceptación TAM valorada según la escala de Likert del 1 al 5 [13, p. 200].
Intención de comportamiento	"El grado en que una persona ha formulado planes conscientes para realizar o no realizar algunos comportamientos futuros" [12, p. 33].	Cuestionario de aceptación TAM valorada según la escala de Likert del 1 al 5 [13, p. 200].
Ansiedad informática	"El grado de aprensión, o incluso miedo, de un individuo cuando se enfrenta a la posibilidad de usar computadoras" [12, p. 33].	Cuestionario de aceptación TAM valorada según la escala de Likert del 1 al 5 [13, p. 200].
Autoeficacia informática	"El grado en que un individuo cree que tiene la capacidad para realizar una tarea / trabajo específico usando computadora" [12, p. 33].	Cuestionario de aceptación TAM valorada según la escala de Likert del 1 al 5 [13, p. 200].
Facilidad de condiciones	"El grado en que un individuo cree que existe una infraestructura organizativa	Cuestionario de aceptación TAM valorada según la

	y técnica para apoyar el uso del sistema" [12, p. 33].	escala de Likert del 1 al 5 [13, p. 200].
Imagen	"El grado en que se percibe el uso de una innovación para mejorar el estatus de uno en el sistema social de uno" [12, p. 33].	Cuestionario de aceptación TAM valorada según la escala de Likert del 1 al 5 [13, p. 200].
Relevancia de trabajo	"La percepción del individuo con respecto al grado en que el sistema objetivo es relevante para su trabajo" [12, p. 33].	Cuestionario de aceptación TAM valorada según la escala de Likert del 1 al 5 [13, p. 200].
Utilidad percibida (PU - Perceived Usefulness)	"El grado al cual una persona cree que usando un sistema en particular va a mejorar su desempeño laboral" [14, p. 320].	Cuestionario de aceptación TAM valorada según la escala de Likert del 1 al 5 [13, p. 200].
Facilidad de uso percibida (PEOU - Perceived Ease of Use)	"El grado en el cual una persona cree que usando un sistema en particular será sencillo o libre de esfuerzo" [14, p. 320].	Cuestionario de aceptación TAM valorada según la escala de Likert del 1 al 5 [13, p. 200].
Influencia social	"El grado en el que un individuo percibe que otras personas importantes creen que debe usar el nuevo sistema" [12, p. 33].	Cuestionario de aceptación TAM valorada según la escala de Likert del 1 al 5 [13, p. 200].

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

Con base a la información del mes de Marzo del año 2019 en Guayaquil la población económicamente activa mayor de 18 años, era de aproximadamente el 50% [15, p. 8], de un total de aproximadamente 2.700.000 de habitantes [16]; seleccionando un nivel de confianza del 95% y margen de error del 5% se obtiene que el tamaño de la muestra sería 384 [17].

En la tabla 2 se han definido los 3 sujetos de investigación con su respectivo tipo de muestreo y estrategia de obtención de la información.

Tabla 2: Sujetos de Evaluación

Sujeto	Perfil del Sujeto	Tamaño de Muestra	Tipo de muestreo	Estrategia para obtener información
Sujeto 1	Pacientes mayores de 18 años económicamente activos que residen en la ciudad de Guayaquil.	384	Probabilístico	Por clúster, racimo.
Sujeto 2	Administradores de clínicas privadas del norte de la ciudad de Guayaquil.		No probabilístico	Bola de nieve
Sujeto 3	Doctores que trabajan en clínicas privadas del norte de la ciudad de Guayaquil.		No probabilístico	Bola de nieve

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Historial Médico

Una historia clínica o historia médica es una colección de información de un paciente que proporciona una imagen de su actual estado de salud. Cuando la historia clínica de un paciente se hace correctamente, suministra al profesional médico hechos importantes que ayudarán a hacer un diagnóstico y establecer el tratamiento más adecuado[18].

2.1.1 Historial Médico Electrónico

La historia clínica electrónica, o historial médico electrónico, es una colección digital de los detalles de la salud del paciente.

La información que se almacena en una historia clínica puede incluir lo siguiente:

- Antecedentes médicos (incluidas las vacunas, los resultados de estudios y registros de crecimiento y desarrollo).
- Información del seguro de salud y la facturación.
- Otros datos relacionados con la salud

Puesto que se almacena de forma digital, los profesionales del cuidado de la salud de un establecimiento médico (consultorio, hospital, etc.) pueden compartir la información y enviarla rápidamente a otro establecimiento si el paciente visita a otro profesional de la salud [19].

2.1.2 Beneficios del Historial Médico Electrónico

- **Almacenar los datos de manera segura:** se preserva la información acerca de la salud mediante el almacenamiento digital de los datos, se rastrea cada cambio que se realiza en la historia clínica digital al igual que al momento en que se efectuó y a la identificación de la persona quien lo realizó; no es posible eliminar páginas del historial, mientras que las que están en papel se pueden perder, archivar de manera incorrecta o romper [19].
- **Prevenir errores médicos:** algunos sistemas alertan a los médicos al momento de recetar y dosificar fármacos, así mismo sobre posibles interacciones peligrosas de los medicamentos, alergias o posibles reacciones a éstos; los pacientes pueden evitar hacerse radiografías o análisis de laboratorio innecesarios ya que cada resultado se registra, se almacena y se consulta fácilmente [19].
- **Ahorrar tiempo:** soporta el acceso en simultáneo, un médico puede revisar los resultados de estudios previos mientras un enfermero

introduce los signos vitales y la oficina administrativa envía los documentos necesarios a su aseguradora; las recetas se pueden generar electrónicamente a través del historial y éstas se envían directamente a la farmacia para ahorrarle tiempo al paciente [19].

- **Ahorrar espacio:** las salas de archivo ya no son requeridas gracias al almacenamiento digital de las historias médicas electrónicas; se puede aprovechar dicho espacio para la adición de habitaciones de atención, centro de imágenes, entre otros [19].
- **Empoderar a los pacientes:** los padres cuentan con un mejor acceso de información médica referente al cuidado de sus hijos (o del propio); pueden consultar resultados de estudios, volver a revisar las instrucciones para el cuidado en el hogar e incluso comprobar si hay errores [19].

2.2 Blockchain

Es un registro único, consensado y distribuido en varios nodos de una red; mientras que para las criptomonedas, podemos asemejarlo a un libro contable donde se registra cada una de las transacciones [20].

Si se intentara entender su funcionamiento profundizando en su estructura más íntima de implementación, podría resultar un tanto complejo; pero si nos abstraemos a su concepto básico, se torna sencillo de seguir [20].

En cada bloque se almacena:

- Una cantidad de registros o transacciones válidas.
- Información referente a ese bloque.
- Su vinculación con el bloque anterior y el bloque siguiente a través del hash de cada bloque (código único que se asemejaría a la huella digital del bloque).

Dado que cada bloque contiene información del hash del bloque anterior, cada bloque debe tener un lugar específico e inamovible dentro de la cadena; es así que en cada nodo de la red que conforma el Blockchain, se guarda la cadena completa, de esta forma, se almacena una copia exacta de la cadena en todos los participantes de la red [20].

Al momento de crear nuevos registros, éstos son verificados y validados en primer lugar por los otros nodos de la red, posteriormente, son añadidos a un nuevo bloque que se enlaza a la cadena [20].

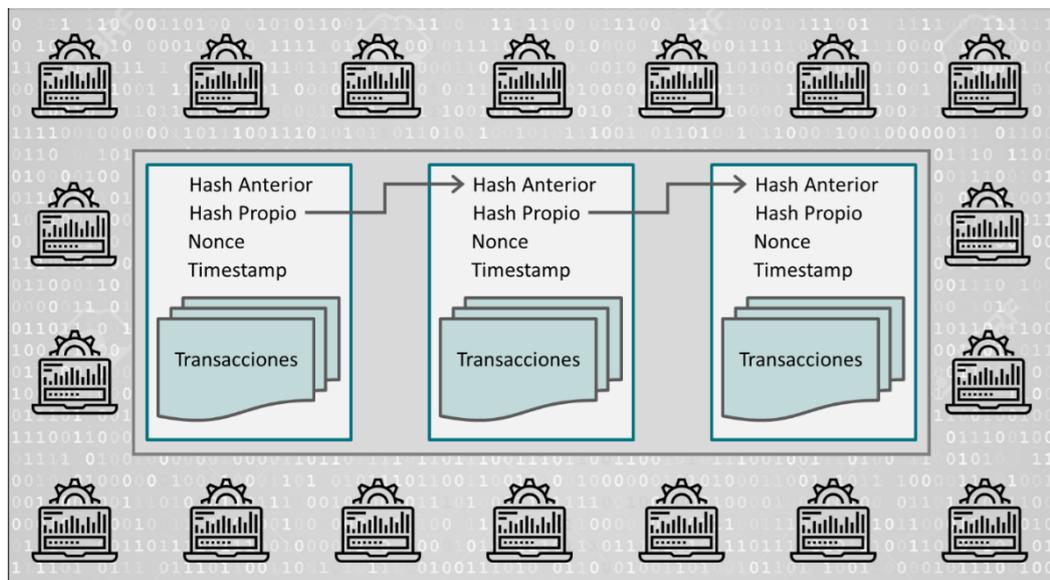


Figura 3: Esquema de Blockchain

Fuente: <https://www.welivesecurity.com/la-es/2022/05/13/blockchain-que-es-como-funciona-y-como-se-esta-usando-en-el-mercado/>

2.2.1 Seguridad en Blockchain

Esta tecnología distribuida al ser caracterizada por el almacenamiento de una copia exacta de la cadena en cada uno de sus nodos de red, garantiza la disponibilidad de la información en todo momento [20]. De esta forma, en el caso de un ataque de denegación de servicio, el actor malicioso tendría que anular todos los nodos de la red, ya que basta con que uno esté activo para que la información permanezca disponible.

En el caso que un atacante quisiera alterar la información en la cadena de bloques, debería modificarla en al menos el 51% de los nodos, dado que éstos son registros consensuados y contienen la misma información

asegurando su integridad; es por esto que resulta casi imposible alterarla [20].

Adicionalmente, cada bloque está matemáticamente vinculado al bloque siguiente, es decir, que una vez que se añade uno nuevo a la cadena, éste se vuelve inalterable, si es que un bloque se llegase a alterar, su relación con la cadena se rompería, se concluye que toda la información registrada en los bloques es inmutable y perpetua; es así que en Blockchain la información no se pierde, modifica o elimina [20].

Para la verificación de la información, validación de las transacciones y datos almacenados en el Blockchain, cada nodo de la red utiliza certificados y firmas digitales, de esta forma se asegura la autenticidad de la información [20].

En Blockchain todos los nodos participan equitativamente almacenando y validando la información porque no existe un nodo central, es por esta razón que los datos están distribuidos en todos los nodos de la red; así se convierte en una herramienta potente para comunicarnos y almacenar la información de forma confiable, al ser descentralizado, no depende de una compañía que brinde el servicio [20].

2.2.2 Tipos de Blockchain

Existen varios tipos de Blockchain, cada una con sus características y capacidades que se adaptan a distintas necesidades, tales como la pública, la privada y la híbrida o federada [21].

2.2.2.1 Blockchain Pública

Se lo reconoce como el primer tipo de Blockchain que existió, donde cualquier persona puede acceder y unirse libremente a las cadenas de bloque; como por ejemplo: Bitcoin, Ethereum, Dash, Monero o Zcash [21].

La distinción de este tipo de Blockchain es mantener abierto al público sus datos, software y su desarrollo, permitiendo a cualquier persona revisar, auditar, desarrollar o mejorarlo; esto es posible gracias a las medidas de seguridad de las cadenas de bloques que impiden a los actores maliciosos alterar fácilmente su funcionamiento mediante tolerancia a fallas bizantinas en la programación y protocolos de consenso robustos [21].

2.2.2.1.1 Características de las Blockchain Públicas

- Cualquier persona puede formar parte de ésta, ya sea como usuario, minero o administrador de nodo y sin restricción alguna [21].

- El funcionamiento de la red es completamente transparente y abierto, desde el inicio los datos están disponibles para todos y sin restricciones, es decir, cualquiera puede revisar o auditar el funcionamiento de la red y su software [21].
- Las redes son completamente descentralizadas, es decir, no existe ninguna autoridad central que regule su funcionamiento [21].
- Económicamente depende de la minería como del cobro de comisiones por cada transacción que se realiza dentro de la red [21].

2.2.2.2 Blockchain Privada

Este tipo de Blockchain cuenta con los mismos elementos que las públicas, con la diferencia que éstas dependen de una unidad central que controla todas las acciones dentro de la misma, tales como la gestión de acceso a los usuarios y permisos; tanto el software privativo como el libre hacen uso de este tipo [21].

Dentro de los proyectos más importantes de Blockchain Privada en el mundo criptográfico podemos encontrar a Hyperledger, iniciado por la Fundación Linux y varias empresas del sector tecnológico [21], el cual mencionaremos más adelante.

2.2.2.2.1 Características de las Blockchain Privadas

- Sólo aquellos elementos que han sido autorizados por la unidad central de control podrán tener acceso a la red [21].
- Se mantiene privado el acceso al libro de transacciones o cualquier otro medio de información generado [21].
- No cuentan con criptomonedas ni se realizan acciones de minería, por ende, generalmente la empresa que sostiene el proyecto es quien se encarga del mantenimiento económico de este tipo de Blockchain [21].

2.2.2.3 Blockchain Híbrida o Federada

Este tipo de Blockchain es una combinación entre la pública y la privada, donde la participación en la red es privada y el acceso a los recursos de la red es controlado por una o varias entidades; mientras que el libro de contabilidad es accesible de forma pública, lo que implica que cualquier persona puede explorar bloque a bloque todo lo que sucede [21].

Los gobiernos u organizaciones empresariales que requieren almacenar o compartir datos de forma segura hacen uso de este tipo de red de Blockchain, tal cual sucede con el sector sanitario donde el almacenamiento de sus líneas de producción de medicamentos se

empieza a realizar con esta tecnología; las autoridades competentes con el fin de controlar la calidad pueden revisar los datos almacenados, por esta razón este tipo de Blockchain se destaca por mantener un alto nivel de transparencia y confianza [21].

2.2.2.3.1 Características de las Blockchain Híbridas o Federadas

- Los elementos que pueden acceder a la red deben ser autorizados por el resto de unidades de control [21].
- Se mantiene público el acceso al libro de transacciones o cualquier otro medio de información generado por la red [21].
- El consenso de la red excluye minería y criptomonedas, se utilizan otros medios que aseguran que los datos son correctos [21].
- Tiene un mejor nivel de seguridad y transparencia por ser parcialmente descentralizado [21].

2.3 Hyperledger

Es creado en 2015 por Linux Foundation, con la premisa de ser una tecnología de código abierto y colaborativa que promueve proyectos bajo

Blockchain; busca desarrollar estándares y protocolos abiertos, incluyendo variedad de Blockchains con diferentes consensos, sistemas de almacenamiento, servicios de identidad, entre otros [22].

2.4 Hyperledger Fabric

Es una plataforma de código abierto diseñada para su uso en contextos empresariales con tecnologías de contabilidad distribuida (DLT) debido a que en varios casos requieren de las características de Blockchain pero no pueden hacer uso de las redes públicas porque no proporcionan privacidad y además suelen tener costos asociados al flujo de transacciones [23].

- Se adapta muy bien a casos de uso de banca, finanzas, seguros, recursos humanos, cadenas de suministro, logística, entre otros, gracias a su arquitectura altamente modular y configurable [23].
- Se la reconoce como el ledger distribuido pionero en el soporte de Smart Contracts en lenguajes de programación más generales, tales como Java, Go o Nodejs [23].
- Es una plataforma permissionada donde los participantes se conocen entre sí sin la necesidad de confiar entre ellos ya que la red sirve como capa de confianza [23].

- Posee una gran adaptación a casos de uso particulares o que requieran de algún tipo de consenso específico gracias a que sus protocolos de consenso permiten ser personalizarlos de forma más efectiva [23].
- El riesgo de ataque es significativamente bajo porque no se asocia un valor a cada transacción debido a la exclusión de criptomonedas aunque es posible implementarlas [23].
- Utiliza canales que permiten la coexistencia en la misma red la información pública y privada [23].

La privacidad y confidencialidad para subconjuntos específicos de la red se proporciona por medio de canales privados, donde los participantes de la red pueden entablar canales entre sí garantizando visibilidad de una parte de las transacciones, cabe destacar que quienes tendrán acceso al Smart Contract y a los datos de transacción serán aquellos que pertenezcan al canal; este es el mecanismo por el cual se logra confidencialidad y privacidad en las transacciones y datos aún a pesar que dentro de la misma red se encuentren otras organizaciones que no están relacionadas en el Smart Contract [23].

2.5 Uso de Blockchain en la salud

Algunos hospitales utilizan Blockchain para almacenar y asegurar registros médicos, logrando que el historial médico del paciente no sólo esté disponible para los médicos autorizados de dicho centro de salud, sino que también lo esté para otros centros autorizados; otro campo de aplicación es en la industria farmacéutica mediante la verificación de medicamentos y controles para evitar falsificaciones [24].

2.6 Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM)

El Modelo de Aceptación Tecnológica fue creado en 1989 por Fred Davis, el cual establece el grado de aceptación de las nuevas tecnologías por parte de la sociedad; su precedente es la Teoría de la Acción Razonada (TRA) de Fishbein & Ajzen desarrollada en 1975, donde afirma que la conducta y la intención de comportamiento son función de la propia actitud hacia el comportamiento y sus percepciones sobre el mismo, en otras palabras, la conducta es función tanto de las actitudes como de las creencias [25].

Remontándonos al origen de TAM, el principal problema que motivó su creación fue la falta de una escala de medición que pudiera predecir la aceptación de la tecnología por parte del usuario, por tanto, se trabajó en

dos variables: Utilidad Percibida (PU) y Facilidad de Uso Percibida (PEOU) [26], a continuación se ilustra en la Figura 4:

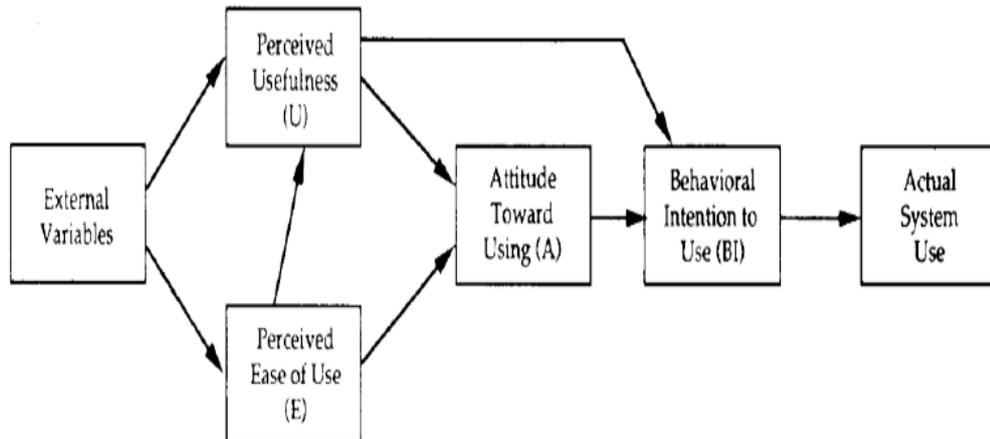


Figura 4: Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM)

Fuente: <http://ejournal.ihdn.ac.id/index.php/JOELE/article/viewFile/724/606>

2.6.1 Historia del TAM

A lo largo del tiempo, el TAM ha ido cambiando, tanto así que en 1996, en un artículo de Venkatesh y Davis, donde investigaban acerca del antecedente de la Facilidad de Uso Percibido, introducen TAM1 con la particularidad de la omisión de la Actitud a causa de que ésta no mediaba completamente el efecto entre el PU y el PEOU [26].

En el año 2000 Venkatesh & Davis desarrollaron y probaron una extensión teórica del TAM, a la cual le llamaron TAM2, donde el PU se explica por medio de dos variables externas: 'procesos de influencia social' y 'procesos cognitivos instrumentales', las cuales han demostrado que

influyen significativamente en la Utilidad Percibida [26], a continuación, se ilustra en la Figura 5:

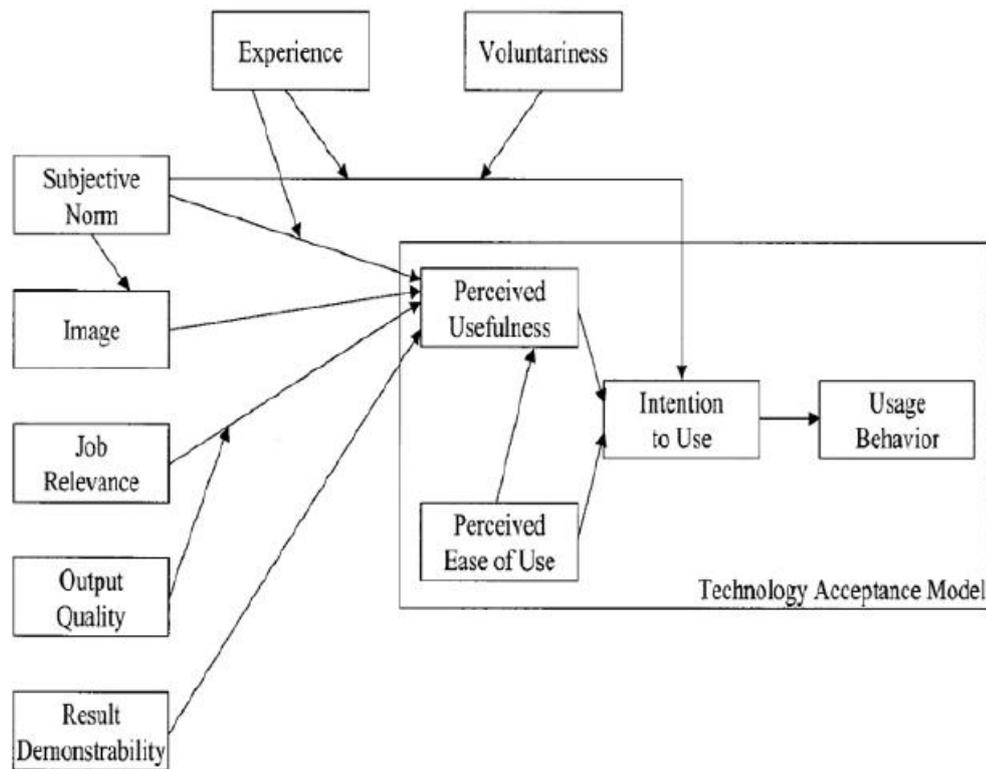


Figura 5: Modelo de Aceptación Tecnológica 2 (TAM2)
Fuente: <http://ejournal.ihdn.ac.id/index.php/JOELE/article/viewFile/724/606>

Mientras que en 2008 Venkatesh y Bala introducen TAM3 con la novedad que se combinan todos los determinantes de PEOU [26], tal como se ilustra en la Figura 6:

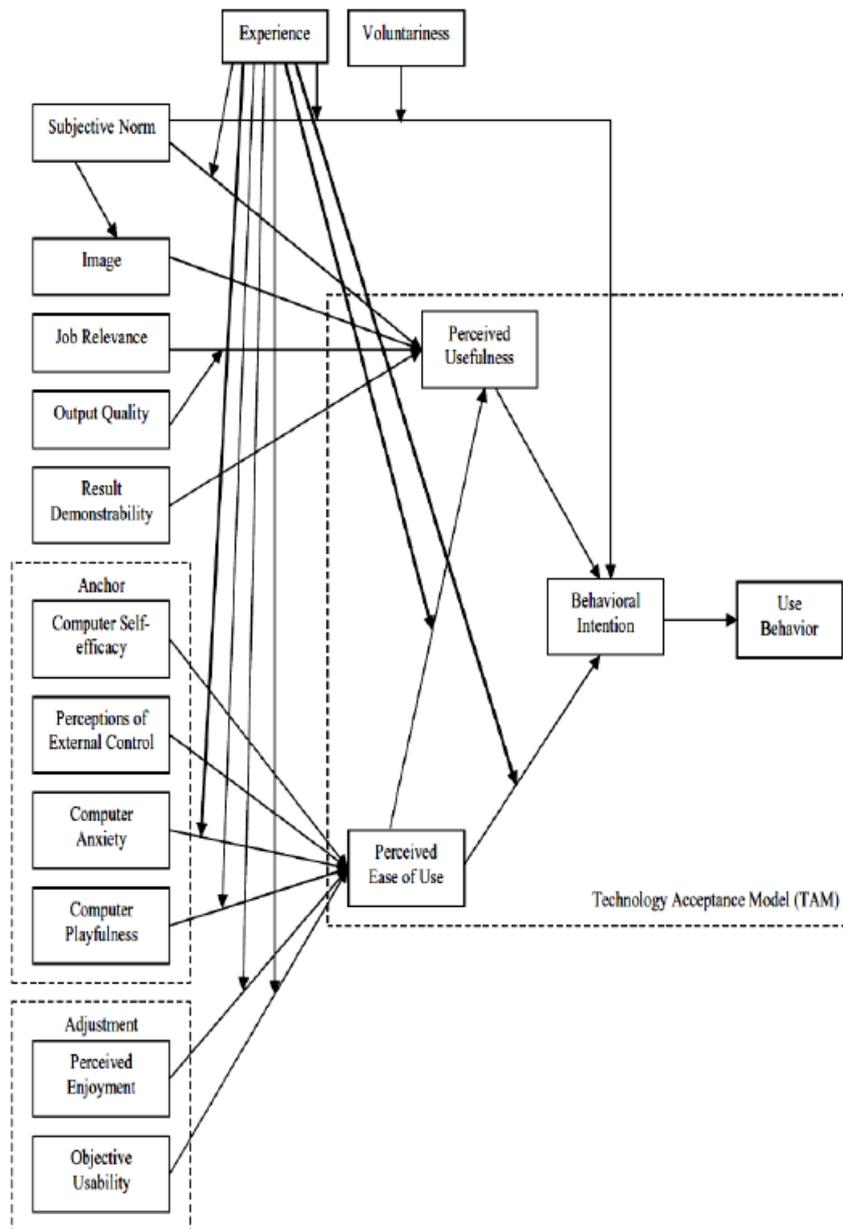


Figura 6: Modelo de Aceptación Tecnológica 3 (TAM3)

Fuente: <http://ejournal.ihdn.ac.id/index.php/JOELE/article/viewFile/724/606>

2.6.2 Aspectos del Modelo TAM

En cualquier caso, e independientemente de las versiones, se valoran elementos como la utilidad percibida, la facilidad percibida, la actitud y la intención de uso.

1. Utilidad percibida

Según Davis, la utilidad percibida es una medición por la cual el uso de la tecnología provee algún tipo de beneficio para el que las incorpora, mientras que la percepción de utilidad se relaciona con la capacidad subjetiva de futuros usuarios a utilizar un sistema tecnológico en particular [27].

Por ejemplo, la incorporación de los ordenadores personales en las empresas respondió a la posibilidad de escribir más rápido, guardar los documentos, y compartirlos de forma digital, algo que no era posible de realizar con las máquinas de escribir antiguas.

2. Facilidad de uso percibida

Según Jogiyanto, la facilidad de uso percibida relaciona el grado de aceptación en que una persona usaría una tecnología si y sólo si este sistema tecnológico es fácil de usar [27].

De esta forma se puede comprender en la importancia de un sistema amigable para el usuario, ya que los usuarios podrían ser determinantes en la decisión de su utilización o no.

3. Actitud hacia el uso

La actitud hacia el uso se integra con los sentimientos positivos o negativos hacia una conducta, por ende, antes de implementar alguna nueva tecnología, es fundamental conocer la predisposición del posible usuario [28].

Tal podría ser el caso de sistemas de reconocimiento facial, ¿la mayoría de los usuarios experimentarían un abuso a su privacidad o lo verían como una forma de automatización y seguridad?

4. Intención hacia el uso

La intención hacia el uso es el interés y comportamiento habitual de una persona a utilizar cierta tecnología, por lo cual puede predecirse a partir de la actitud, atención y motivación para seguirla utilizando o inclusive, invitar a otros [27].

Por ejemplo, podríamos citar la utilización de plataformas financieras que permiten a las pequeñas empresas recibir pagos por medio de tarjetas de créditos con tasas reducidas.

CAPÍTULO III. LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.1 Adaptación TAM a encuestas

En esta sección se detallarán las preguntas que se realizarán en las encuestas a los 3 sujetos de estudio.

Preguntas Sujeto 1:

- ¿Cree usted que es importante facilitar el acceso simultáneo de varios profesionales de la salud a su historia clínica?
- ¿Cree usted que es importante que en una consulta médica su especialista ya cuente con la información de su historial médico completo?
- ¿Cree usted que es importante tener su historial médico completo y disponible todo el tiempo y de forma electrónica?
- ¿Le interesaría utilizar un sistema donde pueda decidir cuándo y a quién compartir su historial médico de forma segura?

- ¿Qué tan importante considera que el uso de un sistema de historial clínico electrónico podría mejorar la entrega de resultados de análisis, soporte al diagnóstico y seguimientos de tratamientos?
- ¿Qué tan importante considera que la utilización de sistemas de historial médico electrónico utilizados en países tecnológicamente más desarrollados que Ecuador podría mejorar la atención médica en clínicas?
- ¿Qué tan importante considera que, en caso de requerir un tratamiento médico en el exterior, le sería de utilidad que su historial clínico esté disponible de forma completa en otro establecimiento médico?

Preguntas Sujeto 2:

- ¿Qué tan importante considera que al emplear un sistema de historial médico electrónico utilizado en países tecnológicamente más desarrollados que Ecuador podría traer cierto beneficio a su clínica?
- ¿Cree usted que es importante que su cliente/paciente tenga conocimiento que el centro médico que usted administra tiene acceso a su historial médico de forma completa?

- ¿Cree usted que su personal médico tendrá dificultades técnicas al ser capacitado en la utilización de otro sistema médico de historial clínico?
- ¿Qué tan importante considera que al adquirir un servicio de historial médico electrónico pueda generar beneficios para una mayor captación de clientes?
- ¿Qué tan importante considera que, si uno de sus pacientes llegase a requerir un tratamiento médico en el exterior, le sería de utilidad que su historial clínico esté disponible de forma completa en otro establecimiento médico?

Preguntas Sujetos 3:

- ¿Qué tan importante considera que es tener la historia clínica del paciente completa, ordenada y disponible en cualquier momento?
- ¿Qué tan importante considera utilizar un sistema de historial médico electrónico donde se pueda visualizar y agregar la historia clínica del paciente de forma inmediata?
- ¿Qué tan importante considera el uso un sistema de historial médico electrónico para disminuir posibilidades de pérdida o deterioro de la información clínica del paciente?

- ¿Qué tan importante considera que el uso de un sistema de historial clínico electrónico podría mejorar la entrega de resultados de análisis, soporte al diagnóstico y seguimiento del tratamiento?

Las preguntas anteriormente detalladas harán uso de la escala de Likert con su respectiva equivalencia, tal como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3: Equivalencia de las alternativas

Alternativa	Equivalencia
No es importante	1
Poco importante	2
Neutral	3
Importante	4
Muy importante	5

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

3.2 Análisis de los resultados

Para realizar el análisis de los resultados se calculará la media y la desviación estándar.

3.2.1 Encuesta del Sujeto 1: Pacientes mayores de 18 años económicamente activos que residan en la ciudad de Guayaquil

Tal como se indica en la Tabla 2, la muestra para el sujeto 1 es de 384 personas, en el presente estudio se obtuvieron los resultados de 418 personas.

Pregunta 1:

¿Cree usted que es importante facilitar el acceso simultáneo de varios profesionales de la salud a su historia clínica?

Tabla 4: Respuestas de la Pregunta 1 – Sujeto 1

Alternativa	Respuestas
No es importante	3
Poco importante	3
Neutral	19
Importante	158
Muy importante	235

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

Media:

$$x = \frac{(3 * 1) + (3 * 2) + (19 * 3) + (158 * 4) + (235 * 5)}{418}$$

$$x = \frac{3 + 6 + 57 + 632 + 1175}{418}$$

$$x = \frac{1873}{418}$$

$$x = 4.48$$

Desviación Estándar:

$$x^2 = 3(1 - 4.48)^2 + 3(2 - 4.48)^2 + 19(3 - 4.48)^2 + 158(4 - 4.48)^2 + 235(5 - 4.48)^2$$

$$x^2 = 3(12.11) + 3(6.15) + 19(2.19) + 158(0.23) + 235(0.27)$$

$$x^2 = 36.33 + 18.45 + 41.61 + 36.34 + 63.45$$

$$x^2 = \frac{196.18}{417}$$

$$x^2 = 0.47$$

$$x = 0.68$$

Análisis:

- Según el resultado del cálculo de la media, podemos deducir que en promedio los encuestados consideran importante el facilitar el acceso a varios profesionales de la salud a su historial médico.
- Dado que la desviación estándar es baja y cercana a cero, podemos indicar que las respuestas de las encuestas tienden a estar cerca de la media.
- Más del 50% de los encuestados coincidió que es muy importante facilitar el acceso a varios profesionales de la salud a su historial médico, mientras que menos del 5% de los encuestados lo consideran poco o nada importante.

Pregunta 2:

¿Cree usted que es importante que en una consulta médica su especialista ya cuente con su historial médico completo?

Tabla 5: Respuestas de la Pregunta 2 – Sujeto 1

Alternativa	Respuestas
No es importante	0
Poco importante	6
Neutral	12
Importante	83
Muy importante	317

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

Media:

$$x = \frac{(0 * 1) + (6 * 2) + (12 * 3) + (83 * 4) + (317 * 5)}{418}$$

$$x = \frac{12 + 36 + 332 + 1585}{418}$$

$$x = \frac{1965}{418}$$

$$x = 4.70$$

Desviación Estándar:

$$x^2 = 0(1 - 4.70)^2 + 6(2 - 4.70)^2 + 12(3 - 4.70)^2 + 83(4 - 4.70)^2 + 317(5 - 4.70)^2$$

$$x^2 = 6(7.29) + 12(2.89) + 83(0.49) + 317(0.09)$$

$$x^2 = 43.74 + 34.68 + 40.67 + 28.53$$

$$x^2 = \frac{147.62}{417}$$

$$x^2 = 0.3540$$

$$x = 0.5950$$

Análisis:

- Según el resultado del cálculo de la media, podemos deducir que en promedio los encuestados consideran muy importante que su especialista cuente ya con el historial médico en una consulta médica.
- Dado que la desviación estándar es baja y cercana a cero, podemos indicar que las respuestas de las encuestas tienden a estar cerca de la media.
- Más del 70% de los encuestados coincidió que es muy importante que su especialista cuente ya con el historial médico en una consulta médica, mientras que menos del 5% de los encuestados lo consideran poco o nada importante.

Pregunta 3:

¿Cree usted que es importante tener su historial médico completo y disponible todo el tiempo y de forma electrónica?

Tabla 6: Respuestas de la Pregunta 3 – Sujeto 1

Alternativa	Respuestas
No es importante	0
Poco importante	4
Neutral	17
Importante	73
Muy importante	324

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

Media:

$$x = \frac{(0 * 1) + (4 * 2) + (17 * 3) + (73 * 4) + (324 * 5)}{418}$$

$$x = \frac{8 + 51 + 292 + 1620}{418}$$

$$x = \frac{1971}{418}$$

$$x = 4.72$$

Desviación Estándar:

$$x^2 = 0(1 - 4.72)^2 + 4(2 - 4.72)^2 + 17(3 - 4.72)^2 + 73(4 - 4.72)^2 + 324(5 - 4.72)^2$$

$$x^2 = 4(7.40) + 17(2.96) + 73(0.52) + 324(0.08)$$

$$x^2 = 29.6 + 50.32 + 37.96 + 25.92$$

$$x^2 = \frac{143.8}{417}$$

$$x^2 = 0.3448$$

$$x = 0.5872$$

Análisis:

- Según el resultado del cálculo de la media, podemos deducir que en promedio los encuestados consideran muy importante que su historial médico esté completo, disponible todo el tiempo y de forma electrónica.
- Dado que la desviación estándar es baja y cercana a cero, podemos indicar que las respuestas de las encuestas tienden a estar cerca de la media.
- Más del 70% de los encuestados coincidió que es muy importante que su historial médico esté completo, disponible todo el tiempo y de forma electrónica, mientras que menos del 1% de los encuestados lo consideran poco o nada importante.

Pregunta 4:

¿Le interesaría utilizar un sistema donde pueda decidir cuándo y a quién compartir su historial médico de forma segura?

Tabla 7: Respuestas de la Pregunta 4 – Sujeto 1

Alternativa	Respuestas
No es importante	0
Poco importante	3
Neutral	20
Importante	94
Muy importante	301

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

Media:

$$x = \frac{(0 * 1) + (3 * 3) + (20 * 3) + (94 * 4) + (301 * 5)}{418}$$

$$x = \frac{9 + 60 + 376 + 1505}{418}$$

$$x = \frac{1950}{418}$$

$$x = 4.67$$

Desviación Estándar:

$$x^2 = 0(1 - 4.67)^2 + 3(2 - 4.67)^2 + 20(3 - 4.67)^2 + 94(4 - 4.67)^2 + 301(5 - 4.67)^2$$

$$x^2 = 3(7.13) + 20(2.79) + 94(0.45) + 301(0.11)$$

$$x^2 = 21.39 + 55.8 + 42.3 + 33.11$$

$$x^2 = \frac{152.60}{417}$$

$$x^2 = 0.3659$$

$$x = 0.6049$$

Análisis:

- Según el resultado del cálculo de la media, podemos deducir que en promedio los encuestados consideran importante usar un sistema en donde puedan decidir cuándo y a quién compartir su historial médico.
- Dado que la desviación estándar es baja y cercana a cero, podemos indicar que las respuestas de las encuestas tienden a estar cerca de la media.

- Más del 70% de los encuestados consideran importante o muy importante usar un sistema en donde puedan decidir cuándo y a quién compartir su historial médico, mientras que menos del 1% de los encuestados lo consideran poco o nada importante.

Pregunta 5:

¿Qué tan importante considera que el uso de un sistema de historial clínico electrónico podría mejorar la entrega de resultados de análisis, soporte al diagnóstico y seguimiento al tratamiento?

Tabla 8: Respuestas de la Pregunta 5 – Sujeto 1

Alternativa	Respuestas
No es importante	0
Poco importante	6
Neutral	28
Importante	170
Muy importante	214

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

Media:

$$x = \frac{(0 * 1) + (6 * 2) + (28 * 3) + (170 * 4) + (214 * 5)}{418}$$

$$x = \frac{12 + 84 + 680 + 1070}{418}$$

$$x = \frac{1846}{418}$$

$$x = 4.42$$

Desviación Estándar:

$$x^2 = 0(1 - 4.42)^2 + 6(2 - 4.42)^2 + 28(3 - 4.42)^2 + 170(4 - 4.42)^2 + 214(5 - 4.42)^2$$

$$x^2 = 6(5.86) + 28(2.02) + 170(0.18) + 214(0.34)$$

$$x^2 = 35.16 + 56.56 + 30.6 + 72.76$$

$$x^2 = \frac{195.08}{417}$$

$$x^2 = 0.4678$$

$$x = 0.6839$$

Análisis:

- Según el resultado del cálculo de la media, podemos deducir que en promedio los encuestados consideran importante que el uso de un sistema de historial clínico electrónico podría mejorar la entrega de resultados de análisis, soporte al diagnóstico y seguimiento al tratamiento.
- Dado que la desviación estándar es baja y cercana a cero, podemos indicar que las respuestas de las encuestas tienden a estar cerca de la media.
- Más del 70% de los encuestados consideran importante o muy importante que el uso de un sistema de historial clínico electrónico podría mejorar la entrega de resultados de análisis, soporte al diagnóstico y seguimiento al tratamiento, mientras que menos del 1% de los encuestados lo consideran poco o nada importante.

Pregunta 6:

¿Qué tan importante considera que la utilización de sistemas de historial médico electrónico utilizados en países tecnológicamente más desarrollados que Ecuador podría mejorar la atención médica en clínicas?

Tabla 9: Respuestas de la Pregunta 6 – Sujeto 1

Alternativa	Respuestas
No es importante	1
Poco importante	1
Neutral	58
Importante	173
Muy importante	185

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

Media:

$$x = \frac{(1 * 1) + (1 * 2) + (58 * 3) + (173 * 4) + (185 * 5)}{418}$$

$$x = \frac{1 + 2 + 174 + 692 + 925}{418}$$

$$x = \frac{1794}{418}$$

$$x = 4.29$$

Desviación Estándar:

$$x^2 = 1(1 - 4.29)^2 + 1(2 - 4.29)^2 + 58(3 - 4.29)^2 + 173(4 - 4.29)^2 + 185(5 - 4.29)^2$$

$$x^2 = 1(10.82) + 1(5.24) + 58(1.66) + 173(0.08) + 185(0.50)$$

$$x^2 = 10.82 + 5.24 + 96.28 + 13.84 + 92.5$$

$$x^2 = \frac{218.68}{417}$$

$$x^2 = 0.5244$$

$$x = 0.7241$$

Análisis:

- Según el resultado del cálculo de la media, podemos deducir que en promedio los encuestados consideran importante y muy importante que la utilización de sistemas de historial médico electrónico utilizados en países tecnológicamente más desarrollados que Ecuador podría mejorar la atención médica en clínicas.
- Dado que la desviación estándar es baja y cercana a cero, podemos indicar que las respuestas de las encuestas tienden a estar cerca de la media.
- Más del 80% de los encuestados consideran importante o muy importante que la utilización de sistemas de historial médico electrónico utilizados en países tecnológicamente más desarrollados que Ecuador podría mejorar la atención médica en clínicas, mientras que menos del 1% de los encuestados lo consideran poco o nada importante.

Pregunta 7:

¿Qué tan importante considera que, en caso de requerir un tratamiento médico en el exterior, le sería de utilidad que su historial clínico esté disponible de forma completa en otro establecimiento médico?

Tabla 10: Respuestas de la Pregunta 7 – Sujeto 1

Alternativa	Respuestas
No es importante	0
Poco importante	1
Neutral	7
Importante	73
Muy importante	337

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

Media:

$$x = \frac{(1 * 0) + (1 * 2) + (7 * 3) + (73 * 4) + (337 * 5)}{418}$$

$$x = \frac{2 + 21 + 292 + 1685}{418}$$

$$x = \frac{2000}{418}$$

$$x = 4.78$$

Desviación Estándar:

$$x^2 = 0(1 - 4.78)^2 + 1(2 - 4.78)^2 + 7(3 - 4.78)^2 + 73(4 - 4.78)^2 + 337(5 - 4.78)^2$$

$$x^2 = 1(7.73) + 7(3.16) + 73(0.61) + 337(0.05)$$

$$x^2 = 7.73 + 22.12 + 44.53 + 16.85$$

$$x^2 = \frac{91.23}{417}$$

$$x^2 = 0.2187$$

$$x = 0.4677$$

Análisis:

- Según el resultado del cálculo de la media, podemos deducir que en promedio los encuestados consideran muy importante que, en caso de requerir un tratamiento médico en el exterior, le sería de utilidad que su historial clínico esté disponible de forma completa en otro establecimiento médico.
- Dado que la desviación estándar es baja y cercana a cero, podemos indicar que las respuestas de las encuestas tienden a estar cerca de la media.
- Más del 80% de los encuestados consideran importante o muy importante que, en caso de requerir un tratamiento médico en el exterior, le sería de utilidad que su historial clínico esté disponible de forma completa en otro establecimiento médico, mientras que menos del 1% de los encuestados lo consideran poco o nada importante.

Pregunta 8:

¿Cuánto estaría dispuesto a pagar anualmente por este servicio de historial médico electrónico?

Tabla 11: Respuestas de la Pregunta 8 – Sujeto 1

Alternativa	Respuestas
\$ 0	17
\$1 - \$5	53
\$6 - \$10	92
\$11 - \$15	181
\$ 16 - \$20	75

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

Media:

$$x = \frac{(17 * 1) + (53 * 2) + (92 * 3) + (181 * 4) + (75 * 5)}{418}$$

$$x = \frac{17 + 106 + 276 + 724 + 375}{418}$$

$$x = \frac{1498}{418}$$

$$x = 3.58$$

Desviación Estándar:

$$x^2 = 17(1 - 3.58)^2 + 53(2 - 3.58)^2 + 92(3 - 3.58)^2 + 181(4 - 3.58)^2 + 75(5 - 3.58)^2$$

$$x^2 = 17(6.66) + 53(2.50) + 92(0.34) + 181(0.18) + 75(2.02)$$

$$x^2 = 113.22 + 135.5 + 31.28 + 32.58 + 151.5$$

$$x^2 = \frac{464.06}{417}$$

$$x^2 = 1.1128$$

$$x = 1.0549$$

Análisis:

- Según el resultado del cálculo de la media, podemos deducir que en promedio los encuestados consideran que un valor adecuado para un pago anual de un servicio de historial médico electrónico podría estar entre los \$6 y \$15.
- Dado que la desviación estándar es mayor que 1, podemos indicar que las respuestas tienen una mayor dispersión de datos y se alejan de la media.
- La mayoría de los encuestados consideran que el pago de \$11 - \$15 anual de un servicio de historial médico electrónico es el adecuado.

Análisis de metodología TAM para Sujeto 1:

Se aplicó el modelo TAM a una muestra de 418 pacientes residentes en el norte de ciudad de Guayaquil. Se recopilaron datos mediante encuestas donde se analizará la percepción de la utilidad y la facilidad de uso de un sistema colaborativo de historial médico. Se analizaron los datos utilizando estadística descriptiva.

Resultados:

- En base al resultado de las encuestas realizadas a los pacientes podemos determinar que la percepción de la utilidad de un sistema colaborativo de historial médico se evidencio positivamente por parte de los participantes.

- La intención de uso de un sistema colaborativo de historial médico es alta por parte de los participantes.

3.2.2 Encuesta de Sujeto 2: Administradores de clínicas privadas del norte de la ciudad de Guayaquil

Según la Tabla 2, se utilizará el muestreo no probabilístico en conjunto con la estrategia de bola de nieve.

Preguntas:

1. ¿Qué tan importante considera que al emplear un sistema de historial médico electrónico utilizado en países tecnológicamente más desarrollados que Ecuador podría traer cierto beneficio a su clínica?
2. ¿Cree usted que es importante que su cliente/paciente tenga conocimiento que el centro médico que usted administra tiene acceso a su historial médico de forma completa?
3. ¿Cree usted que su personal médico tendrá dificultades técnicas al ser capacitado en la utilización de otro sistema médico de historial clínico?
4. ¿Qué tan importante considera que la innovación tecnológica es significativa para una mayor captación de clientes?
5. ¿Qué tan importante considera que, si uno de sus pacientes llegase a requerir un tratamiento médico en el exterior, le sería de utilidad que su

historial clínico esté disponible de forma completa en otro establecimiento médico?

Tabla 12: Respuestas de las Preguntas 1 al 5 – Sujeto 2

Admin	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5
Admin1	Muy importante	Importante	Neutral	Poco Importante	Muy Importante
Admin2	Muy importante	Muy importante	Importante	Importante	Muy Importante
Admin3	Importante	Muy importante	Neutral	Importante	Muy Importante

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

Tendencias:

- **Beneficios:** el 66% de los administradores consideran que es muy importante para obtener más beneficios a sus clínicas al incorporar un sistema de historial médico electrónico; el 66% considera que sería importante contar con un sistema de este tipo para captar más clientes.
- **Acceso al historial médico:** el 66% de los administradores consideran que es muy importante que los pacientes tengan conocimiento que la clínica cuenta con un sistema donde pueden acceder a su historial médico de forma completa.

Comparación de opiniones:

Pregunta 1: Los administradores coincidieron que el aplicar sistemas de historial médico electrónico en las clínicas que administran trae beneficios.

Pregunta 2: Los administradores coincidieron en que es importante contar con el historial médico completo del paciente en la clínica que administra.

Pregunta 3: Dos de los participantes tienen una opinión neutral, mientras que uno considera que la capacitación del uso de nuevas aplicativos puede ser una dificultad para su personal médico.

Pregunta 4: Uno de los administradores considera que un sistema de historial médico electrónico no ayudaría en la captación de más clientes, sin embargo, los dos siguientes administradores consideran que sí sería de utilidad para la captación de clientes.

Pregunta 5: Todos los administradores coinciden en que es muy importante que los pacientes cuenten con su historial médico completo en caso de investigaciones o atenciones en otros países.

Análisis de metodología TAM para Sujeto 2:

Se aplicó el modelo TAM a una muestra de 3 administradores de clínicas que estén ubicadas en el norte de ciudad de Guayaquil. Se recopilaron datos mediante encuestas sobre la percepción de la utilidad y ansiedad informática al usar un sistema colaborativo de historial médico.

Resultados

- En base a las encuestas realizadas se determina que los administradores de las clínicas del norte de la ciudad de Guayaquil

percibieron que un sistema colaborativo de historial médico es útil y beneficioso para su clínica en donde puede llegar a contribuir a captar mayor interés en nuevos clientes.

- Los administradores notificaron sentir cierta ansiedad de que sus médicos tengan problemas de aprendizaje con el uso del sistema colaborativo de historial médico.

3.2.3 Encuesta de Sujeto 3: Doctores que trabajan en clínicas privadas del norte de la ciudad de Guayaquil

Según la Tabla 2, se utilizará el muestreo no probabilístico en conjunto con la estrategia de bola de nieve.

Preguntas:

1. ¿Qué tan importante considera que es tener la historia clínica del paciente completa, ordenada y disponible en cualquier momento?
2. ¿Qué tan importante considera utilizar un sistema de historial médico electrónico donde se pueda visualizar y agregar la historia clínica del paciente de forma inmediata?
3. ¿Qué tan importante considera el uso un sistema de historial médico electrónico para disminuir posibilidades de pérdida o deterioro de la información clínica del paciente?

4. ¿Qué tan importante considera que el uso de un sistema de historial clínico electrónico podría mejorar la entrega de resultados de análisis, soporte al diagnóstico y seguimiento del tratamiento?

Tabla 13: Respuestas de las Preguntas 1 al 4 – Sujeto 3

Doctor	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4
Doctor 1	Muy importante	Muy importante	Muy importante	Muy importante
Doctor 2	Neutral	Importante	Importante	Neutral
Doctor 3	Muy importante	Importante	Importante	Importante
Doctor 4	Muy importante	Muy importante	Importante	Muy importante

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

Tendencias:

- **Mejoras en el proceso de post-atención:** El 50% de los participantes considera muy importante contar con un sistema de historial médico electrónico puede agilizar el proceso de seguimiento de tratamiento, resultados de análisis.
- **Historial médico completo:** el 75% de los participantes considera muy importante el tener disponible e integro el historial médico completo del paciente.

Comparación de Opiniones:

Pregunta 1: El 75% de los doctores consideraron que es muy importante contar con el historial médico completo del paciente en todo momento, uno fue neutral al respecto; ninguno indicó que no considera importante.

Pregunta 2: Todos los doctores coincidieron en la importancia de disponer y actualizar de forma inmediata el historial médico de los pacientes.

Pregunta 3: Todos los doctores coincidieron en la importancia de contar con un sistema de historial médico electrónico donde el deterioro y pérdida de información sean nulas.

Pregunta 4: El 75% de los doctores coincidieron en la importancia de un sistema de historial médico electrónico para mejorar el soporte y seguimiento de los tratamientos.

Análisis de metodología TAM para Sujeto 3

Se aplicó el modelo TAM a una muestra de 4 médicos que laboran en clínicas que estén ubicadas en el norte de ciudad de Guayaquil. Se recopiló datos mediante encuestas sobre la percepción de la utilidad, facilidad de uso percibida y relevancia de trabajo sobre un sistema colaborativo de historial médico.

Resultados

- En base a las encuestas realizadas se determina que los médicos de las clínicas del norte de la ciudad percibieron que un sistema

colaborativo de historial médico es muy útil para el desempeño de sus actividades.

- Los médicos coinciden en que un sistema colaborativo de historial médico es muy relevante en su trabajo, ya que les permite tener un panorama completo de la historia clínica del paciente.
- Los médicos coinciden que la tecnología es de gran ayuda para sus labores cotidianas, por ende, el uso de un sistema colaborativo de historial no sería difícil de aprender.

Capítulo IV. ANÁLISIS TÉCNICO Y LEGAL

El propósito de este capítulo es determinar desde el punto de vista técnico y legal la mejor alternativa para el desarrollo de este proyecto web y poder garantizar eficacia, seguridad y tiempos de respuestas cortos.

Dentro del análisis técnico se tendrá en cuenta el proveedor de la nube, el tipo de Blockchain, los diferentes servicios que determinarán el funcionamiento del aplicativo web, la infraestructura que deberán tener las entidades de salud.

El aspecto legal que conlleva el compartir y tratar la información de los pacientes hacia nuestro servicio.

4.1 Análisis de Infraestructura de las clínicas y pacientes

Al tratarse de un sistema web en la nube, los recursos necesarios son mínimos, con los que deberán contar las clínicas y pacientes que deseen suscribirse al servicio de manejo de información del historial médico de los pacientes.

- Equipo de cómputo: escritorio, portátil, tablet, móvil.
- Navegador web con soporte para cookies, Javascript y TLS 1.3.
- Acceso a Internet.

4.2 Análisis del sistema

El sistema residirá en la nube por temas de disponibilidad y accesibilidad, donde a través de una interfaz web los usuarios podrán acceder al mismo e incluso desde cualquier país.

Para la implementación del aplicativo web se seleccionará al proveedor de servicio de nube Amazon Web Service (AWS), el framework de Blockchain a utilizar será HyperLedger Fabric con arquitectura basada en nodos perimetrales para otorgar acceso a la información.

Los requisitos mínimos para el aplicativo web deben ser:

- Garantizar la seguridad, privacidad y el correcto manejo de la información médica de los pacientes.
- Garantizar la integridad de la información utilizando criptografía para verificar la integridad de los registros médicos.
- Diseñar una interfaz de usuario amigable que permita a usuarios no técnicos su fácil comprensión.
- Definir una política de acceso para administradores de clínicas, médicos y pacientes.

- Implementar un sistema de autenticación y autorización para los administradores, médicos y pacientes.
- Garantizar la disponibilidad del servicio mediante un diseño de sistema escalable.
- Cumplir con las regulaciones y normativas legales del Ecuador.
- Garantizar mecanismos de restauración y respaldo ante desastres naturales o humanos.

Los servicios necesarios de AWS para el garantizar la correcta implementación y funcionamiento, teniendo en cuenta la seguridad y mantenimiento de la aplicación web se detallan en la tabla 14.

Tabla 14: Servicios de AWS

Servicio	Descripción
Amazon Elastic Computed Cloud (EC2)	Almacenará los nodos perimetrales garantizando la ejecución de la aplicación web y su lógica.
Amazon Simple Storage Service (S3)	Almacenará los registros médicos por consulta e información relevante de los registros médicos, tales como exámenes de laboratorios, rayos X, tomografías, entre otros; garantizando la disponibilidad, durabilidad y escalabilidad de almacenamiento.
Amazon Relational DataBase Service (RDS)	Utilizará PostgreSQL como base de datos relacional (compatible con HyperLedger Fabric) para garantizar la disponibilidad de la información mediante replicación y tolerancia a fallas.
Amazon CloudWatch	Monitoreará y registrará métricas relacionadas con HyperLedger Fabric por medio de análisis preventivos de la red Blockchain.

Amazon Identity and Access Management (IAM)	Gestionará accesos y permisos de los administradores del sistema definiendo roles y políticas para controlar las acciones dentro del sistema.
AWS Key Management Service (KMS)	Gestionará y brindará protección a claves criptográficas relacionadas con el sistema.
Amazon Virtual Private Cloud (VPC)	Crearé una red virtual para aislar la red Blockchain de tráfico no autorizado.
Amazon Elastic Load Balancer (ELB)	Distribuiré la carga del tráfico de red entre los nodos perimetrales de HyperLedger Fabric.
Amazon Elastic Cache	Cargaré información que no puede ser editable de manera oportuna.
Amazon Managed Blockchain	Administraré la red Blockchain con HyperLedger Fabric.

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

4.2.1 Análisis de Blockchain

La aplicación web contará con la tecnología Blockchain con arquitectura basada en nodos perimetrales para la autenticación, confiabilidad e integridad de la información de los pacientes.

El framework de Blockchain que se utilizará es Hyperledger Fabric, el cual es de tipo open source y provee controles avanzados de privacidad para compartir únicamente la información con los usuarios/entidades autorizados [29].

HyperLedger Fabric se encargará de garantizar que la red Blockchain sea segura y escalable para poder gestionar el historial de registros médicos de manera descentralizada, es decir, actuará como una capa de confianza

que garantiza el uso y creación de reglas para la gestión de accesos y permisos a la información.

Los nodos perimetrales en la red Blockchain serán los encargados de gestionar las transacciones de entrada y salida de la información relacionada con el historial médico y de permitir una capa de acceso que interactúe con los servicios de AWS: RDS, S3, etc; los nodos perimetrales serán hospitales, clínicas que utilicen el sistema.

El sistema que se va a emplear es un sistema de Hyperledger con nodo en el borde basado en 4 entidades:

- Paciente
- Blockchain Hyperledger
- Doctor
- Nodo en el borde

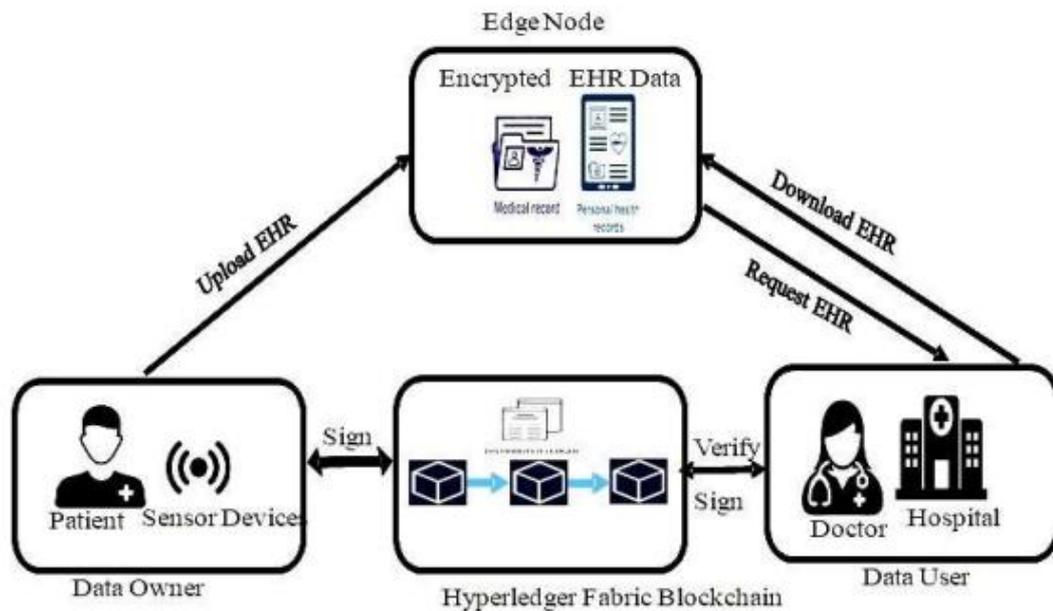


Figura 7: Sistema de Hyperledger con nodo en el borde
Fuente: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2115/1/012034/pdf>

El sistema se basará en la identificación de la información a presentar mediante una dirección única codificada que luego de ser validada se adicionará en el nodo de borde.

Para la recuperación de información en el borde se solicitará en primer lugar las credenciales del usuario que solicita dicha información, las credenciales serán comprobadas y verificadas; solamente los usuarios autorizados podrán decodificar los datos de la dirección presentes en el nodo de borde, lo que brinda confidencialidad, disponibilidad e integridad a su historial médico.

4.2.2 Análisis de marco de interoperabilidad

Recordando la motivación principal de este proyecto, descrita en el capítulo 1.2, ésta anuncia la capacidad de los pacientes en compartir su historial médico con quienes deseen; ¿qué sucedería si aquellos residen en otro país o son parte de otra red de clínicas? Este cuestionamiento nos encamina al análisis de un marco de interoperabilidad.

La interoperabilidad es fundamental para el éxito de la digitalización de los procesos e información en la que intervienen diferentes sistemas y sectores; la disponibilidad de estos estándares hacen que otros sistemas puedan integrarse con otros de forma costo-efectiva [30].

De esta forma HL7 (Health Level Seven International) fundada en 1987 como una organización sin fines de lucro acreditada por ANSI al desarrollo de estándares y estructuras relacionadas al intercambio, integración, distribución y recuperación de la información médica electrónica que respalda la atención clínica, gestión y prestación de servicios de salud [31]; en conjunto con FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) que es el estándar para el intercambio de información médica electrónica, donde su componente básico es un Recurso soportando XML y JSON [32] y combinados con controles de seguridad y contratos inteligentes (programas almacenados en una cadena de bloques que se ejecutan al cumplirse condiciones predeterminadas [33]) no sólo se lograría la

interoperabilidad sino que también a través de los contratos inteligentes se podría contener metadatos de propiedad de registros, permisos e integridad de datos [34] reforzando la seguridad y validación de accesos.

4.3 Análisis Legal

Ante el flujo de información del historial médico del paciente, es necesario alinearse al ámbito legal para dar cumplimiento con las normativas vigentes, asegurando y respetando los derechos de los pacientes.

- El Art. 7 de la Ley Orgánica de Salud señala que toda persona tiene derecho a contar con una “historia clínica única redactada en términos precisos, comprensibles y completos; **así como la confidencialidad respecto de la información en ella contenida...**” [35].
- El Art. 4 de la Ley de Derechos y Amparo al Paciente, expresa que: “Todo paciente tiene derecho a que la consulta, examen, diagnóstico, discusión, tratamiento y cualquier tipo de información relacionada con el procedimiento médico a aplicársele, **tenga el carácter de confidencial**” [35].
- El Art. 6 de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Registro de Datos Públicos declara confidenciales los datos de carácter personal, como la ideología, afiliación política o sindical, etnia, **estado de salud...**y los

demás atinentes a la intimidad personal (...) **El acceso a estos datos sólo será posible con autorización expresa del titular de la información, por mandato de la ley o por orden judicial** [35].

- La Constitución del Estado, en su Art. 66, numeral 19, establece como derecho ciudadano “la protección de datos de carácter personal, que incluye el acceso y la decisión sobre información y datos de este carácter, así como su correspondiente protección. **La recolección, archivo, procesamiento, distribución o difusión de estos datos o información requerirán la autorización del titular o el mandato de la ley**” [35].

En base al marco legal vigente en Ecuador, para que podamos obtener la información por parte de los pacientes, se debe tener la aprobación del titular; el uso de Blockchain en el proyecto ayuda a cumplir con el requisito fundamental de este marco legal que es garantizar la confidencialidad de la información personal y del historial clínico obtenido, para ello se concluye lo siguiente:

- Se debe garantizar que el sistema brinde al titular (paciente) de forma clara y precisa sobre el manejo se les dará a sus datos, quienes podrán tener acceso, la finalidad de la obtención de la información y los derechos a los que le asisten al compartir su información del historial médico en la red Blockchain.

- Se deberá garantizar que el titular de los datos (paciente) tenga acceso íntegro, a solicitar la rectificación y/o eliminación de algún registro y a oponerse al manejo de sus datos en la red Blockchain del historial médico electrónico.
- Se debe garantizar la protección de los datos contra el manejo no autorizado, estableciendo protocolos adicionales, definiendo de forma precisa un control de acceso a la información basado en políticas de acceso mediante canales y colecciones privadas de datos.
- Las políticas de acceso deben especificar claramente quienes pueden leer o escribir información en cada canal y colección mediante roles (especialidad médica, administradores, pacientes) o atributos.
- El sistema deberá notificar a la autoridad de control; Superintendencia de Protección de Datos del Ecuador en caso de producirse una violación de seguridad que afecte o pueda afectar a los derechos de los titulares (pacientes).
- En caso de requerir atención o tratamiento médico en el exterior, se debe garantizar que el manejo de los datos del titular (paciente) obedecerán el cumplimiento de las garantías establecidas en la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LODP) y en el país de destino (Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) de la

Unión Europea o la Ley de Transferencia y Responsabilidad de Seguro Médico (HIPAA) en Estados Unidos).

CAPÍTULO V. HOJA DE RUTA

5.1 Etapas

La hoja de ruta que se realizará será de tipo investigativo, se han definido 5 etapas basadas en el análisis de las encuestas realizadas a los sujetos de estudio y del análisis de la metodología TAM del resultado de las encuestas.

- Etapa 1: Etapa de Planificación
 - Realizar el análisis de mercado para un sistema de registros médicos en Ecuador.
 - Realizar el análisis de competencia en Ecuador.
 - Establecer el plazo del proyecto hasta su salida a producción.
 - Establecer el presupuesto del proyecto.
 - Identificar y armar los diferentes grupos de trabajo.
 - Identificar los casos funcionales y no funcionales.
 - Crear el alcance del proyecto.
- Etapa 2: Etapa de Diseño
 - Crear el diseño de la aplicación web.

- Diseñar la arquitectura general de la aplicación.
- Diseñar la arquitectura de las funcionalidades específicas.
- Configurar ambientes de calidad y preproducción para garantizar el correcto funcionamiento.
- Crear prototipos interactivos y realizar pruebas de usabilidad.
- Obtener retroalimentación de los prototipos interactivos por parte de los usuarios (administradores, médicos, pacientes).
- Etapa 3: Desarrollo e implementación
 - Establecer el ambiente local de trabajo.
 - Desarrollar las funcionalidades detectadas en la etapa 1.
 - Agregar herramientas de análisis y métricas de tiempos de ejecución, consultas, entre otros.
 - Realizar pruebas en ambiente de calidad.
 - Realizar pruebas en ambiente de preproducción.
 - Garantizar el mantenimiento de la aplicación.
- Etapa 4: Despliegue a producción
 - Realizar pruebas finales.
 - Configurar ambiente de producción.

- Realizar pruebas de carga y estrés.
 - Preparar una estrategia de lanzamiento que incluya un plan piloto para pruebas de aplicación con clientes reales.
 - Incluir actividades de marketing y promociones.
 - Desplegar el sitio web en el ambiente productivo.
 - Monitorear el rendimiento inicial de la aplicación web.
- Etapa 5: Optimización
 - Monitorear las métricas y realizar ajustes en caso de ser necesario.
 - Realizar pruebas de optimización de la experiencia del usuario.
 - Implementar nuevas funcionalidades.

5.2 Evaluación de costos

Tomando en consideración los requerimientos detallados en el capítulo 4, en la tabla 15 se detallan los componentes del sistema con su respectivo precio; el análisis de costo mensual asume 28 días por mes y 24 horas por día, dando un total de 672 horas de servicio por mes, éste es el valor utilizado para calcular el valor mensual de los diferentes servicios de AWS.

Tabla 15: Componentes del sistema

Servicio	Especificación	Precio	Precio por mes
EC2	VCPU: 8GB Ram: 16GiB On Demand	\$0.204 por hora	\$137.10
S3	Almacenamiento Petición Consultas frecuentes	\$0.023 por GB (primeros 50GB) \$0.022 por GB (siguientes 450 GB)	\$772.8 \$6652.80
S3	Transferencia de datos	Gratis 100GB por mes	\$0
RDS	Servidor SQL On Demand	\$2.55 por hora	\$1713.6
Amazon Managed BlockChain		\$0.617 por hora	\$414.62
Elastic Cache		\$0.629 por hora	\$422.68
Application Load Balancers in the AWS Region		\$0.0225 por hora	\$15.12
VPC	Gateway NAT	\$0.045 por hora \$0.045 por GB	\$30.24
KMS	Solicitud de claves RSA 2048	\$0.03 por cada 10000 request	\$3000.00
Cloud Watcher	Métricas API Request Dashboards Logs	\$0.3 (c/ primeras 1000 métricas) \$0.1 (c/ siguientes 140000 métricas)	\$1200.00

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

El costo inicial para empezar con el proyecto se detalla a continuación en la tabla 16, donde se incluye contratación de personal, compra de

computadores, capacitación del producto a los clientes, capacitaciones para el equipo de desarrollo, compra de licencias de framework y control de versiones.

Tabla 16: Costo inicial

Descripción	Valor
10 computadoras para desarrollo	\$8000.00
Servicios AWS	\$3506.16
Personal	\$15000.00
Capacitación del personal	\$1000.00
Licencia Visual Studio Professional	\$450.00
IBM Support Hyper Ledger	\$540.00
Capacitación del producto	\$1830.00
Licencia Jira Cloud	\$170.00
Total	\$30496.16

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

Para el mantenimiento de la red Blockchain de Hyper Ledger Fabric se contará con los servicios de Hyper Ledger Fabric Support Edition de IBM, quienes al ser fundadores de la red Blockchain publican actualizaciones de seguridad para prevenir nuevas amenazas o vulnerabilidades que puedan afectar la red Hyper Ledger Fabric, este servicio de IBM puede ser usado fácilmente en la nube de AWS; el costo de este servicio se detalla a continuación.

Tabla 17: Costo mantenimiento y seguridad

Descripción	Valor
IBM Support Hyper Ledger	\$180.00/VPC
Total (3 VPC)	\$540

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

Con el objetivo de optimizar el desempeño y actualización continua del personal médico y administrativo que harán uso del sistema colaborativo de historial médico, se ha diseñado un plan de capacitación integral que abarca dos días intensivos. Este plan, respaldado por un presupuesto detallado en la tabla 18, asegura una formación y comprensión del sistema para el personal médico y administrativo.

Tabla 18: Capacitación de personal médico y administrativo

Descripción	Valor
Instructor para Médicos	\$500.00
Instructor para Administradores	\$500.00
Viáticos Instructores (2 días)	\$300.00
Materiales	\$30.00
Grabación de capacitación	\$200.00
Edición de capacitación	\$300.00
Total	\$1830.00

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

En la tabla 19, se detalla el costo mensual recurrente, en donde se incluye los servicios de AWS encargados del almacenamiento, monitoreo, gestión de datos, pago mensual del personal, licencias de framework y software para gestión de tareas.

Tabla 19: Costo mensual recurrente

Descripción	Valor
EC2	\$137.10
S3 (peticiones)	\$772.80
Elastic Cache	\$422.68
RDS	\$1713.60
Load Balancers	\$15.12
VPC	\$30.24
Cloud Watcher	\$1200.00
KMS	\$3000.00

Personal	\$15000.00
Amazon Manage Blockchain	\$414.62
IBM Support Hyper Ledger	\$540.00
Licencia VS Professional	\$450.00
Licencia Jira Cloud	\$170.00
Total	\$23,866.16

Fuente: Nécker Espinosa y Jorge Gutiérrez

Beneficios

- Se espera que la disponibilidad del sistema colaborativo de historial médico sea del 99.99% en el primer año.
- Con todos los servicios mencionados anteriormente de seguridad, monitoreo y actualización; se garantiza la confidencialidad e integridad de la información de los pacientes en el sistema colaborativo de historial médico.
- Al contratar los servicios en la nube nos ahorramos el soporte del hardware.
- Se garantiza el soporte técnico, capacitación y mantenimiento de la aplicación web.

CONCLUSIONES

- Los médicos consideran que es importante que puedan contar con el historial médico completo del paciente, tendrían una visión completa de algún tratamiento en específico, también garantizaría la integridad y la disponibilidad de éste, evitando pérdidas o deterioros de la información.
- Los médicos consideran que es importante el tiempo que le tomaría para poder visualizar el historial médico, así como el que le tomaría actualizarlo; consideran que podría ser de utilidad para garantizar la disponibilidad del historial médico en tiempos optimizados.
- Los administradores de clínicas son conscientes de que este sistema podría traer beneficios a sus clínicas captando nuevos clientes, ofreciendo servicios más completos e incluso teniendo la posibilidad de conectarse con otros servicios médicos o entidades manteniendo la integridad de los resultados del paciente.
- De acuerdo con las encuestas realizadas a los pacientes se concluye que están de acuerdo en que un sistema de historial médico electrónico es importante y están de acuerdo en pagar un valor monetario mensual o anual para el uso del mismo y que les permita acceder a su historial médico en cualquier momento.

RECOMENDACIONES

- En una segunda etapa del proyecto, sería interesante tener alianzas con centros médicos del extranjero debido a la buena recepción de los pacientes ante la pregunta de la importancia de la disponibilidad del historial médico electrónico en centros médicos del extranjero.
- La información de los pacientes es muy delicada es por ello que se debe tener en cuenta las actualizaciones a las leyes de protección de datos en Ecuador.
- En vez de cobrar un valor monetario a los pacientes, se lo podría obtener mediante auspiciantes, donde éstos podrían tener información actualizada en tiempo real acerca de la cantidad de enfermedades y tratamientos que se prescriben a los pacientes, sin revelar la identidad de los mismos; mediante algoritmos de inteligencia artificial, se podrían recomendar a los pacientes suplementos para sus dolencias así mismo como publicidad de clínicas y servicios adicionales.
- Ejecutar un plan de recompensas tanto para los doctores como para los administradores de clínicas que hacen uso del sistema para ingresar nueva información al historial médico del paciente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Lorkowski and M. Pokorski, "Medical Records: A Historical Narrative," *Biomedicines*, vol. 10, no. 10, Art. no. 10, Oct. 2022, doi: 10.3390/biomedicines10102594.
- [2] L. Gurley, "Advantages and Disadvantages of the Electronic Medical Record." [Online]. Available: <https://www.aameda.org/MemberServices/Exec/Articles/spg04/Gurley%20article.pdf>
- [3] "MSP presentó el programa de Atención Integral de la Diabetes Mellitus – Ministerio de Salud Pública." Accessed: Jan. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.salud.gob.ec/msp-presento-el-programa-de-atencion-integral-de-la-diabetes-mellitus/>
- [4] INEC, "Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo," Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo. [Online]. Available: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2019/Marzo/Boletin_mar2019.pdf
- [5] H. Jin, Y. Luo, P. Li, and J. Mathew, "A review of secure and privacy-preserving medical data sharing," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 61656–61669, 2019.
- [6] I. Radanović and R. Likić, "Opportunities for use of blockchain technology in medicine," *Appl. Health Econ. Health Policy.*, vol. 16, no. 5, pp. 583–590, 2018.
- [7] S. Gaikwad, N. Kirad, S. Gayake, and P. Kulkarni, "Electronic Health Record: Blockchain Technology," *Asian J. Conver. Technol. AJCT ISSN-2350-1146*, 2019.
- [8] R. J. Holden and B.-T. Karsh, "The Technology Acceptance Model: Its past and its future in health care," *J. Biomed. Inform.*, vol. 43, no. 1, pp. 159–172, Feb. 2010, doi: 10.1016/j.jbi.2009.07.002.
- [9] Y. Lee, K. A. Kozar, and K. R. Larsen, "The technology acceptance model: Past, present, and future," *Commun. Assoc. Inf. Syst.*, vol. 12, no. 1, p. 50, 2003.
- [10] P. J. Hu, P. Y. Chau, O. R. L. Sheng, and K. Y. Tam, "Examining the technology acceptance model using physician acceptance of telemedicine technology," *J. Manag. Inf. Syst.*, vol. 16, no. 2, p. 94, 1999.
- [11] L. A. Yong Varela, L. A. Rivas Tovar, and J. Chaparro, "Modelo de aceptación tecnológica (TAM): un estudio de la influencia de la cultura nacional y del perfil del usuario en el uso de las TIC," *Innovar*, vol. 20, pp. 187–203, Jan. 2010.

- [12] A. R. Ahlan and B. I. Ahmad, "An overview of patient acceptance of Health Information Technology in developing countries: a review and conceptual model," *Int. J. Inf. Syst. Proj. Manag.*, vol. 03, pp. 29–48, 2015.
- [13] M. Arias Oliva, "M-Government: desarrollo de los servicios de la administración pública a través de dispositivos móviles," Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Mar. 2017. [Online]. Available: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/41649/>
- [14] F. D. Davis, "Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology," *MIS Q.*, pp. 319–340, 1989.
- [15] I. INEC, "Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo," Mar. 2018, *INEC*. [Online]. Available: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2019/Marzo/Boletin_mar2019.pdf
- [16] E. Ecuador, "¿Cuántos habitantes tiene Guayaquil? Población 2022," Ecuador Ec. [Online]. Available: <https://ecuadorec.com/habitantes-tiene-guayaquil-poblacion/>
- [17] "Sample Size Calculator." [Online]. Available: <https://www.research-advisors.com/documents/SampleSize-web.xls>
- [18] Dr. Frederic Llordachs Marqués, "Qué es el historial médico o historia clínica," ClinicCloud. [Online]. Available: <https://clinic-cloud.com/blog/que-es-el-historial-medico-historia-clinica/>
- [19] Cook Children, "Historia clínica electrónica," CookChildren's. [Online]. Available: <https://kidshealth.org/CookChildrens/es/parents/ehrs.html>
- [20] "Blockchain: qué es y cómo funciona esta tecnología." Accessed: Nov. 16, 2023. [Online]. Available: <https://www.welivesecurity.com/la-es/2022/05/13/blockchain-que-es-como-funciona-y-como-se-esta-usando-en-el-mercado/>
- [21] "Cuántos tipos de blockchain existen." Accessed: Nov. 21, 2023. [Online]. Available: <https://academy.bit2me.com/cuantos-tipos-de-blockchain-hay/>
- [22] V. M. Reyes, "Hyperledger Fabric - ¿Qué es Hyperledger? en Español," Babel—go2chain. Accessed: Nov. 21, 2023. [Online]. Available: <https://medium.com/babel-go2chain/hyperledger-fabric-qu%C3%A9-es-hyperledger-en-espa%C3%B1ol-d13f8d144455>
- [23] V. M. Reyes, "Introducción a Hyperledger Fabric en Español," Babel—go2chain. Accessed: Nov. 21, 2023. [Online]. Available: <https://medium.com/babel-go2chain/introducci%C3%B3n-a-hyperledger-fabric-en-espa%C3%B1ol-9cba1c0cf73b>
- [24] Cecilia Pastorino, "Blockchain: qué es y cómo funciona esta tecnología," Welivesecurity by ESET. [Online]. Available: <https://www.welivesecurity.com/la-es/2018/09/04/blockchain-que-es-como-funciona-y-como-se-esta-usando-en-el-mercado/>

- [25] M. Masrom, "Technology Acceptance Model and E-learning." [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Maslin-Masrom/publication/228851659_Technology_acceptance_model_and_E-learning/links/544f08aa0cf2bca5ce90c393/Technology-acceptance-model-and-E-learning.pdf
- [26] I. D. G. R. D. Putra, "THE EVOLUTION OF TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL (TAM) AND RECENT PROGRESS ON TECHNOLOGY ACCEPTANCE RESEARCH IN ELT: STATE OF THE ART ARTICLE." [Online]. Available: <http://ejournal.ihdn.ac.id/index.php/JOELE/article/viewFile/724/606>
- [27] M. Muchran, "Application of TAM model to the use of information technology." *International Journal of Engineering & Technology*. [Online]. Available: <https://arxiv.org/pdf/1901.11358>
- [28] N. Bedregal-Alpaca *et al.*, "Evaluación de la percepción estudiantil en relación al uso de la plataforma Moodle desde la perspectiva del TAM," *Ingeniare Rev. Chil. Ing.*, vol. 27, no. 4, pp. 707–718, Dec. 2019, doi: 10.4067/S0718-33052019000400707.
- [29] "What is hyperledger fabric? | IBM." Accessed: Feb. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/topics/hyperledger>
- [30] G. Franzl, C. Wanzenböck, and A. Berger, "Interoperability as a key factor for digitalisation — a success story for cross-sector knowledge transfer," *E Elektrotechnik Informationstechnik*, vol. 140, no. 5, pp. 471–477, Aug. 2023, doi: 10.1007/s00502-023-01143-3.
- [31] "Health Level Seven International - Homepage | HL7 International." Accessed: Nov. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.hl7.org/index.cfm>
- [32] "Overview - FHIR v5.0.0." Accessed: Nov. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.hl7.org/fhir/overview.html>
- [33] "¿Qué son los contratos inteligentes en blockchain? | IBM." Accessed: Nov. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/es-es/topics/smart-contracts>
- [34] A. Khatoon, "A Blockchain-Based Smart Contract System for Healthcare Management," *Electronics*, vol. 9, no. 1, Art. no. 1, Jan. 2020, doi: 10.3390/electronics9010094.
- [35] "Comunicado: Legislación prohíbe divulgación de datos personales – Ministerio de Salud Pública." Accessed: Feb. 23, 2024. [Online]. Available: <https://www.salud.gob.ec/comunicado-legislacion-prohibe-divulgacion-de-datos-personales/>