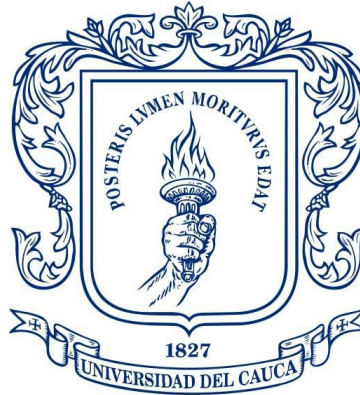


Prototipo Software soportado con Blockchain para la Gestión de Proyectos de TI



Trabajo de grado

**Pablo Caicedo Villegas
Ariel Fernando Cerquera García**

**Director:
PhD. Luz Marina Sierra Martínez**

**Codirector:
PhD. Cesar Pardo Calvache**

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Sistemas
Popayán, 12 de enero de 2022**

Página de aceptación

Ph.D. Luz Marina Sierra Martínez
Director -Tutor

Ph.D. Cesar Pardo Calvache
Codirector

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Popayán, 12 de enero de 2022

A mi familia

Agradecimiento

Contenido

Lista de figuras.....	vii
Lista de tablas.....	ix
Listas de siglas	xi
Introducción	1
1.1 Presentación	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Contribuciones de esta tesis	4
1.5 Proceso metodológico.....	4
1.6 Organización del documento.....	5
Blockchain y la gestión documental: Un mapeo sistemático.....	6
2.1 Contexto	6
2.2 Breve descripción y estado actual de la investigación	7
2.3 Descripción del Protocolo de investigación	9
2.3.1 Definición de las preguntas de investigación	10
2.3.2 Realizar la búsqueda.....	10
2.3.3 Selección de artículos.....	11
2.3.4 Búsqueda de conceptos clave	12
2.3.5 Proceso de mapeo y extracción de datos	12
2.4 Resultados	13
2.4.1 Pregunta RQ1. ¿Cuáles son los principales estudios sobre gestión documental y gestión de datos con Blockchain?	13
2.4.2 Pregunta RQ2. ¿Cuáles son las regiones del mundo que más aportan al tema?	16

2.4.3	Pregunta RQ3. ¿Qué tipo de soluciones se han propuesto para gestión documental y gestión de datos utilizando Blockchain?	17
1.	Salud.....	17
2.	Gestión de documentos y gestión de datos.....	19
3.	Privacidad y seguridad.....	20
4.	Educación.....	20
5.	Gobernanza.....	21
2.4.4	Pregunta RQ4. ¿Qué tipos de plataformas de desarrollo se han propuesto?	21
2.4.5	RQ5 ¿Cuáles estudios han sido los de mayor influencia según el número de citasiones?	22
2.4.6	Conclusiones	23
	Ontología construida	25
3.1	Contexto	25
3.1.1	Ontologías	25
3.1.2	Blockchain.....	28
3.1.3	Gestión de proyectos según el Project Management Institute.....	29
3.2	Proceso metodológico para la Construcción de la ontología OntoBLOGP ...	30
3.3	Desarrollo del proceso metodológico	32
3.3.1	Revisión Literatura.....	32
1.	Ontologías Blockchain	32
2.	Ontologías de gestión de proyectos basadas en el PMI.....	33
3.3.2	Revisión de los conceptos existentes	33
3.3.3	Presentación Ontología propuesta: OntoBLOGP: Ontología para la gestión de proyectos de TI basada en Blockchain usando las recomendaciones del PMI.....	34
3.3.4	Definición de conceptos de la ontología creada	36
3.3.5	Relación entre conceptos	43
3.3.6	Implementación de la Ontología	47
3.3.7	Caso de prueba	48
3.3.8	Comparación de la ontología propuesta con otras existentes	53
3.3.9	Criterios para publicación de la ontología	54
	Prototipo Software para la gestión de TI	55

4.1	Selección de la tecnología	55
4.2	Arquitectura.....	56
4.3	Selección de los procesos de gerencia de proyectos PMBOK	57
4.4	Implementación del marco de trabajo SCRUM.....	57
4.4.1	Requerimientos Funcionales	58
4.4.2	Product Backlog	59
4.4.3	Sprint 1	59
1.	Desarrollo de las actividades	60
4.4.4	Sprint 2.....	64
1.	Desarrollo de las actividades	65
2.	Ciclo de vida del chaincode (Smart contract)	66
3.	Desarrollo del proyecto que utilizaran los participantes de la red Blockchain.	67
	Evaluación del atributo satisfacción	69
5.1	Referente conceptual	69
5.1.1	Atributo satisfacción.....	69
5.1.2	Principios de Nielsen	69
5.1.3	Análisis de sentimientos	69
5.2	Metodología	69
5.2.1	Preparación del test.....	69
5.2.2	Inspección de la usabilidad.....	72
5.2.3	Cuestionario de percepción	75
5.2.4	Análisis de respuestas	77
	Conclusiones y trabajo futuro	81
6.1	Conclusiones	81
6.2	Lecciones aprendidas	83
6.3	Trabajo futuro.....	83
	Bibliografía	85
	Lista de Anexos digitales	95

Lista de figuras

Figura 1. El proceso del mapeo sistemático. Tomado de [27]	10
Figura 2. Esquema de clasificación basado en [27].....	12
Figura 3. Publicaciones por año	15
Figura 4. Tipo de estudios seleccionados por año.	16
Figura 5. Contribución de cada país.....	16
Figura 6. Distribución de estudios seleccionados por tipo de aplicación.	17
Figura 7. Plataformas utilizadas en el desarrollo de soluciones Blockchain	21
Figura 8. Numero de citaciones por estudio.	22
Figura 9. Pasos de Methontology para la creación de ontologías. Fuente: (Fernández et al., 1997).....	27
Figura 10. Metodología utilizada para la elaboración de las ontologías. (Fuente: Adaptado de (Tautz & Gresse von Wangenheim, 1998)).	31
Figura 11. Ontología para Blockchain (OntoBC). Fuente:Propia	35
Figura 12. Ontología para Gestión de Proyectos TI (OntoGPI). Fuente:Propia	35
Figura 13. Ontología combinada entre Gestión de Proyectos y Blockchain (OntoBLOGP). Fuente:Propia	36
Figura 14. Entidades de ONTOBLOGP en Protégé.	48
Figura 15. Relaciones entre entidades de ONTOBLOGP en Protégé.	48
Figura 16. Atributos de las entidades de ONTOBLOGP en Protégé.....	48
Figura 17. Individuos de OntoBLOGP en Protégé.....	51
Figura 18. Arquitectura del Prototipo	56
Figura 19. Cargue de procesos en Protégé.....	57
Figura 20. Detalle del individuo Proc001.	58
Figura 21. Paquetes del prototipo en el IDE	61
Figura 22. Página principal del Prototipo	61
Figura 23. Modulo proyecto.....	62
Figura 24. Creación y Visualización de los detalles de un proyecto	62

Figura 25. Modulo entregable	64
Figura 26 Carpeta bin con los archivos binarios de Hyperledger Fabric	65
Figura 27. Material criptográfico	66
Figura 28. Ciclo de vida del chaincode (adaptado del curso de Udemey)	66
Figura 29. Paquete del chaincode en el IDE	67
Figura 30. Información de un proyecto en CouchDB.	67
Figura 31. Arquitectura de la red Blockchain	68
Figura 32. Metodología para la evaluación del prototipo. Tomado de [130].....	69
Figura 33. Pregunta de percepción uno en el formulario Google. Fuente: Propia.....	71
Figura 34. Pregunta de la heurística uno en el formulario Google. Fuente: Propia	72
Figura 35. Resumen de respuestas de la inspección de usabilidad. Fuente:Propia ..	77
Figura 36. Análisis de sentimientos Experto 1. Fuente: Propia.....	78
Figura 37. Análisis de sentimientos Experto 2. Fuente: Propia.....	78
Figura 38. Análisis de sentimientos Experto 3. Fuente: Propia.....	79
Figura 39. Análisis de sentimientos Experto 4. Fuente: Propia.....	79

Lista de tablas

Tabla 1. Conceptos relevantes de la tecnología Blockchain.....	7
<i>Tabla 2. Preguntas de investigación</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 3. Número de estudios por base de datos.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 4. Número de estudios por base de datos.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 5. Lista de estudios seleccionados.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 6. Estudios primarios seleccionados.</i>	<i>13</i>
Tabla 7. Proceso de construcción	31
Tabla 8. Conceptos y definiciones de OntoBLOGP.....	37
Tabla 9. Conceptos y definiciones de OntoBC.	38
Tabla 10. Conceptos y definiciones de OntoGPI.....	40
Tabla 11. Relaciones entre conceptos y sus descripciones para OntoBLOGP.....	43
Tabla 12. Relaciones entre conceptos y sus descripciones para OntoBC.	43
Tabla 13. Relaciones entre conceptos y sus descripciones para OntoGPI.....	46
Tabla 14. Preguntas para la evaluación de OntoBLOGP.	49
Tabla 15. Pregunta 1 en SPARQL.	49
Tabla 16. Pregunta 2 en SPARQL.	49
Tabla 17. Pregunta 3 en SPARQL.	50
Tabla 18. Pregunta 4 en SPARQL.	51
Tabla 19. Pregunta 5 en SPARQL.	51
Tabla 20. Pregunta 6 en SPARQL.	52
Tabla 21. Pregunta 7 en SPARQL.	52
Tabla 22. Pregunta 8 en SPARQL.	52
Tabla 23. Comparación de ontologías encontradas sobre Blockchain y OntoBLOGP.	53
Tabla 24. Comparación de ontologías encontradas sobre gestión de proyectos y OntoBLOGP.....	53
Tabla 25. Criterios para la publicación de ontologías en la web	54

Tabla 26. Framework para la web semántica (tomado de [125])	55
Tabla 27. Diferencia entre Ethereum, Hyperledger y Corda (basado en [43])	56
Tabla 28. Requerimientos funcionales	58
Tabla 29. Historias de usuario	59
Tabla 30. Actividades del sprint 1	59
Tabla 31. Actividades del sprint 2.....	64
Tabla 32. Heurísticas de Nielsen.....	70
Tabla 33. Resultado de la prueba de usabilidad del experto1. Fuente: Propia.	72
Tabla 34. Resultado de la prueba de usabilidad del experto2. Fuente: Propia.	73
Tabla 35. Resultado de la prueba de usabilidad del experto3. Fuente: Propia.	73
Tabla 36. Resultado de la prueba de usabilidad del experto4. Fuente: Propia.	74
Tabla 37. Resumen de la inspección de usabilidad.....	74
Tabla 38. Respuestas preguntas de percepción experto1. Fuente: Propia.....	75
Tabla 39. Respuestas preguntas de percepción experto2. Fuente: Propia.....	75
Tabla 40. Respuestas preguntas de percepción experto3. Fuente: Propia.....	76
Tabla 41. Respuestas preguntas de percepción experto4. Fuente: Propia.....	77

Listas de siglas

PMI: Project Management Institute – Instituto de gestión de proyectos.

PMBOK: Project Management Body of Knowledge

TI: Tecnologías de la información.

Capítulo 1

Introducción

1.1 Presentación

El presente trabajo se desarrolló como tesis de pregrado de la Universidad del Cauca, para obtener el título de Ingeniero de Sistemas, abordando como temas principales: 1) Un modelo ontológico para la gestión de proyectos de TI basado en el Project Management Institute. 2) Un modelo ontológico de la tecnología Blockchain. 3) Un modelo ontológico que une los dos modelos mencionados anteriormente. 4) Un prototipo software que prueba el modelo ontológico final.

1.2 Planteamiento del problema

Hoy día la gestión de proyectos se ha convertido en un pilar de apoyo para las diferentes organizaciones, especialmente en lo relacionado con proyectos de Tecnologías de la Información (TI) [1]. Según Pulse of the Profession [2], los focos principales en las organizaciones son: Tecnología de la información con un 17%, servicios financieros con un 10%, gobierno y manufactura con un 8%. Es así como, en el último reporte de Gartner, Inc. [3] se proyecta que el gasto mundial en TI será de \$ 3.9 trillones en 2020, es decir, un aumento del 3.4% en comparación al año anterior, cifras que se espera continúen en aumento.

Teniendo en cuenta estas cifras, se vuelve crucial que los proyectos emprendidos tengan un buen desempeño. Como se puede apreciar en el reporte del Standish Group CHAOS [4] de 2015, el éxito de los proyectos está dado por el cumplimiento de los plazos, el presupuesto y un resultado satisfactorio para la empresa o cliente que lo desarrolla o financia. Este informe muestra que los proyectos pequeños fueron los más exitosos con un 62%, los moderados 21%, los medianos 9%, los grandes 6% y los muy grandes tuvieron un éxito del 2% [4]. Así mismo, en el resumen del Standish Group CHAOS [5] de 1994 al 2008, se puede observar una tasa de proyectos exitosos que va de 16% en 1994 a 32% en 2008. Por otra parte, en 2018, se encuentra que el 9.9% de cada dólar se desperdicia debido al pobre rendimiento de los proyectos, esto a escala global significa que, de la inversión total de capital en el mundo, se pierden aproximadamente 1 millón de dólares cada 20 segundos, o 2 billones de dólares cada año [2].

No obstante, se puede apreciar que a lo largo del tiempo, se han presentado mejoras significativas en el desempeño de los proyectos, lo cual en términos generales es atribuido a la inclusión de buenas prácticas en gestión de proyectos [6], debido a la existencia y uso de metodologías, estándares o recomendaciones, que facilitan la gestión de proyectos como la Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)), propuesta por el Project Management Institute [7] o la desarrollada en el Reino Unido en 1996 conocida como PRINCE2 (PRojects In Controlled Environments) [8], las cuales, tienen

similitudes y diferencias entre sí, pero aportan significativamente en la orientación de cómo debe dirigirse adecuadamente un proyecto [9]. Es así que, PMBOK y PRINCE2 son semejantes del lado de la planificación del proyecto pero en cuanto a documentación y seguimiento del proyecto el PMBOK es más completa [10]. Por tanto hoy día se requiere que los profesionales en TI desarrollen adicionalmente competencias específicas en gestión de proyectos [1], como se puede observar en las cifras de profesionales y no profesionales certificados en 2018, contando con [11]: 871,893 certificados en Project Management Professional (PMP), 35,250 Certified Associate in Project Management (CAPM), 21,795 PMI Agile Certified Practitioner (PMI-ACP) a nivel mundial, y en Colombia la cifra en 2019 está cercana a las 6000 personas, según el reporte presentado por Wilbert Nivia en el VIII Congreso Internacional de Gerencia de Proyectos¹ realizado en la ciudad de Bogotá. El PMBOK [7] presenta 49 procesos, agrupados en 5 grupos de procesos de gestión de proyectos y 10 áreas del conocimiento. Cada proceso incluye entradas, técnicas y herramientas, y salidas, las cuales involucran el uso de herramientas tecnológicas, entregables documentados que son de vital importancia para la planificación, el buen desempeño, seguimiento y monitoreo del proyecto.

Es preciso destacar que, administrar un proyecto de TI no es igual a administrar cualquier otro proyecto [12]. Aunque muchos de los procesos del proyecto son similares, se necesita un enfoque completamente diferente, esto es debido a [1]: 1) La naturaleza de los proyectos de TI, los cuales son variados, en cuanto a número de personas y en cuanto a dispositivos hardware y software; 2) Las características del equipo de proyecto, esto es debido a que los miembros del equipo del proyecto poseen diferentes habilidades o especialidad en algún tema como negocios, matemáticas, programación, análisis de redes, arquitectura de sistemas, ingeniería de software entre otros; 3) La diversa naturaleza de las tecnologías involucradas, es decir, “las diferencias en el conocimiento técnico pueden dificultar la comunicación entre profesionales. Los especialistas en hardware podrían no entender el lenguaje de los analistas de bases de datos, y viceversa. Los especialistas en seguridad pueden tener dificultades para comunicarse con analistas de negocios. Las personas dentro de la misma función del trabajo en TI a menudo no se entienden porque usan tecnologías diferentes.” [1].

Adicionalmente, también las metodologías ágiles y adaptativas (XP [13], SCRUM [14], ASD [15]) y los nuevos enfoques como DevOps [16], están planteando nuevos retos para la gerencia de proyectos, según el reporte CHAOS [4], los proyectos que utilizaron metodologías ágiles tuvieron un 39% de éxito frente a un 11% de los que utilizaron cascada.

En la actualidad se encuentran soluciones que involucran tecnología Blockchain para diversas áreas, las cuales han mostrado muy buenos resultados para cada caso de aplicación. Una Blockchain (cadena de bloques) es un conjunto de datos que se conectan a través de una cadena formada a partir de pequeños grupos de información, llamados bloques, donde cada bloque guarda una pequeña parte de toda la

¹ <https://bit.ly/31h8qZg>

información global del sistema. De esta manera, la cadena de bloques se va extendiendo, cada vez que un nuevo bloque se va agregando, logrando de esta manera la creación de un libro de contabilidad o de cuentas (Ledger), que contiene el histórico de todas las transacciones ocurridas sobre el sistema y que es inmodificable, gracias al uso de medios criptográficos y validado constantemente por los participantes de la red [17]. Entre las principales características y mayores ventajas de una solución basada en Blockchain se encuentran sistemas altamente descentralizados, velocidad en las transacciones (u operaciones según el caso de uso), seguridad, auditabilidad, control, privacidad, confiabilidad, transparencia, trazabilidad, persistencia e inmutabilidad [18] [19]. La Blockchain provee beneficios a los gobiernos y a la sociedad en general, siendo una herramienta facilitadora para desarrollos de gobierno electrónico (e-government) que permite: reducir costos y burocracia; crear procesos de confianza compartida y auditorías [19]; acortar tiempos para monitorear los productos enviados de una nación a otra; automatizar y eliminar intermediarios; entre otras más ventajas [20]. También se encuentran casos de aplicación que facilitan el almacenamiento, acceso, seguimiento a información específica relacionada con registros médicos de pacientes [21] [22] [23], cadenas de suministros [24], sector Financiero [25], entre otros.

Para el caso de la gestión de proyectos, el seguimiento del proyecto en cualquier instante e independientemente de la metodología utilizada, debe permitir monitorear y controlar el proyecto en cuanto a documentos y entregables de alcance, costos, cronograma, riesgos, adquisiciones, calidad, recursos y comunicaciones, de forma que se pueda contar con una adecuada trazabilidad del proyecto. Sumado a esto, los entregables de gestión de proyectos requieren mantener su integridad, en cada una de sus versiones resultantes a pesar de ser gestionados por varias personas, es decir, que sean confiables en cualquier momento. El gerente de proyecto debe poder confiar en los reportes de avance del proyecto, de forma que estén en sintonía e integración con el grado de progreso de cada entregable del proyecto. Dicho de otro modo, si el grado de avance del proyecto reporta un 60%, este valor debe corresponder con la realidad del avance del proyecto.

Teniendo en cuenta lo anterior, en este proyecto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: **¿Cómo integrar las potencialidades de Blockchain en la gestión de proyectos TI?**

Para dar solución a la anterior pregunta, se propone la construcción de un Prototipo Software para la gestión de proyectos de TI mediante la integración de características propias de la tecnología Blockchain, los procesos de gerencia de proyectos recomendados por el PMBOK, que facilite el proceso de control de cambios en los diferentes entregables, reportes veraces de resultados, integridad y confiabilidad en los documentos de la gestión de proyectos de TI.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Proponer un prototipo software para la gestión de proyectos de TI mediante la integración de características propias de la tecnología Blockchain, la selección de algunos procesos de gerencia de proyectos recomendados por el PMBOK, y la evaluación del atributo satisfacción del prototipo propuesto.

1.3.2 Objetivos específicos

OBJ1. Definir una ontología de dominio específico que permita entender y organizar el conocimiento proveniente de la conceptualización y caracterización de las temáticas de Blockchain y gestión de proyectos obtenido del mapeo sistemático.

OBJ2. Construir un prototipo software para la gestión de proyectos de TI, que integre el conocimiento de gestión de proyectos y Blockchain estructurado en la ontología definida, los procesos de gestión de proyectos del PMBOK seleccionados y las dependencias e interacciones de estos procesos.

OBJ3. Evaluar el atributo satisfacción del prototipo software construido mediante la determinación de la polaridad a través de la aplicación de una encuesta a un grupo de usuarios (profesores y estudiantes de la FIET).

1.4 Contribuciones de esta tesis

Desde una perspectiva investigativa los aportes de este proyecto se verán reflejados en el mapeo sistemático y la especificación del conocimiento sobre Blockchain y gestión de proyectos TI estructurados en una ontología.

A nivel de innovación y desarrollo tecnológico, se presenta la adaptación de la tecnología Blockchain para la gestión de proyectos de TI evidenciada en la construcción de un prototipo software, el cual reflejará la idoneidad de una solución informática basada en tecnología Blockchain para la gestión de los entregables generados durante el desarrollo de un proyecto de TI. Todo lo anterior estará enmarcado dentro de las buenas prácticas propuestas por el PMI en su PMBOK [7, p. 2].

A nivel social las evaluaciones realizadas al prototipo permitirán mostrar el potencial de la tecnología Blockchain y su relevancia en la gestión de proyectos de TI mediante la evaluación del atributo satisfacción del prototipo propuesto.

1.5 Proceso metodológico

Como metodología para el desarrollo de este proyecto, en el primer y tercer objetivo específico, se utilizará el Patrón Iterativo de Investigación (Iterative Research Pattern, IRP) propuesto por Pratt [26], que es un método diseñado especialmente para proyectos de investigación de ciencias de la computación y que involucran una solución computacional. Este proceso se enfoca en múltiples y cortos ciclos con 4 pasos básicos: observación del problema, identificación del problema, desarrollo

tecnológico de la solución y pruebas de la solución. Adicionalmente, se utilizarán la guía propuesta en [27] para el mapeo sistemático, formalismo para la representación de ontologías para Ingeniería de Software (Representation Formalism for Software Engineering Ontologies - Refseno) [28] para la construcción de la ontología, juicio de expertos [7] mediante encuesta para la selección de los procesos de gerencia de proyectos y SCRUM [14] como metodología para desarrollo de software para apoyar el desarrollo e implementación del objetivo específico 2.

1.6 Organización del documento

En esta sección se presentaron el planteamiento del problema, los objetivos y las contribuciones a nivel de investigación que se obtuvieron con el desarrollo de este trabajo de pregrado.

Seguidamente, en el capítulo 2, se presenta el mapeo realizado sobre aplicación de Blockchain en la gestión de documentos, el cual incluye la descripción del protocolo de investigación y los resultados de las preguntas formuladas.

Luego, el capítulo 3, está dedicado a mostrar el desarrollo de la ontología.

En el capítulo 4, se presenta la construcción del prototipo.

En el capítulo 5, se describen las evaluaciones realizadas, los resultados obtenidos y las discusiones sobre los mismos.

Finalmente, en el capítulo 6, se presentan las conclusiones alcanzadas con el desarrollo de este trabajo y las propuestas para el desarrollo de futuras investigaciones.

Capítulo 2

Blockchain y la gestión documental: Un mapeo sistemático

En este capítulo se presenta un mapeo sistemático realizado sobre la aplicación de la tecnología Blockchain en la gestión documental realizado con el fin de obtener una conceptualización sobre el tema y los alcances de esta tecnología en el tema de interés. En la sección 2.1, se presenta un contexto sobre gestión documental, que permite familiarizarse con el tema central abordado; en la sección 2.2, se presenta un breve overview sobre el tema; en la sección 2.3, se describe el protocolo realizado y finalmente en la sección 2.4 se presentan los resultados de los estudios y las conclusiones.

2.1 Contexto

El flujo de información que se genera en los diferentes procesos que realizan en la vida diaria tanto a nivel corporativo, académico e investigativo por tanto cobra importancia contar con documentos confiables y controlados en las actividades que se llevan a cabo en las organizaciones, es así como la gestión de documentos en un unión con los avances de las tecnologías de la información – TI crean condiciones favorables para que los documentos mantengan una estructura, contenido y confiabilidad adecuadas, así como la facilidad para accederlos o restringirlos para apoyar los procesos de la organización[29].

La gestión electrónica de documentos afecta la satisfacción de necesidades a lo largo de toda una organización dados los volúmenes de información que hoy día se manejan dado que asegura la calidad, autenticidad y seguridad de la información que está disponible a los usuarios adecuados y con el adecuado procesamiento se convierte en conocimiento que apoya y respalda procesos de toma de decisiones. En la actualidad encontramos importantes técnicas computacionales o tecnologías que permiten llevar a cabo esta tarea como es el caso de Blockchain, la cual mejora la forma en que se protege, y se accede a la información de una forma transparente para los usuarios.

En este capítulo se presenta un mapeo sistemático sobre cómo se encuentra el estado del conocimiento y aplicación de la tecnología Blockchain en la gestión de documentos electrónicos y gestión de datos con respecto a: tendencias, evolución e identificación de las plataformas más utilizadas; y así, analizar la madurez de la temática de estudio de este trabajo de grado. Por tanto, para su desarrollo se utilizaron los pasos propuestos por Petersen [27], así: en primera instancia, se propusieron 5 preguntas de investigación; en segunda instancia, se definió una cadena de búsqueda utilizada en las bases de datos ACM Digital Library, IEEE Xplore Digital Library, Web of Science, Scopus y ScienceDirect, en donde se encontraron un total de 372 artículos; en tercera instancia, mediante la definición y aplicación de criterios de inclusión, exclusión y calidad se seleccionaron 61 artículos; finalmente, se procede a dar respuestas a las

preguntas planteadas encontrando que: Se determinó un crecimiento en el número de estudios en esta temática, variando del 19.37% en 2017 al 40.32% en 2020; los estudios primarios seleccionados corresponden a artículos publicados en su mayoría en conferencias, journals, workshops y capítulos de libro; los estudios seleccionados se clasificaron por tipo de aplicación y adaptación de la tecnología Blockchain en las siguientes cinco áreas: 1) Salud, 2) Gestión de documentos, 3) Privacidad y seguridad, 4) Educación y 5) Gobernanza; la plataforma más utilizada es Hyperledger Fabric para construir redes privadas y Ethereum para redes públicas; finalmente, se resalta que el 29.3% de los artículos seleccionados ha recibido más de 10 citas.

2.2 Breve descripción y estado actual de la investigación

La tecnología Blockchain está permeando muchos entornos de la vida cotidiana como el financiero, los servicios de salud, las cadenas de abastecimiento y otros sectores importantes en conjunto con distintas aplicaciones, proporcionando así valor agregado a los sistemas que se soportan con esta tecnología. La tecnología Blockchain es relativamente nueva en el mundo, aunque cuenta con fundamentos teóricos de hace años, lo innovador de esta tecnología consiste en permitir a los miembros participantes de la red iniciar transacciones cuya confianza es intrínseca al usar una arquitectura Blockchain[30]. La primera versión de lo que es Blockchain surgió en 2008 con el white paper publicado por Satoshi Nakamoto [31], cuya meta era crear un sistema completamente digital para el intercambio de divisas entre usuarios sin la necesidad de una tercera entidad que proporcione la confianza necesaria para realizar transacciones mediante el uso del modelo P2P (Peer-to-peer).

Una Blockchain (cadena de bloques) es un conjunto de datos que se conectan a través de una cadena formada a partir de pequeños grupos de información, llamados bloques, donde cada bloque guarda una pequeña parte de toda la información global del sistema. De esta manera, la cadena de bloques se va extendiendo cada vez que un nuevo bloque se va agregando, logrando la creación de un libro de contabilidad o de registro de transacciones (Ledger), que contiene el histórico de todas las transacciones ocurridas sobre el sistema y que es inmodificable, esto se logra principalmente por el uso de medios criptográficos y validaciones constantemente realizadas por los participantes de la red [17]. En la Tabla 1, se presentan algunos conceptos importantes a resaltar de la tecnología Blockchain tomados de[32], que favorecen la comprensión y resaltan el valor que agrega a un sistema el uso de la tecnología Blockchain.

Tabla 1. Conceptos relevantes de la tecnología Blockchain.

Fuente: Tomado de [32].

Concepto	Definición
Node	“Fundamental para la construcción de una estructura de datos”[32]
Block	“Datos estructurados que contienen un bloque de datos (block data) con los registros de las transacciones o referencias a estas y un encabezado de bloque (block header), que incluye un enlace criptográfico al bloque anterior”[32]
Cryptographic link	“Referencia construida mediante una función criptográfica hash (cryptographic has function), que mapea cadenas binarias de longitud arbitraria en cadenas de longitud, haciendo que el costo computacional sea una muy alto para tratar de

Concepto	Definición
	conectar un bloque con una entrada dada, sumado a que es inviable encontrar dos entradas diferentes asignadas a la misma salida" [32]
Ledger	"Almacena la información guardada en los registros de transacciones que son definitivos e inmutables"[32]
Distributed Ledger Technology - DLT	"Habilita la operación y uso de los libros de registros distribuidos" [32]
Distributed Ledger	"Información compartida entre un conjunto de nodos DLT, la cual se sincroniza mediante un mecanismo de consenso" [32]
Consensus mechanism	"Reglas y procedimientos mediante las cuales el consenso entre los nodos DLT se alcanza para validar una transacción y para que el libro de registros mantenga un conjunto coherente y ordenados de transacciones validadas" [32]
Mining	"Actividad que en algunos mecanismos de consenso crea y valida bloques o valida el libro de registros"[32]
Smart Contract	"Programa informático almacenado en un sistema DLT en donde los resultados de cualquier ejecución del programa se almacena el libro de registros distribuido" [32]

Entre las principales características y mayores ventajas de una solución basada en Blockchain se encuentran la creación de sistemas altamente descentralizados, velocidad en las transacciones (u operaciones según el caso de uso), alta seguridad, auditabilidad, control, privacidad, confiabilidad, transparencia, trazabilidad, persistencia e inmutabilidad [18] [19], como beneficios intrínsecos de su uso, la automatización por medio de los contratos inteligentes y su arquitectura de confianza y transparencia distribuidas[33].

La Blockchain provee beneficios a los gobiernos y a la sociedad en general, siendo una herramienta facilitadora para desarrollos de gobierno electrónico (e-government) que permite: reducir costos y burocracia; crear procesos de confianza compartida y auditorías [19]acortar tiempos para monitorear los productos enviados de una nación a otra; automatizar y eliminar intermediarios; entre otras más ventajas [20]. También se encuentran casos de aplicación que facilitan el almacenamiento, acceso, seguimiento a información específica relacionada con registros médicos de pacientes [21] [22] [23], cadenas de suministros [24], sector Financiero [25], entre otros. En la actualidad se encuentran soluciones que involucran tecnología Blockchain para diversas áreas, las cuales han mostrado muy buenos resultados para cada caso de aplicación. Entre los usos más importantes de esta tecnología actualmente se encuentra la criptomoneda Bitcoin, Ethereum y sus contratos inteligentes, Ripple y su protocolo de pagos global, proveedores de identidad digital como el sistema nacional de identidad digital de la India (UIDAI), sistemas de votación como el utilizado en 2014 por el partido político danés Liberal Alliance en sus votaciones internas [34], cadenas de suministro [35] y gestión de documentos electrónicos[36];siendo esta última de especial interés para el desarrollo de este estudio.

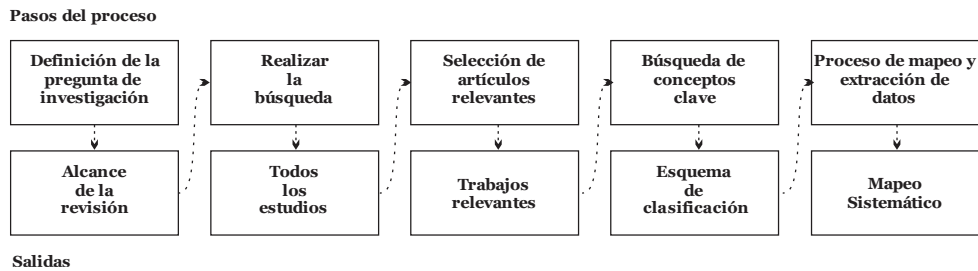
La gestión de documentos electrónicos cada día es más demandada por instituciones públicas y privadas que necesitan tener plena disponibilidad y seguridad de los

documentos considerando que lo más importante para estas organizaciones es eliminar la necesidad de terceros en esta gestión, como se puede apreciar en los siguientes trabajos: En 2018 Fan et al. [36], muestran MedBlock, el cual permite el acceso y recuperación eficiente de los registros médicos electrónicos de los pacientes. Al Omar et al. [37], proponen MediBchain en el que describen el protocolo de su plataforma para mantener la confidencialidad de los datos de salud mediante las características de seudónimo, privacidad, integridad, responsabilidad y seguridad. Martiri & Muça [38], presentan DMS-XT un sistema de gestión y legitimidad de diplomas para estudiantes de licenciatura y maestrías, el cual verifica la información de plagio en los campos resumen, palabras claves y referencias. Magrahi et al. [39], muestran NFB, un protocolo propuesto para el notariado y gestión documental de cualquier tipo de archivos usando la tecnología Blockchain que permite a los usuarios archivar, controlar y analizar los documentos almacenados en el sistema. A nivel Colombia, se resaltan Solarte-Rivera et al. [40], desarrollan un sistema de gestión documental basado en Blockchain, que apoya los procesos de embargo judiciales en Colombia, aprovechando las características de Blockchain como la confidencialidad, disponibilidad, fiabilidad, facilidad para la distribución de documentos y el proceso de seguimiento y el control de cambios en los mismos. En 2019, Zaky & Nugraha [41], proponen TNDE un sistema para gestionar documentos electrónicos oficiales. En 2020 [42] proponen una arquitectura en capas basada en Blockchain para una red de datos universitarios donde estudiantes y profesores (dueños de los datos que se ingresarán al sistema) puedan compartir los datos que generan mientras se garantiza la autenticidad y privacidad. En 2020 [43] muestra los principales problemas relacionados de la votación electrónica, soluciona los problemas con la entrega de resultados válidos y también la veracidad de los datos de votación, facilita el seguimiento de los datos, asimismo servidores con fallas no representan un gran problema para la votación en curso puesto que sus datos se sincronizan con otros servidores para poder ser eliminados temporalmente de la red hasta que los problemas que presentan esos servidores sean solucionados.

2.3 Descripción del Protocolo de investigación

El desarrollo de este estudio se realizó mediante un mapeo sistemático de la literatura, que es un método definido para seleccionar y clasificar la información de los resultados que han sido publicados hasta el momento en un tema de investigación específico, se ha utilizado una combinación de pasos propuestos por [27], de tal forma que el procedimiento se compone de 5 etapas, como se muestra en la

Figura 1, favoreciendo la selección de estudios de interés para responder las preguntas de investigación, la replicabilidad y actualización del estudio en la medida que la ventana de estudio se va ampliando dado el crecimiento en el número de estudios en este tema. La revisión realizada tuvo en cuenta publicaciones desde enero de 2015 hasta diciembre de 2020.

Figura 1. El proceso del mapeo sistemático. Tomado de [27]

2.3.1 Definición de las preguntas de investigación

Se determinó como directriz de este estudio: Examinar el estado actual de la gestión de documentos y gestión de datos utilizando Blockchain en la literatura y para atender este estudio se definieron 5 preguntas de investigación presentadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Preguntas de investigación

No	Preguntas de investigación	Rationale
RQ1	¿Cuáles son los principales estudios sobre gestión documental y gestión de datos con Blockchain?	Determinar el número de estudios actuales sobre el uso de la tecnología Blockchain en la gestión documental
RQ2.	¿Cuáles son las regiones que están aportando más al tema?	Identificar cómo ha evolucionado la gestión documental y la gestión de datos con Blockchain en el mundo.
RQ3	¿Qué tipo de soluciones se han propuesto para gestión documental y gestión de datos utilizando Blockchain?	Encontrar las soluciones propuestas y cuáles son los campos de aplicación
RQ4	¿Qué tipos de plataformas de desarrollo de Blockchain se han propuesto?	Establecer las plataformas más utilizadas para el desarrollo de soluciones Blockchain
RQ5	¿Cuáles estudios han sido los de mayor influencia según el número de citas?	Determinar de forma cuantitativa la tendencia de los estudios científicos relacionados con el tema.

2.3.2 Realizar la búsqueda

Para realizar la búsqueda se utilizan las bases de datos ScienceDirect, IEEE Xplore Digital Library, ACM Digital Library, Scopus y Web of Science. A partir de las palabras claves Blockchain, gestión documental y gestión de datos se realizó la siguiente cadena de búsqueda:

(Blockchain OR "Block-chain") AND ("document management" OR "data management")

Al ejecutar la consulta con la cadena de búsqueda en las cinco bases de datos escogidas se encontraron 587 estudios. Después con la ayuda de Parsifal (Parsifal, 2019) se encontraron artículos duplicados y se escogieron los más completos obteniendo así un resultado de 372 artículos. En la

Tabla 3, se presenta el número de estudios encontrados con la cadena de búsqueda en cada base de datos, adicionalmente, en la tercera columna se presentan los resultados relevantes seleccionados a través de la revisión de los términos definidos sobre el título, resumen y las palabras claves.

Tabla 3. Número de estudios por base de datos

Fuente	Estudios encontrados	Estudios relevantes
ACM Digital Library	58	4
IEEE Xplore Digital Library	99	14
ISI Web of Science	16	3
ScienceDirect	15	5
Scopus	184	35
Total	372	61

2.3.3 Selección de artículos

Después de realizada la búsqueda con la cadena de búsqueda, se incluirán aquellos estudios que cumplan con los siguientes criterios de inclusión y exclusión descritos en la *Tabla 4*.

Tabla 4. Número de estudios por base de datos

Tipo de criterio	Criterios definidos
Inclusión	Artículos de investigación completos publicados en revistas y en memorias de eventos relacionados gestión documental y gestión de datos que utilizan tecnología Blockchain
	Artículos que involucran la temática de sistemas con gestión documental y gestión de datos que utilizan Blockchain en lo relacionado con tipos de soluciones y plataformas.
	Artículos completos que teniendo en cuenta el título, abstract y keywords aporten a la respuesta de las preguntas de investigación planteadas en este estudio.
	Artículos relacionados con la temática de interés que estén escritos en inglés y que sean del área de ciencias de la computación con texto completo entre los años 2015 y 2020.
Exclusión	El artículo no responde a las preguntas de investigación planteadas.
	Estudios a los cuales no se puede acceder al texto completo o estudios tipo debate, o disponibles solo en forma de resumen o presentación.
	Estudios duplicados obtenidos como resultado de las cadenas de búsqueda en diferentes bases de datos.
	Estudios cuya principal contribución no se relacione con la gestión documental y la gestión de datos con Blockchain.
Calidad	¿El estudio da respuestas claras a alguna de las preguntas de este mapeo sistemático? (S=1 P=0.5 N=0).
	¿El estudio expone de manera clara y detallada los resultados obtenidos? (S=1 P=0.5 N=0).
	¿El estudio ha sido citado por otros autores? (S = 1 N = 0)
	El estudio presenta de forma detallada información sobre gestión de documentos utilizando Blockchain (S=1 P=0.5 N=0).

Con la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión descritos anteriormente, a los artículos completos se obtuvo un resultado de 61 artículos seleccionados.

Para clasificar los artículos se utilizó la herramienta web, Parsifal[44], la cual apoya el desarrollo de las revisiones sistemáticas de la literatura dentro del contexto de

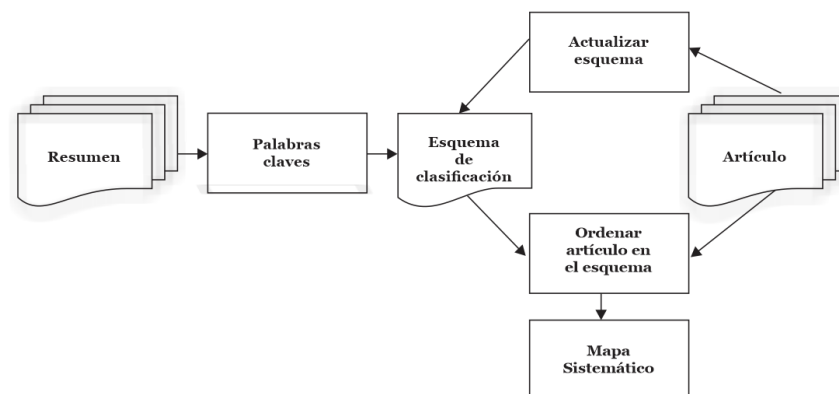
ingeniería de software. En una primera etapa, se aplicaron los artículos encontrados mediante la revisión del título, el resumen y las palabras claves con lo cual se encontraron los estudios relevantes. Posteriormente, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión en los artículos completos obteniendo como resultado los artículos seleccionados para el estudio. Parsifal [44] permitió descargar una hoja de cálculo con toda la información de las consultas en las diferentes bases de datos. De esa hoja de cálculo se seleccionaron los artículos aceptados con la información del título, los autores, el año de publicación, el lugar de la publicación, el tipo de publicación y el tipo de aplicación.

2.3.4 Búsqueda de conceptos clave

En la

Figura 2, se presenta el esquema de clasificación seguido [27] para obtener los artículos seleccionados para el mapeo sistemático desarrollado en este trabajo.

Figura 2. Esquema de clasificación basado en [27].



2.3.5 Proceso de mapeo y extracción de datos

En la Tabla 5, se presentan los resultados obtenidos para desarrollar el objetivo de este mapeo sistemático, una vez se clasificaron todos los estudios.

Tabla 5. Lista de estudios seleccionados

Fuente	Estudios seleccionados
ACM Digital Library	4
IEEE Xplore Digital Library	14
ISI Web of Science	3
ScienceDirect	5
Scopus	35
Total	61

Para organizar los estudios se utiliza una plantilla, en donde se definieron los campos: Id, para la identificación de los artículos, el cual está constituido por la letra E acompañada por un entero consecutivo; Nombre del artículo, Año de la publicación del

estudio seleccionado; y la Referencia del artículo. La información extraída fue tabulada y organizada visualmente en la siguiente sección con el fin de dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas anteriormente.

2.4 Resultados

2.4.1 Pregunta RQ1. ¿Cuáles son los principales estudios sobre gestión documental y gestión de datos con Blockchain?

A continuación, en la Tabla 6 se presentan una breve descripción de los estudios seleccionados

Tabla 6. Estudios primarios seleccionados.

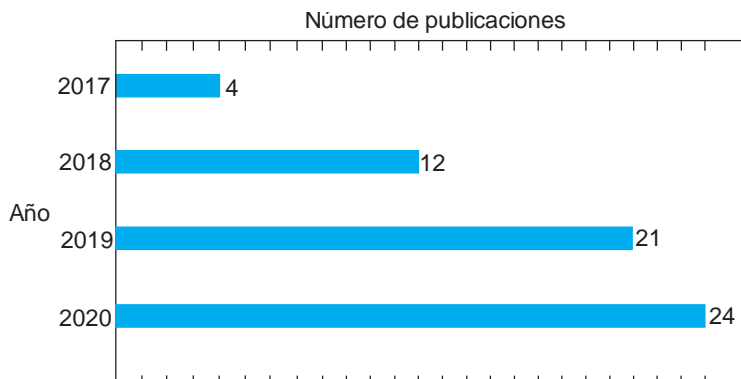
Id	Nombre del artículo	Año	Ref.
E1	Cryptsubmit: Introducing Securely Timestamped Manuscript Submission and Peer Review Feedback Using the Blockchain	2017	[45]
E2	Towards Blockchain-enabled school information hub	2017	[46]
E3	How blockchain could empower eHealth: An application for radiation oncology: (Extended abstract)	2017	[47]
E4	MediBchain: A blockchain based privacy preserving platform for healthcare data	2017	[37]
E5	EMRShare: A Cross-Organizational Medical Data Sharing and Management Framework Using Permissioned Blockchain	2018	[48]
E6	SmartProvenance: A Distributed, Blockchain Based Data Provenance System	2018	[49]
E7	A blockchain-based architecture framework for secure sharing of personal health data	2018	[50]
E8	Towards blockchain-based scalable and trustworthy file sharing	2018	[51]
E9	MedBlock: Efficient and Secure Medical Data Sharing Via Blockchain	2018	[36]
E10	MediChainTM: A Secure Decentralized Medical Data Asset Management System	2018	[52]
E11	NFB: A Protocol for Notarizing Files over the Blockchain	2018	[39]
E12	Blockchain: Solving the privacy and research availability tradeoff for EHR data: A new disruptive technology in health data management	2018	[53]
E13	Blockchain: A Panacea for Healthcare Cloud-Based Data Security and Privacy?	2018	[54]
E14	DMS-XT: A blockchain-based document management system for secure and intelligent archival	2018	[38]
E15	Document management system based on a private blockchain for the support of the judicial embargoes process in Colombia	2018	[40]
E16	Block-Chain-Based Personal Data Hosting	2018	[55]
E17	Analysis of Data Management in Blockchain-Based Systems: From Architecture to Governance	2019	[56]
E18	Using Blockchain for Electronic Health Records	2019	[57]
E19	Electronic Medical Record Security Sharing Model Based on Blockchain	2019	[58]
E20	Introducing the Open Science Chain: Protecting Integrity and Provenance of Research Data	2019	[59]
E21	Application of Blockchain to Patient-Centric Access Control in Medical Data Management Systems	2019	[60]
E22	Blockchain-based Personal Data Management: From Fiction to Solution	2019	[61]

Id	Nombre del artículo	Año	Ref.
E23	Med-PPPHIS: Blockchain-Based Personal Healthcare Information System for National Physique Monitoring and Scientific Exercise Guiding	2019	[62]
E24	A novel architecture for tamper proof electronic health record management system using blockchain wrapper	2019	[63]
E25	Privacy-friendly platform for healthcare data in cloud based on blockchain environment	2019	[64]
E26	Controllable and trustworthy blockchain-based cloud data management	2019	[65]
E27	Medical Data Management on Blockchain with Privacy	2019	[66]
E28	Application of Blockchain Technology in Data Management: Advantages and Solutions	2019	[67]
E29	Research on a blockchain-based medical data management model	2019	[68]
E30	Knowledge-based block chain networks for health log data management mobile service	2019	[69]
E31	Secured Cloud Storage Scheme Based on Blockchain	2019	[70]
E32	IIoT in the hospital scenario: Hospital 4.0, blockchain and robust data management	2019	[71]
E33	EdgeCare: Leveraging Edge Computing for Collaborative Data Management in Mobile Healthcare Systems	2019	[72]
E34	CrowdMed: A Blockchain-Based Approach to Consent Management for Health Data Sharing	2019	[73]
E35	Blockchain certification and granular editing permissions in document management system	2019	[74]
E36	Electronic Evidence Preservation Model Based on Blockchain	2019	[63]
E37	Security and Privacy of Electronic Health Records: Decentralized and Hierarchical Data Sharing using Smart Contracts	2019	[75]
E38	A Blockchain-Based Scheme for Secure Sharing of X-Ray Medical Images	2020	[76]
E39	HealthChain: A Secure Scalable Health Care Data Management System Using Blockchain	2020	[77]
E40	A Blockchain-Based Data-Sharing Architecture	2020	[78]
E41	A Data Management Method Based on Blockchain Technology	2020	[79]
E42	Blockchain-Based Secure Collaboration Platform for Sharing and Accessing Scientific Research Data	2020	[80]
E43	An Architecture for Smart University Data Collection and Management Based on Blockchain Network	2020	[42]
E44	Using Blockchain Data Security Management for E-Voting Systems	2020	[43]
E45	Managing Patient Medical Record using Blockchain in Developing Countries: Challenges and Security Issues	2020	[81]
E46	Permission-Based Blockchain with Proof of Authority for Secured Healthcare Data Sharing	2020	[82]
E47	A Blockchain-based Testing Approach for Collaborative Software Development	2020	[83]
E48	Blockchain and Machine Learning in Health Care and Management	2020	[84]
E49	A Blockchain based Secured Healthcare Framework	2020	[85]
E50	EdgeMediChain: A Hybrid Edge Blockchain-Based Framework for Health Data Exchange	2020	[86]
E51	SHealth: A Blockchain-Based Health System with Smart Contracts Capabilities	2020	[87]
E52	Design and implementation of distributed ledger-based health data management system	2020	[88]
E53	A Blockchain Consensus Mechanism for Marine Data Management System	2020	[89]
E54	Realizing the role of permissioned blockchains in a system engineering lifecycle	2020	[90]
E55	Blockchain for Healthcare: Securing Patient Data and Enabling Trusted Artificial Intelligence	2020	[91]

Id	Nombre del artículo	Año	Ref.
E56	A Decentralized System for Medical Data Management via Blockchain	2020	[92]
E57	Blockchain-based data privacy management with Nudge theory in open banking	2020	[93]
E58	Modular Blockchain Implementation in Intensive Medicine	2020	[94]
E59	ICU Data Management - A Permissioned Blockchain Approach	2020	[95]
E60	GuardHealth: Blockchain empowered secure data management and Graph Convolutional Network enabled anomaly detection in smart healthcare	2020	[96]
E61	Secure Electronic Medical Records Storage and Sharing Using Blockchain Technology	2020	[97]

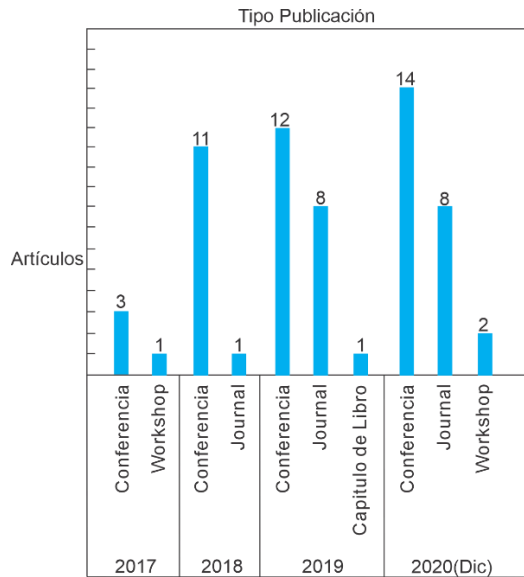
La Figura 3, presenta el número de estudios identificados desde el año 2015 hasta el año 2020, encontrando que el 6.6% de los estudios se realizaron en el 2017, el 19.7% en 2018, 34.4% en 2019 y hasta diciembre de 2020 el 39.3%, como se puede apreciar el uso de soluciones de gestión de documentos y gestión de datos soportadas con tecnología Blockchain va en crecimiento a nivel mundial.

Figura 3. Publicaciones por año



La Figura 4, provee una visión general de la distribución de los estudios seleccionados para el mapeo por año y tipo de publicación, donde se puede apreciar que la mayoría de los estudios de interés para este mapeo son publicaciones de conferencias internacionales, seguido de publicaciones en Journals.

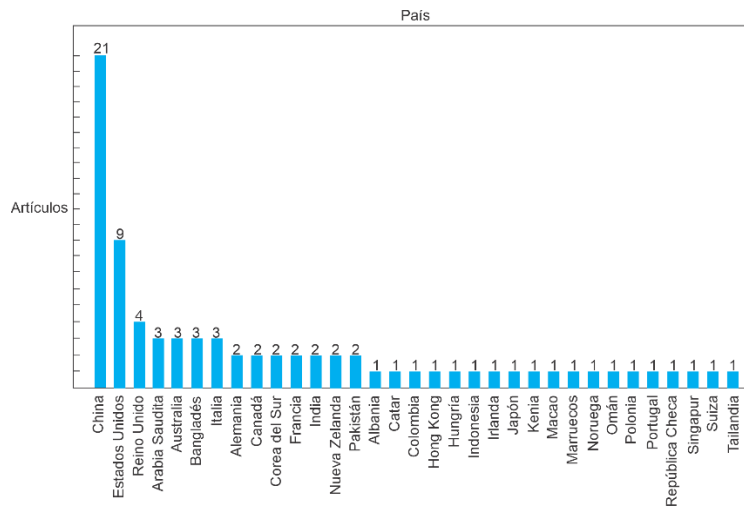
Figura 4. Tipo de estudios seleccionados por año.



2.4.2 Pregunta RQ2. ¿Cuáles son las regiones del mundo que más aportan al tema?

La Figura 5, presenta la distribución de los estudios por cada país, encontrando que el mayor número de artículos es publicado por China con catorce (25.45%), seguido por Estados Unidos con siete (12.73%), Australia e Italia con tres (5.45%), también Bangladés, Nueva Zelanda, Canadá, Francia, y Alemania con dos estudios. Del resto de países solo se ha seleccionado un estudio en el área objeto de estudio de este mapeo.

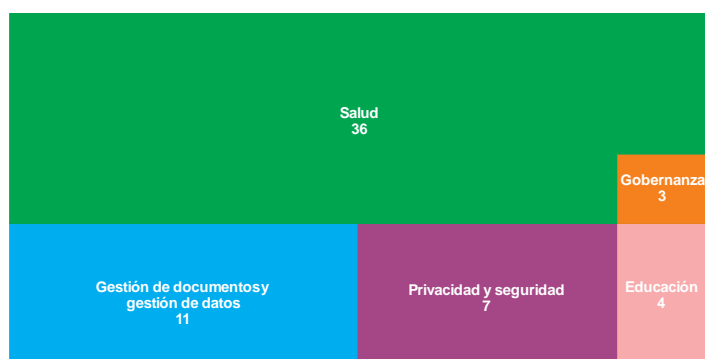
Figura 5. Contribución de cada país.



2.4.3 Pregunta RQ3. ¿Qué tipo de soluciones se han propuesto para gestión documental y gestión de datos utilizando Blockchain?

La Figura 6, presenta la distribución de estudios por tipo de aplicación que se han desarrollado para soluciones de gestión documental utilizando tecnología Blockchain, por tanto, se clasificaron según (Casino et al., 2019), encontrando que la mayoría fueron desarrolladas para el sector Salud (n=36, 59%), seguido de Gestión de documentos (n=11, 18%), Privacidad y seguridad (n=7, 11.5%), Educación (n=4, 6.5%) y Gobernanza (n=3, 4.9%). A continuación, se describen las soluciones encontradas por cada área.

Figura 6. Distribución de estudios seleccionados por tipo de aplicación.



1. Salud

Dadas las características de la tecnología de Blockchain es muy útil para soportar aplicaciones que gestionan, aseguran y mantienen la integridad la información de pacientes, especialmente en lo relacionado con registros médicos. En el desarrollo de este mapeo se seleccionaron 36 estudios [E3, E4, E5, E7, E9, E10, E12, E13, E18, E19, E21, E23, E24, E25, E27, E29, E30, E32, E33, E34, E37, E38, E39, E45, E46, E48, E49, E50, E51, E52, E55, E56, E58, E59, E60, E61], entre los cuales se encuentran propuestas relacionadas con: Registros médicos electrónicos (Electronic medical records- EMRs) para la atención de pacientes con cáncer como el caso del estudio E3. Los estudios E4, E10 presentan protocolos para la gestión de datos médicos como MediBchain, MediChainTM. Los estudios E7, E9, E12, E13, E21 proponen intercambio seguro de datos médicos. El estudio E18 presenta un framework para el almacenamiento seguro de registros médicos. El estudio E19 muestra un intercambio seguro de registros médicos utilizando Blockchain e Inter Planetary File System (IPFS) para almacenar los archivos. El estudio E23 propone Med-Dlattice para gestión de la información sanitaria personal de los usuarios mediante un grafo acíclico dirigido (DAG) donde cada cuenta se actualiza de manera asíncrona con otras cuentas no relacionadas. E24 introduce una nueva arquitectura basada en Blockchain para un sistema de gestión de registros médicos electrónicos (en inglés EHR) a prueba de manipulaciones que resuelve algunos inconvenientes como diagnósticos con retraso, beneficios a las compañías de seguros u ocultando malas prácticas en la gestión de las EHR. E25 propone descentralizar los datos de salud para reducir al mínimo la posibilidad de ataques, almacenando y ejecutando el procesado de estos datos

sensibles bajo un modelo de red P2P aprovechando las propiedades distribuidas de esta tecnología. El estudio E27 utiliza una llave compartida para encriptar la información del paciente mediante el uso de familias de funciones con hermanos intratables (SIFF) para establecer dicha llave y usa Hyperledger Fabric para almacenar los datos encriptados de manera distribuida garantizando la integridad y disponibilidad de estos a las partes legítimas, aunque el paciente muera durante el diagnóstico o el tratamiento. E29 presenta un modelo de gestión de datos médicos que aprovecha las características de la tecnología y crea un mecanismo de recompensa por compartir datos y que beneficia a los productores de datos médicos (MDP) y a los mineros de datos médicos (MDM) en el proceso de distribuir los datos. Los estudios E30 y E33 proponen unas plataformas de salud como sistemas de servicios móviles, la primera basada en una red Blockchain basada en conocimiento en un servicio móvil (E30) y la segunda titulada como EdgeCare que utiliza servidores de borde para facilitar el procesamiento e intercambio de los datos de salud (E33). E32 crea Hospital 4.0 -H4.0, que combina la internet de las cosas industrial -IIoT con analítica de datos e inteligencia artificial para sacar valor a los registros médicos y Blockchain para la gestión y almacenamiento de los datos. El estudio E34 introduce un framework nombrado como CrowdMed para fomentar el intercambio de datos, dándole a los pacientes control total sobre el acceso a sus datos médicos y asegurando que los pacientes son plenamente conscientes de cómo y quién accede a estos y cómo son utilizados. E37 propone un esquema similar a CrowdMed, buscando solventar las mismas carencias de los tradicionales sistemas de almacenamiento de registros médicos. El estudio E38 trae una propuesta para el almacenamiento e intercambio seguro de imágenes médicas de rayos X solucionando los ya mencionados problemas de los sistemas tradicionales de almacenamiento como privacidad, manipulación ilegal de datos, la probabilidad de que sean robados y vendidos, E39 construye HealthChain, un sistema gestor de registros sanitarios cuya principal diferencia con las otras soluciones basadas en Blockchain es su gran escalabilidad y el bajo espacio de almacenamiento. El estudio E45 presenta un sistema de gestión de historias clínicas en un ambiente descentralizado. El 46 presenta un sistema de gestión de registros sobre los cuales se garantiza privacidad, control de los datos y gestión distribuida de los registros. El E48, aporta una solución a la problemática de gestión de datos de servicios médicos mediante machine learning y Blockchain, garantizándose la confiabilidad de la información. El E49 propone un framework para mejorar la seguridad de los datos en las atenciones médicas creando una única base de datos que recopila esa información en una Blockchain. El E50, implementa otro framework EdgeMediChain para solucionar problemas de autenticación y autorización para el acceso a datos en compañías farmacéuticas. El E51 presentan SHealth (Smart health), un Sistema de gestión de salud con múltiples capas y niveles de privilegios y permisos para cada entidad de salud, con el fin de solucionar el problema de la recopilación de datos de distintos sistemas propiedad de varias agencias y entidades con diferentes modelos y objetivos comerciales. El 52, propone un sistema de gestión de datos de salud que permite almacenar y gestionar

datos personales y datos de instituciones médicas, está diseñado con referencia a la arquitectura corda. El E55, desarrollan un framework para almacenar la información del paciente, el cual elige que información y con qué actores del sistema de salud la comparte. El E56, proponen un sistema distribuido para compartir datos médicos mejorando la privacidad de los datos y evitando la fuga de estos. El E58, usan la blockchain como base de datos para darle veracidad y valor a los datos obtenidos de los sensores y que serán usados por Intelligence Decision Support Systems for Intensive Medicine (ICDS4IM). El E59, muestran una actualización del estudio E58 en cuanto exactitud y la confiabilidad de los datos. El E60, presenta un esquema seguro y eficiente para preservar los datos de salud, además implementa una Graph Convolutional Network para detectar nodos maliciosos. Finalmente, el E61, propone un sistema basado en blockchain para gestionar los registros médicos electrónicos el cual fue implementado en la plataforma Hyperledger Fabric.

2. Gestión de documentos y gestión de datos

La tecnología aporta una variedad de utilidades en lo que respecta a la gestión de documentos, lo cual va desde el almacenamiento, la seguridad e integridad hasta verificar la autenticidad de documentos, entre otras, en diferentes áreas y campos de aplicación. Se encontraron 11 estudios para gestión de documentos [E14, E17, E26, E28, E31, E35, E36, E40, E41, E53, E54]. E14 presenta DMS-XT un sistema de gestión y legitimidad de diplomas para estudiantes de licenciatura y maestría, el cual verifica la información de plagio en los campos resumen, palabras claves y referencias. E17 presenta la arquitectura de Blockchain para almacenamiento de datos compuesta de cuatro capas: capa de datos lógicos, capa de datos físicos, capa de acceso a datos y capa de procesamiento de datos. El estudio E26 propone un modelo de gestión de datos con Blockchain en el cual muestran el diseño del sistema, dos algoritmos, evaluación de experimentos y análisis de seguridad. En E28 proponen un modelo de gestión de datos colaborativo basado en Blockchain el cual consta de autenticación de usuarios, proceso de validación de datos, proceso de registro de datos, proceso de intercambio de datos y un sistema de incentivos. En E31 presentan una arquitectura para la gestión de datos basada en Blockchain que muestra control de acceso, trazabilidad, de duplicación de datos y resistencia a los ataques de fuerza bruta. E35 muestra una plataforma de gestión de documentos diseñada con código abierto propuesto por una empresa privada y una organización académica, la solución presenta una técnica de edición de documentos y un procedimiento de certificación de documentos basado en la tecnología Blockchain. En E36 proponen un modelo de preservación de evidencia electrónica basado en Blockchain el cual genera confianza y seguridad. En E40 muestran una arquitectura para intercambio de datos. El 41, implementan una aplicación Blockchain para gestionar los datos y solucionar problemas de sistemas tradicionales. El E53, muestran la comparación de dos algoritmos de consenso (global consensus algorithm y PBFT) aplicado a un escenario de gestión de datos de una red marina. El E54 implementa una blockchain

permisionada dentro del ciclo de vida de la ingeniería de sistemas para hacer posible la traza de información de los entregables.

3. Privacidad y seguridad

La tecnología apoya el control de acceso de los datos, con el fin de proveer información sobre su intercambio, modificación, preservación de la privacidad y autenticidad de esta. En este aspecto se encontraron 7 soluciones [E6, E8, E16, E20, E22, E44, E57] para solventar algunos de los desafíos como: En el estudio E6 se presenta un framework para la gestión del origen de datos científicos garantizando la seguridad e inmutabilidad automatizando la verificación del origen de los registros. E20 introduce Open Science Chain una plataforma de ciber infraestructura que guarda de forma segura metadatos e información de verificación relacionada a las investigaciones y hace trazabilidad de los cambios a estos datos facilitando la auditabilidad y de esta manera simplificar asuntos relacionados con la reproducibilidad y el progreso alcanzado en investigaciones científicas. En E8 se presenta un sistema seguro para compartir archivos que utiliza la tecnología Blockchain combinado con el encriptado proxy. En E16 muestran un sistema basado en la tecnología Blockchain para la gestión de datos personales el cual asegura los datos de los usuarios al momento de almacenar y acceder a la información. El E44, un sistema de votación electrónica que aborda los principales problemas relacionados de la votación electrónica, soluciona los problemas con la entrega de resultados válidos y también la veracidad de los datos de votación, facilita el seguimiento de los datos, servidores con fallas no representan un gran problema para la votación en curso puesto que sus datos se sincronizan con otros servidores para poder ser eliminado temporalmente de la red hasta que los problemas que presente dicho servidor sean solucionados. El 57, propone un framework para gestionar la privacidad de los datos en el sector bancario el cual cuenta con tres componentes: método de clasificación de datos privados, un nuevo modelo de filtro colaborativo y un esquema de divulgación de datos basado en la teoría Nudge.

4. Educación

La educación ha encontrado en la tecnología Blockchain un gran apoyo para almacenar y preservar la información de investigaciones y resultados, sistemas de información, conocimiento organizacional, incluso aumentar la eficiencia de procesos de aprendizaje como e-learning, entre otros. Solo cuatro estudios fueron encontrados [E1, E2, E42, E43]: E1 presenta CryptSubmit, es un sistema que usa la Blockchain de bitcoin para el envío de manuscritos Open Journal System (OJS) a los cuales se les marca los tiempos en los procesos de presentación y revisión por pares para garantizar confianza (privacidad y seguridad), E2 muestra un caso de uso en Kenia de un centro de información escolar para analizar información de estudiantes, docentes, escuelas y recursos lo que facilita la toma de decisiones. El E42, es una plataforma para colaborar y compartir datos entre equipos de investigación e instituciones con un fuerte enfoque en la seguridad y la privacidad de los datos, usan hyperledger fabric para crear el entorno descentralizado que garantizara la seguridad y privacidad de los datos. El E43,

Una propuesta de arquitectura en capas basada en Blockchain para una red de datos universitarios donde estudiantes y profesores (dueños de los datos que se ingresarán al sistema) puedan compartir los datos que generan mientras se garantiza la autenticidad y privacidad.

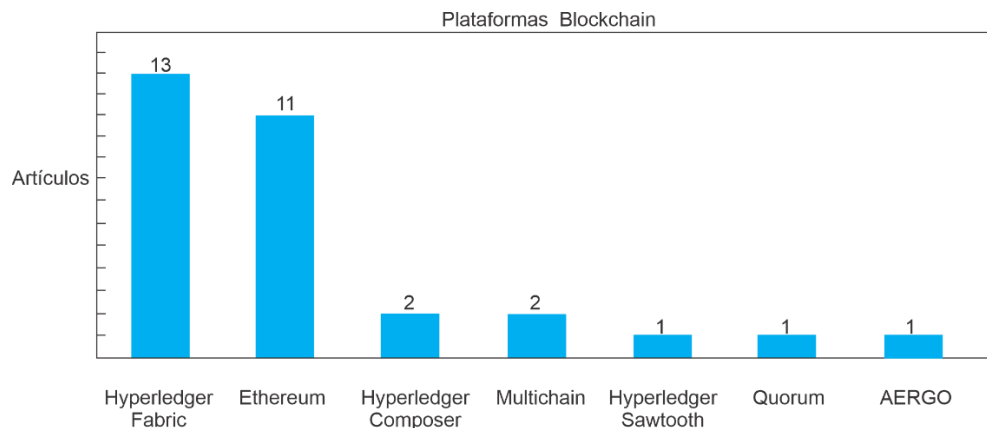
5. Gobernanza

Principalmente, aspectos de privacidad, seguridad, confianza y autenticidad provistos por la tecnología Blockchain han hecho que investigaciones y desarrollos sobre ciudades digitales, campus inteligentes, procesos de autenticación legal, entre otros, involucren esta tecnología. Tres estudios fueron identificados para este trabajo [E11, E15, E47]: E11 presenta NFB, un protocolo propuesto para el notariado y gestión documental de cualquier tipo de archivos usando la tecnología Blockchain que permite a los usuarios archivar, controlar y analizar los documentos almacenados en el sistema. En E15 muestran un sistema de gestión documental basado en Blockchain, que apoya los procesos de embargo judiciales en Colombia, aprovechando las características de Blockchain como la confidencialidad, disponibilidad, fiabilidad, facilidad para la distribución de documentos y el proceso de seguimiento y el control de cambios en los mismos. El E47, muestra como los problemas de desarrollo de software colaborativo como carencias en la gestión como verificación del cumplimiento de requisitos, falta de transparencia y política unificada en el intercambio de información y repositorios confiables pueden ser solucionados con tecnología Blockchain.

2.4.4 Pregunta RQ4. ¿Qué tipos de plataformas de desarrollo se han propuesto?

En la Figura 7, se presentan las plataformas identificadas que se utilizan para desarrollar las soluciones Blockchain descritas en los estudios, encontrando que Ethereum (E6, E7, E16, E18, E22, E25, E26, E37, E39, E50, E57), Hyperledger Fabric (E2, E20, E21, E27, E40, E42, E47, E48, E51, E57, E58, E59, E61), Hyperledger Composer (E5, E10), Hyperledger Sawtooth (E55), Aergo (E35), Multichain (E15, E46) y Quorum(E11) son las más utilizadas.

Figura 7. Plataformas utilizadas en el desarrollo de soluciones Blockchain



Ethereum se implantó en el año 2015 [57] como una cadena de bloques pública distribuida, que proporciona una plataforma descentralizada y que ejecuta contratos inteligentes, además proporciona una moneda llamada ether que se emplea para hacer intercambio de valor entre las partes usuarias de la plataforma [49]. *También utiliza solidity como lenguaje de programación para los contratos inteligentes [50].*

Hyperledger Fabric es una cadena de bloques de consorcio liderado por Linux Foundation [78], *la cadena de bloques tiene cuatro tipos de entidades: nodo de igual, nodo de orden, autoridad de certificación de Fabric y un cliente [66].*

AERGO es un proyecto Blockchain lanzado en 2019 por la compañía Blocko, es una cadena de bloques híbrida basada en la prueba de participación, también permite interactuar con la Blockchain a través de diferentes lenguajes de programación como Python, Java y *JavaScript [74].*

Multichain [98], es una plataforma orientada a sistemas de transacciones financieras, con soporte para el desarrollo de Blockchains privados y es de código abierto.

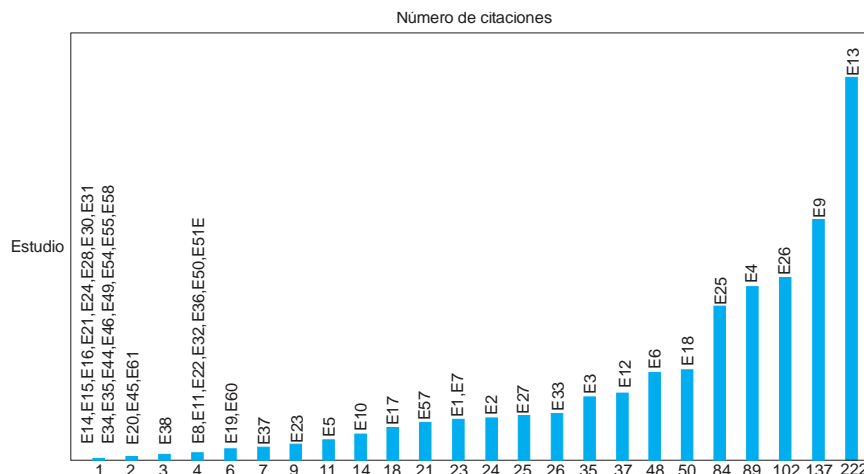
Quorum [39], “es una bifurcación de Ethereum y una Blockchain privada desarrollada por JP Morgan. Modificaron Ethereum agregando permisos, transacciones privadas y cambiaron el consenso del POW a un sistema de votación (implementado en un contrato inteligente), que impulsó las transacciones por segundo al límite.”

Hyperledger Sawtooth ofrece una arquitectura flexible y modular separando el núcleo del sistema del dominio de la aplicación y con soporte para múltiples algoritmos de consenso incluyendo Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT) y Proof of Elapsed Time (PoET) [99].

2.4.5 RQ5 ¿Cuáles estudios han sido los de mayor influencia según el número de citaciones?

El número de citas en un artículo es una herramienta muy importante y se utiliza para medir los resultados de investigación, por tanto, en la Figura 8 se presenta el número de citaciones de los artículos que tienen citaciones. Para elaborar el análisis de citas se utilizó la herramienta connected papers, la cual ayuda a encontrar artículos similares y su actividad de investigación mediante referencias y citas, generando grafos de conexiones que permiten llenar brechas en un tema de investigación. El gráfico muestra cuales artículos han sido los más citados, siendo el estudio E13 publicado en 2018 que se basa en intercambio de datos médicos el que ha recibido el número máximo de citas (citas = 222), seguido por E9 (2018, citas = 137), E26 (2019, citas=102), E4 (2017, citas=98), E25 (2019, citas =84), E18 (2019, citas = 50), constituyendo el 64.2% de las citaciones de los artículos. Cabe resaltar que el 29.3% de los artículos ha recibido más de 10 citaciones.

Figura 8. Numero de citaciones por estudio.



2.4.6 Conclusiones

En este trabajo se ha presentado un mapeo sistemático de la literatura que tuvo como objeto conocer el estado actual de la literatura sobre gestión de documentos y gestión de datos que utilizan tecnología Blockchain, el cual fue abordado mediante la definición de cinco preguntas de investigación, con la cual se determinó una cadena búsqueda que fue aplicada en cinco bases de datos ubicando estudios potenciales, mediante la aplicación de criterios de inclusión, exclusión y criterios de calidad, se seleccionaron los estudios relevantes para la investigación presentada.

En el mapeo presentado fueron seleccionados 61 estudios, los cuales siguieron de forma rigurosa el protocolo de investigación descrito anteriormente. Con los estudios seleccionados fue posible dar respuesta a las preguntas de investigación y así se alcanzó el objetivo de este estudio. Se determinó que existe un crecimiento en el número de estudios en esta temática, variando del 19.37% en 2017 al 40.32% en 2020.

Los estudios primarios seleccionados corresponden a artículos publicados en su mayoría en conferencias, journals, workshops y capítulos de libro.

Los estudios seleccionados se clasificaron por tipo de aplicación y adaptación de la tecnología Blockchain en las siguientes cinco áreas: 1) Salud, 2) Gestión de documentos, 3) Privacidad y seguridad, 4) Educación y 5) Gobernanza. De cada una de las áreas se presenta un breve resumen. Los beneficios aportados por la tecnología Blockchain en cada tipo de aplicación se describen a continuación:

- En el sector salud, la tecnología Blockchain favorece la gestión y mantiene la integridad de la información de pacientes;
- En la gestión de documentos, apoya la verificación, autenticidad de documentos involucrados en las transacciones de un sistema;
- En la privacidad y seguridad, proveen un control de acceso sobre información y su autenticidad;
- En la educación, se ha apropiado la tecnología Blockchain para generar diferentes soluciones que resguarden la información relacionada con procesos de enseñanza, de almacenamiento de información proveniente de resultados de investigaciones, registros académicos, entre otros.

- Gobernanza, la tecnología Blockchain se ha convertido en un apoyo muy valioso para resguardar la información y control de acceso de ciudades digitales, campus inteligentes, procesos de autenticación, entre otros.

Adicionalmente, cabe destacar que se determinó el número de citas de cada uno de los estudios seleccionados, encontrando que en su mayoría tienen citas, incluso que el 29.3% de los estudios ha recibido más de 10 citas.

El mapeo determinó que Blockchain se está convirtiendo en un muy buen complemento para el desarrollo de sistemas de información, aplicaciones y soluciones que requieran tomar partido de los beneficios y ventajas ofrecidos por esta tecnología, empleadas en una amplia variedad de tareas, como los identificados en este mapeo.

La gestión de documentos ha encontrado un respaldo único haciendo uso de la tecnología Blockchain favoreciendo intercambios, control de acceso, confianza, seguridad, entre otros más, en la gestión de almacenamiento de documentos y las operaciones realizadas sobre éstos.

Como trabajo futuro es de interés ampliar el conocimiento sobre la gestión de documentos en pro de identificar plenamente la adaptación y aplicación de las ventajas de la tecnología Blockchain en soluciones de gestión documental como, por ejemplo, la gestión de proyectos, la cual requiere un nivel de rigurosidad y control en el manejo de la información proveniente de cada fase del ciclo de vida del proyecto.

Adicionalmente, a partir de este mapeo se realizará la conceptualización y formalización del conocimiento sobre Blockchain y gestión documental aplicable a gestión de proyectos de TI, presentada en el siguiente capítulo obtenido.

Capítulo 3

Ontología construida

En este capítulo se presenta en la sección 3.1, el proceso metodológico para la construcción de la ontología OntoBLOGP, en la sección 3.2, se muestra el desarrollo del proceso metodológico propuesto incluyendo el modelo ontológico, su respectiva implementación en Protégé, tablas de conceptos y un caso de prueba para evaluar el modelo ontológico propuesto.

Actualmente, los proyectos de TI se han visto impactados positivamente gracias al trabajo remoto y la distribución de los esfuerzos a profesionales de distintos sectores y regiones geográficas. Sin embargo, esto ha implicado un aumento en la complejidad de su gestión, riesgos y aumento en los costos operativos asociados, por ejemplo: gestión documental, integridad de los datos, confiabilidad, privacidad, entre otros. En este sentido, aparece el Blockchain, concepto que plantea un cambio revolucionario en el intercambio seguro y confiable de información a través de transacciones entre múltiples plataformas. Este artículo propone ONTOBLOGP, una ontología semiformal con terminología genérica y consistente que permite compartir el conocimiento generado en torno a Blockchain y la gestión de proyectos basados en PMI, una de las metodologías para la gestión de proyectos más utilizada y difundida en la industria de TI, y que se basa en la guía PMBOK. ONTOBLOGP facilita la comprensión del conocimiento en la gestión de proyectos basados en el PMI y Blockchain, y su aplicación en diferentes soluciones informáticas que se encuentren en desarrollo y que requieran tener en cuenta características importantes como: privacidad, robustez y trazabilidad de la información. ONTOBLOGP se construyó por medio del formalismo para la definición de ontologías REFSENO, asimismo, se implementó en lenguaje OWL utilizando Protégé y Hermit Reasoner para evaluar la consistencia de su estructura. Por otra parte, se utilizó Apache Jena, el cual está compuesto por diferentes APIs que interactúan juntas para procesar datos RDF. Asimismo, se evaluó satisfactoriamente en dos estudios de caso utilizando el protocolo SPARQL y el lenguaje de consulta del marco de descripción de recursos (RDF). Además, utilizando SPARQL, se evaluó la capacidad de ONTOBLOGP para responder a preguntas de competencia.

3.1 Contexto

3.1.1 Ontologías

Las ontologías tienen sus orígenes en la filosofía donde se usan para la representación del conteo sistemático de lo que existe actualmente sobre una temática en un momento preciso del tiempo y que se convierte en una especificación clara de una

conceptualización que incluye objetos, conceptos y otras entidades que se presume existen en el área de estudio y relaciones que las sostienen [100]. También se puede concebir una ontología como un tipo de descripción formal para un dominio del discurso que puede ser compartida entre diferentes aplicaciones.

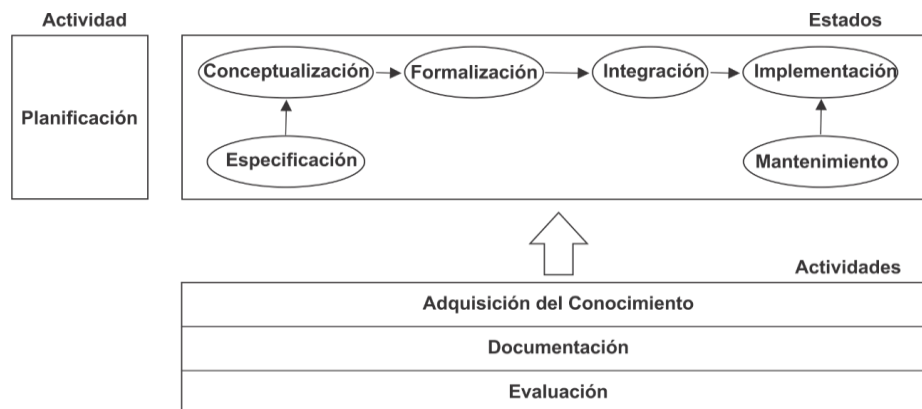
Existen varias formas útiles para la integración de ontologías, entre estas formas se tiene a “Ontology Transformation”, que transforma las entidades de una ontología con respecto a las de otra de acuerdo con unas correspondencias previamente establecidas. También está “Data Translation” que traduce las instancias de entidades de una ontología a instancias de entidades de la ontología a emparejar. Como tercera opción “Data Interlinking” cuyo objetivo es encontrar un grupo de conexiones, principalmente declaraciones owl:sameAs entre 2 grupos de datos RDF, como cuarta opción tenemos “Mediation” que es un componente Software independiente que se introduce entre otros 2 componentes para ayudarlos a interoperar, finalmente “Reasoning” que consiste en usar las alineaciones como reglas de razonamiento para las 2 ontologías a emparejar [101]. Sin embargo, de todas las mencionadas anteriormente no se utilizará ninguna en este estudio. En su lugar se utilizará “Ontology Merging” que se basa en la obtención de una nueva ontología a partir de dos ontologías emparejadas de tal manera que las entidades emparejadas en las ontologías originales estén enlazadas según lo establecido por la alineación [101].

Para la construcción de ontologías existe un conjunto amplio de metodologías que facilitan su definición y documentación. A continuación, se presentan las más destacadas:

- Methontology [102], esta metodología se compone generalmente de actividades y estados. Lo primero que se debe hacer es la actividad de planificación, después entrar en la fase de estados que se compone de la conceptualización, que consiste en la especificación del conocimiento, después siguen los estados de formalización, integración e implementación respectivamente. Durante este último estado se hace también el mantenimiento de la ontología como paso final. A lo largo de la fase de estados, existen un conjunto de actividades que se deben realizar constantemente mientras la ontología se va elaborando, estas actividades son la adquisición del conocimiento, su documentación y la evaluación del conocimiento adquirido. Esta metodología es ampliamente usada en diferentes campos de aplicación. En la Figura 9, se resume los pasos de esta metodología.
- REFSENO (Representation Formalism for Software Engineering Ontologies) [28], ha sido diseñada como una especialización de Methontology para la creación de ontologías en Ingeniería de Software. Los niveles propuestos son principalmente 2, que a su vez se subdividen:
 - Nivel de Conocimiento: En este nivel el conocimiento se presenta de manera visible, pero no las estructuras internas en las cuales se manifiesta el contenido así mismo. Este nivel se compone de los siguientes subniveles:
 - Nivel epistemológico: Define las primitivas necesarias para construir la ontología, estas son conceptos, atributos y relaciones. Se dice que este nivel es independiente del dominio. Se describe el “qué representar”.

- Nivel conceptual: Define el vocabulario estándar. Este nivel es dependiente del dominio. La ontología se define principalmente en este nivel como especificación explícita de su conceptualización.
- Nivel lingüístico: Define las instancias concretas de las construcciones que se definen en el nivel conceptual. Es específico del dominio y del contexto.
- o Nivel simbólico: Se definen las estructuras internas en este nivel. Por tanto, este nivel es definido por la implementación elegida. Es dependiente de la implementación. Se describe el “cómo” representarlo”.

Figura 9. Pasos de Methontology para la creación de ontologías. Fuente: (Fernández et al., 1997).



- Tove [103], le da mucha importancia a la evaluación de la ontología usando como medio para esta evaluación los teoremas de integridad. Los pasos propuestos por esta metodología son principalmente los siguientes:
 - o Escenarios motivadores: Constituye la colección de problemas encontrados en la empresa.
 - o Preguntas informales de competencia: Son los requisitos de la ontología basándose en los escenarios de motivación.
 - o Especificación de la terminología: Consiste en los objetos atributos y relaciones a ser utilizados.
 - o Preguntas formales de competencia: Son los requisitos de la ontología, aunque en esta oportunidad las preguntas se harán tomando como base la ontología formalmente definida.
 - o Especificación de los axiomas: Define los axiomas que determinan las restricciones y términos que deberán ser suficientes para comprender las preguntas de competencia y sus soluciones.
 - o Teoremas de integridad: Es la creación de un escenario para la evaluación de la idoneidad de la ontología y definiendo las condiciones en las cuales la ontología es completa.
- Enterprise Model Approach [103] distingue entre las fases informales y las formales para la construcción de la ontología, y 4 pasos que se deben seguir como la identificación del propósito, identificación del alcance, formalización y evaluación

formal de la ontología. Los pasos por seguir de acuerdo a esta metodología son los siguientes:

- “Identificar el propósito” que determina el nivel en el cual la ontología será descrita.
 - “Identificar el alcance” consiste en la especificación del rango de información que la ontología caracterizará.
 - “Formalización” crea las definiciones formales y axiomas de los que hará uso la ontología.
 - “Evaluación Formal” determinará los criterios para evaluar la ontología que pueden ser generales o particulares de una ontología.
- KBSI IDEF5 [103] está diseñada para soportar la creación, modificación y mantenimiento de ontologías, basándose en el refinamiento de las salidas producidas obteniendo así, un prototipo en evolución. Propone un conjunto de directrices que son:
 - “Organización y Alcance”. Establece el motivo, punto de vista y contexto para el desarrollo de la ontología.
 - “Recolección de Datos”. Los datos más puros que serán usados para su desarrollo.
 - “Análisis De Datos”. La ontología es extraída de los resultados de la recolección de datos.
 - “Desarrollo Inicial”. Desarrollo de la ontología donde se obtiene una versión preliminar y unos conceptos aún por refinar de la ontología final.
 - “Refinamiento y Validación”. Refinar y validar la ontología donde los conceptos preliminares del paso anterior son refinados y probados de manera iterativa.

3.1.2 Blockchain

En la literatura académica se encuentran trabajos relacionados a la tecnología Blockchain que hacen uso de distintas metodologías para la elaboración de ontologías, uno de esos trabajos propone una ontología que facilitara la creación de soluciones Blockchain orientadas a la procedencia de la cadena de suministro en conjunto con el uso de tecnologías de la IoT [104], otros autores mediante una ontología presentan un estudio del estado del arte de las tecnologías, principios de identificación y clasificación de algunas de las soluciones informáticas encontradas en la actualidad en distintos contextos y soportadas principalmente en una arquitectura Blockchain [105].

De la misma manera existen ontologías que ayudan a entender un poco mejor los conceptos más utilizados dentro del mundo Blockchain, esto ocurre actualmente debido a la falta de formalización y estandarización en la terminología utilizada principalmente en los distintos escenarios en los que se puede aplicar esta innovadora tecnología, y esto ocurre principalmente porque la literatura académica se escribe predominantemente desde un punto de vista puramente técnico o desde su aplicación a la economía o al sector Fintech [106].

Las aplicaciones que se encontraron principalmente en la literatura consisten en su gran mayoría en aplicaciones del sector Fintech, seguido de aplicaciones del sector salud y todo lo relacionado con este, se encontró muy poco sobre la gestión de proyectos que utilice la tecnología Blockchain para ayudar en cualquiera de los procesos vinculados a la administración, supervisión o gerencia de proyectos.

3.1.3 Gestión de proyectos según el Project Management Institute

El PMI en la guía del PMBOK[7] propone 10 áreas de conocimiento y 5 grupos de procesos que deben ser tenidos en cuenta a la hora de poder gerenciar de la mejor manera posible un proyecto.

A continuación, se presenta una breve descripción de las áreas de conocimiento[7]:

1. **Gestión de la integración del proyecto:** “Incluye los procesos y actividades para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades de dirección del proyecto dentro de los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos.” [7]
2. **Gestión del alcance del proyecto:** “Incluye los procesos requeridos para garantizar que el proyecto incluye todo el trabajo requerido y únicamente el trabajo requerido para completarlo con éxito.” [7]
3. **Gestión del cronograma del proyecto:** “Incluye los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo.” [7]
4. **Gestión de los costos del proyecto:** “Incluye los procesos involucrados en planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado.” [7]
5. **Gestión de la calidad del proyecto:** “Incluye los procesos para incorporar la política de calidad de la organización en cuanto a la planificación, gestión y control de los requisitos de calidad del proyecto y el producto, a fin de satisfacer las expectativas de los interesados.” [7]
6. **Gestión de los recursos del proyecto:** “Incluye los procesos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión exitosa del proyecto.” [7]
7. **Gestión de las comunicaciones del proyecto:** “Incluye los procesos requeridos para garantizar que la planificación, recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, control, monitoreo y disposición final de la información del proyecto sean oportunos y adecuados.” [7]
8. **Gestión de los riesgos del proyecto:** “Incluye los procesos para llevar a cabo la **planificación** de la gestión, identificación, análisis, planificación de respuesta, implementación de respuesta y monitoreo de los riesgos de un proyecto.” [7]
9. **Gestión de las adquisiciones del proyecto:** “Incluye los procesos necesarios para la compra o adquisición de los productos, servicios o resultados requeridos por fuera del equipo del proyecto.” [7]
10. **Gestión de los interesados del proyecto:** “Incluye los procesos requeridos para identificar a las personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto, para analizar las expectativas de los interesados y su

impacto en el proyecto, y para desarrollar estrategias de gestión adecuadas a fin de lograr la participación eficaz de los interesados en las decisiones y en la ejecución del proyecto.” [7]

En seguida se presentan los grupos de procesos de gerencia de proyectos[7]:

1. **Procesos de inicio:** “Procesos realizados para definir un nuevo proyecto o nueva fase de un proyecto existente al obtener la autorización para iniciar el proyecto o fase.” [7]
2. **Procesos de planificación:** “Procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción requerido para alcanzar los objetivos propuestos del proyecto.” [7]
3. **Procesos de ejecución:** “Procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de satisfacer los requisitos del proyecto.” [7]
4. **Procesos de monitoreo y control:** “Procesos requeridos para hacer seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes.” [7]
5. **Procesos de cierre:** “Procesos llevados a cabo para completar o cerrar formalmente el proyecto, fase o contrato.” [7]

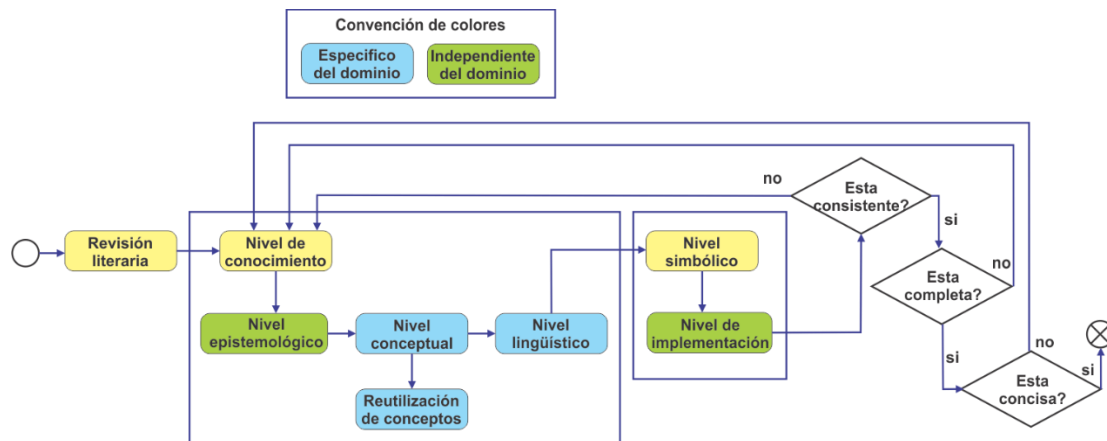
3.2 Proceso metodológico para la Construcción de la ontología OntoBLOGP

Para la construcción de la Ontología se seleccionó REFSENO [28], luego de estudiar diferentes enfoques metodológicos presentados anteriormente, dado el formalismo y especificidad que provee para la representación de ontologías en Ingeniería de Software, adicionalmente, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- REFSENO, está basado y adaptado de Methontology [102].
- REFSENO [28], se adapta muy bien para campos de tecnología y que estén relacionados con el uso de constructores que permitan describir conceptos, atributos y relaciones entre estos.
- Se consideró las opiniones y sugerencias dadas por distintos expertos participantes en el presente estudio, cada uno de ellos cuenta con varios años de experiencia en la elaboración y publicación de ontologías basadas en la metodología REFSENO [28].

La Figura 10 presenta los pasos seguidos para la construcción de la ontología propuesta en este trabajo:

Figura 10. Metodología utilizada para la elaboración de las ontologías. (Fuente: Adaptado de (Tautz & Gresse von Wangenheim, 1998)).



En Tabla 7, se presenta el proceso seguido para la construcción de la ontología.

Tabla 7. Proceso de construcción

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LA ONTOLOGÍA	
Nivel de conocimiento	Nivel epistemológico, se determinaron los conceptos más relevantes y relaciones entre estos, para esta investigación en las temáticas de gestión de proyectos de TI y Blockchain.
	Nivel conceptual, los conceptos fueron definidos a partir de la literatura existente sobre Blockchain y gestión de proyectos.
	La reutilización de conceptos publicados en ontologías sobre Blockchain y gestión de proyectos, atendiendo lo que indica Methontology [102].
	Nivel lingüístico, se definieron las instancias concretas de la ontología OntoBLOGP.
Nivel simbólico	Después se elaboraron las ontologías para cada temática, las cuales se nombraron así: para la conceptualización de gestión de proyectos de TI OntoGPI, para la de Blockchain OntoBC, y a la combinación de ambas se nombró OntoBLOGP
	Nivel de implementación
	Se crearon las entidades, las relaciones entre clases y los atributos de las entidades de la ontología OntoBLOGP en Protégé ² .
	Se usó SPARQL ³ para comprobar que la ontología responde de manera adecuada a las preguntas que se le formularon para tal fin.
	Se utilizó la herramienta web Webvowl ⁴ y el plugin de Protégé para la visualización de la ontología OntoBLOGP
La concisión, consistencia y completitud fueron verificadas a través del planteamiento de preguntas tanto a la estructura como a datos de OntoBLOGP. Para esto, se propusieron 8 preguntas de competencia, las cuales se plantearon desde SPARQL, 3 para la estructura y 5 para los datos. Sus respuestas permitieron validar que la ontología propuesta cumple con los 3 criterios mencionados.	

² “Un editor ontológico gratuito y de código abierto y un marco para la construcción de sistemas inteligentes” (Protégé, 2020)

³ “Un conjunto de especificaciones que proporciona lenguajes y protocolos para consultar y manipular el contenido de los gráficos RDF en la Web o en un almacén RDF” (SPARQL 1.1 Overview, 2020)

⁴ <http://www.visualdataweb.de/webvowl/>

El desarrollo de La ontología de este trabajo fue el resultado final de varias iteraciones y ajustes que se fueron haciendo a los diseños originales de las ontologías OntoBC y OntoGPI; de esta manera, se iba refinando y logrando un modelo cada vez más adecuado con cada nueva iteración, en pro de la representación del conocimiento que se desea estructurar, aumentando así la concisión, consistencia y completitud de la ontología OntoBLOGP, construida de la unión de las ontologías OntoBC y OntoGPI.

3.3 Desarrollo del proceso metodológico

3.3.1 Revisión Literatura

Se realizó la revisión del estado del arte definiendo las siguientes cadenas de búsqueda:

- ((Blockchain OR "Blockchain technology" OR "Block-chain") and ontology)
- (("project management" OR "project management IT") AND ontology AND pmbok)

La búsqueda se realizó en las bases de datos ACM Digital Library, IEEE Xplore, Web of Science, ScienceDirect, Scopus, Springer y publicaciones científicas que no se encontraban en las bases de datos mencionadas previamente y que fueron indexadas por Google Scholar, permitiendo así obtener los trabajos relacionados que se consideraron más relevantes para esta investigación.

1. Ontologías Blockchain

A continuación, se describen brevemente las principales ontologías especializadas en describir ecosistemas de Blockchain que se encuentran en la literatura:

- La ontología BLONDIE (BLOckchain ONtology with Dynamic Extensibility) [107] muestra la representación semántica de tres plataformas de Blockchain: Bitcoin, Ethereum e Hyperledger Fabric, está expresada en lenguaje OWL (Web Ontology Language) y para realizarla se basaron en [108] que tiene los siguientes pasos: determinar el alcance y dominio, considerar reutilizar ontologías existentes, enumerar términos importantes en la ontología, definir las clases y la jerarquía de clases, definir las propiedades de las clases, definir las facetas y por último crear instancias.
- La ontología Flex Ledger en su versión 1.0 (Sporny & Longley, 2019) es un protocolo flexible para libros de contabilidad descentralizados en la Web y tiene en su vocabulario los conceptos de bloque, Blockchain, algoritmo de consenso, libro mayor criptográfico, sistema descentralizado, libro mayor descentralizado, evento, evento génesis, agente de contabilidad, nodo de libro mayor y estado de la máquina.
- La ontología EthOn (Pfeffer et al., 2021) creada en OWL (Web Ontology Language) y modelada en el esquema W3C RDF tiene un vocabulario amplio de Ethereum y está compuesta por 46 clases y 103 propiedades.
- En [111] se plantea una ontología de Blockchain para transacciones y contratos inteligentes que se basa en tres niveles: datalogical, infological y esencial.

- En [104] se presenta otra ontología que facilita la creación de soluciones Blockchain orientadas a la procedencia de la cadena de suministro en conjunto con el uso de tecnologías de la IoT.
- Adicionalmente, cabe resaltar el estudio de [105] donde se presenta el estado del arte de las tecnologías, principios de identificación y clasificación de algunas de las soluciones informáticas encontradas en la actualidad en distintos contextos y soportadas principalmente en una arquitectura Blockchain.

Actualmente se encuentran 3 normas ISO publicadas referente a la tecnología Blockchain (ISO 22739:2020, ISO/TR 23244:2020 e ISO/TR 23455:2019) y otras 8 normas que se encuentran en desarrollo. La norma que se utiliza en el presente trabajo es la ISO 22739:2020 que define algunos conceptos clave que ayudan a comprender mejor lo que es Blockchain.

2. Ontologías de gestión de proyectos basadas en el PMI

Las ontologías han sido utilizadas en muchas áreas relacionadas con la dirección de proyectos, algunos trabajos revisados son los descritos a continuación:

- La ontología de [112] tiene 610 términos y está basada en la quinta edición del PMBOK. Además, da a conocer la evolución de las ontologías basadas en PMBOK: En [113] plantean la ontología PROMONT que pretende seguir las especificaciones del PMBOK. Así mismo, ésta también utiliza como base las ontologías 'Project Metrics Ontology' (PMO) y la 'IT-CODE Ontology'. Después [114], tomando como apoyo PROMONT para realizar la ontología denominada OnrepRUP, como se muestra en la Figura 2,
- La ontología OnrepRUP [114], define las estructuras jerárquicas del conocimiento para cubrir una gran área de la gestión de proyectos según el PMBOK, logrando de esta manera la elaboración de una ontología para la clasificación automática de material de aprendizaje vinculada al área del conocimiento en la gestión de proyectos.

3.3.2 Revisión de los conceptos existentes

Los criterios usados para la definición de los conceptos a ser utilizados en la ontología fueron los siguientes y se aplicaron en el orden que se menciona:

- 1) El primer criterio aplicado para reutilizar conceptos consistió en buscar en ontologías actualmente publicadas y disponibles para su consulta en la Internet, especialmente en la web <https://lov.linkeddata.es/dataset/lov/> y otros motores de búsqueda semántica que actualmente no se encuentran disponible. De las ontologías escogidas se consideró su conveniencia para ser reutilizada, en caso de tener el concepto disponible que se desea aprovechar en la ontología en desarrollo, se determinó si era adecuado o no para su reutilización, dado que algunos conceptos pueden en un principio ser adecuados para ser reutilizados, pero pueden no ser lo suficientemente completos en su definición o tener un significado completamente diferente del indicado dependiendo del contexto.

- 2) El segundo criterio aplicado se apoya en buscar el concepto en la norma ISO 22739:2020⁵, una norma de reciente publicación en la que se definen los principales conceptos de la tecnología Blockchain, de manera similar que, en el primer criterio, excluyéndolo en caso de ser demasiado corto o impreciso en su definición.
- 3) El tercer criterio usado se basó en realizar búsquedas en artículos científicos de los cuales se pudiera extraer la definición del concepto y así, encontrar una definición más adecuada de lo que se quiere expresar con él.

Los anteriores criterios para la definición de los conceptos se aplicaron a la ontología OntoBC. Para la ontología OntoGPI la mayoría de los conceptos fueron tomados del PMBOK, y uno solo fue tomado de [115].

3.3.3 Presentación Ontología propuesta: OntoBLOGP: Ontología para la gestión de proyectos de TI basada en Blockchain usando las recomendaciones del PMI.

La motivación que llevó al desarrollo de la ontología OntoBLOGP ha sido poder facilitar la gestión de proyectos de TI usando las recomendaciones hechas por el Project Management Institute en su guía del PMBOK (Project Management Institute, 2017) y hacer uso de Blockchain que permite garantizar aspectos como la trazabilidad de los cambios en el sistema, descentralización en el almacenamiento de los documentos e integridad de los mismos a través de los diferentes nodos que conforman la red Blockchain. Se ha diseñado la ontología OntoBC para la tecnología Blockchain y la ontología OntoGPI, para la gestión de proyectos de TI siguiendo las recomendaciones de la sexta edición del PMBOK.

OntoBC: Ontología para Blockchain

En la Figura 11 se presenta la ontología propuesta OntoBC, ahí se detallan los principales conceptos y relaciones entre estos que permitirán al lector tener una idea general sobre el vocabulario más usado en esta tecnología, además facilita la comprensión de esta área del conocimiento para la posible aplicación en diferentes soluciones informáticas que se encuentren en desarrollo y que carecen de características importantes como privacidad, robustez y trazabilidad de la información.

OntoGPI: Ontología para Gestión de Proyectos de Tecnologías de la Información Basada en el PMBOK

En la Figura 12 se presenta la ontología propuesta OntoGPI, que contiene los conceptos y relaciones que permitirán tener una comprensión muy general de la gestión de proyectos basada en el PMI, principales actividades y aspectos que se deben considerar para mejorar la dirección de un proyecto, como la reducción de la incertidumbre, y de esta manera aumentar las probabilidades de culminar con éxito.

⁵ <https://bit.ly/3nANA1N>

Figura 11. Ontología para Blockchain (OntoBC). Fuente: Propia

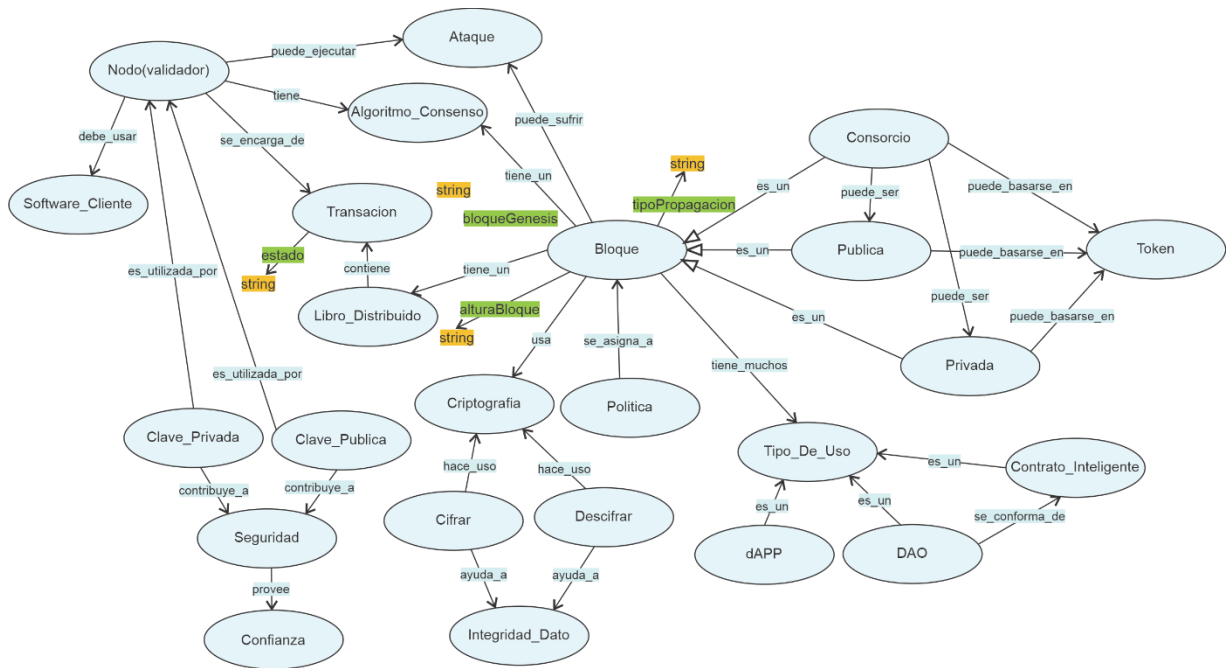
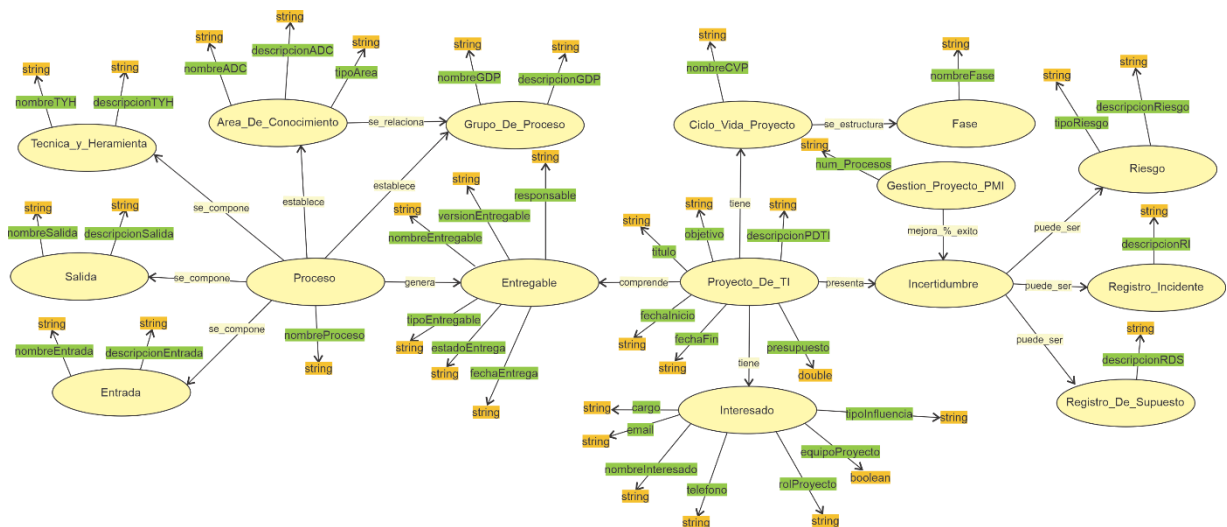


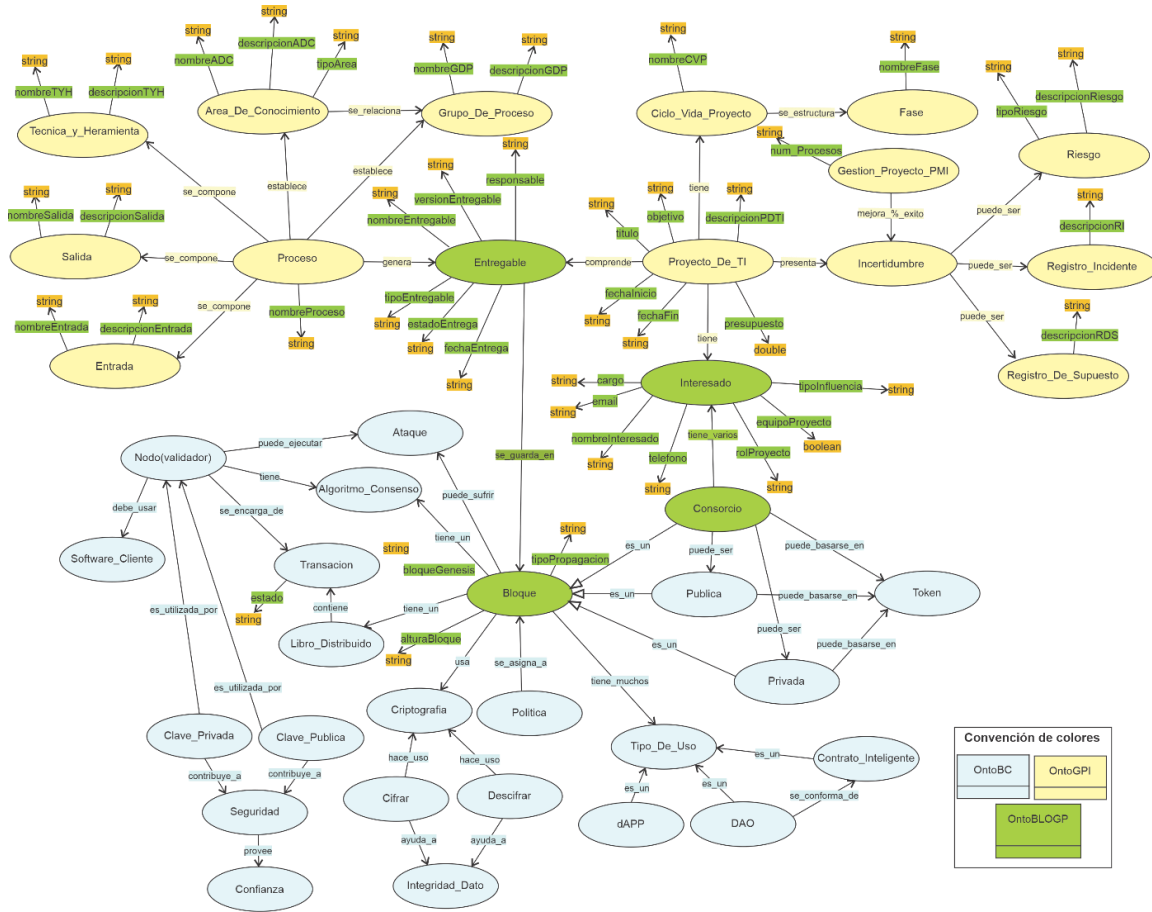
Figura 12. Ontología para Gestión de Proyectos TI (OntoGPI). Fuente: Propia



En la

Figura 13 se presenta el modelo ontológico propuesto OntoBLOGP, el cual se compone de las dos ontologías descritas anteriormente.

Figura 13. Ontología combinada entre Gestión de Proyectos y Blockchain (OntoBLOGP).
Fuente: Propia



3.3.4 Definición de conceptos de la ontología creada

Las definiciones precisas de los conceptos incluidos en la ontología se presentan ordenados alfabéticamente y se organizan de la siguiente manera: la primera columna muestra el concepto que se describe, la segunda columna muestra el súper concepto, luego la tercera columna muestra la definición del concepto, la cuarta columna muestra la fuente de donde el término ha sido tomado o adaptado. A continuación, en la

Las descripciones presentadas en la Tabla 8 pueden ser de los siguientes tipos:

- Tomado de [referencia], si el concepto (término) ha sido definido en otro trabajo y es clave para la definición de la ontología en cuestión. Además, el concepto no ha sido cambiado o adaptado.
- Definido en [referencia], si el término ha sido definido a partir de un trabajo que no provee una definición particular, es decir, el concepto ha sido definido sin resaltar, cambiar o complementar un término existente, pero el trabajo presentado en él ha sido clave para establecer una definición.

- Fuente propia, si el término ha sido definido por los autores con sus propias palabras y es clave para ayudar a comprender el concepto presentado en la ontología.

Tabla 8 se presentan los conceptos que conectan la ontología OntoBC con la ontología OntoGPI, dando lugar a la ontología OntoBLOGP.

Las descripciones presentadas en la Tabla 8 pueden ser de los siguientes tipos:

- Tomado de [referencia], si el concepto (término) ha sido definido en otro trabajo y es clave para la definición de la ontología en cuestión. Además, el concepto no ha sido cambiado o adaptado.
- Definido en [referencia], si el término ha sido definido a partir de un trabajo que no provee una definición particular, es decir, el concepto ha sido definido sin resaltar, cambiar o complementar un término existente, pero el trabajo presentado en él ha sido clave para establecer una definición.
- Fuente propia, si el término ha sido definido por los autores con sus propias palabras y es clave para ayudar a comprender el concepto presentado en la ontología.

Tabla 8. Conceptos y definiciones de OntoBLOGP.

OntoBLOGP			
Concepto	Super Concepto	Definición	Referencia
<i>Bloque</i>	Concepto	Los bloques conforman un tipo de libro mayor distribuido, compuesto de datos inalterables y registrados digitalmente en lotes de información. Cada bloque es entonces 'encadenado' al siguiente bloque, usando una firma criptográfica. Esto permite que las cadenas de bloques se usen como un libro mayor, que puede ser compartido y accedido por cualquier persona con los permisos apropiados.	Definido en [17].
<i>Consortio</i>	Bloque	En una Blockchain por consorcio el proceso de consenso es determinado por un grupo de nodos previamente seleccionados, el derecho que tendrían tales nodos sobre la Blockchain puede ser público o restringido a los participantes.	Definido en [117].
<i>Entregable</i>	Proceso	"Cualquier producto, resultado o capacidad único y verificable para ejecutar un servicio que se debe producir para completar un proceso, una fase o un proyecto."	Tomado de (Project Management Institute, 2017).
<i>Interesado</i>	<i>Proyecto_De_TI</i>	"Individuo, grupo u organización que puede afectar, verse afectado o percibirse a sí mismo como afectado por una decisión, actividad o resultado de un proyecto, programa o portafolio."	Tomado de (Project Management Institute, 2017).

En la Tabla 9 se presentan los conceptos y definiciones de la ontología OntoBC.

Tabla 9. Conceptos y definiciones de OntoBC.

OntoBC			
Concepto	Super Concepto	Definición	Referencia
<i>Algoritmo_Consenso</i>	Bloque	“Un algoritmo que permite que varios nodos de una red tomen una decisión de forma determinista.”	Tomado de (Sporny & Longley, 2021).
<i>Ataque</i>	Concepto	“Acción o interacción maliciosa con el sistema o su entorno que pueda dar lugar a un fallo o un error (y, por tanto, posiblemente, a un fallo) o a una consecuencia adversa.”	Tomado de [115].
<i>Cifrar</i>	Concepto	Es la acción de convertir un texto plano en un texto cifrado que parece una cadena de caracteres aleatoria y sin sentido	Definido en [118].
<i>Clave_Privada</i>	Concepto	“Claves asimétricas de una entidad que se mantiene en secreto y que solo debe ser utilizada por esa entidad.”	Tomado de (ISO 22739:2020)
<i>Clave_Publica</i>	Concepto	“Claves asimétricas de una entidad que puede hacerse pública.”	Tomado de (ISO 22739:2020)
<i>Confianza</i>	Concepto	“El grado en que un usuario u otra parte interesada confía en que un producto o sistema se comportará de la forma prevista.”	Tomado de [115].
<i>Contrato_Inteligente</i>	Concepto	“Programa informático almacenado en un sistema DLT en el que el resultado de cualquier ejecución del programa se registra en el libro mayor distribuido”	Tomado de (ISO 22739:2020)
<i>Criptografía</i>	Concepto	“Disciplina que encarna los principios, medios y métodos para la transformación de datos con el fin de ocultar su contenido semántico, prevenir su uso no autorizado o evitar su modificación no detectada”	Tomado de (ISO 22739:2020)

OntoBC			
Concepto	Super Concepto	Definición	Referencia
DAO	Contrato_Inteligente	“Una Organización Autónoma Descentralizada (DAO) es una organización que se administra de manera autónoma a través de un conjunto de contratos inteligentes. Una DAO se define por un conjunto de reglas codificadas en contratos inteligentes que definen cómo se comporta la DAO y cómo evoluciona.”	Tomado de [119].
dAPP	Concepto	“Una dApp (decentralized application) es “una aplicación que se ejecuta en un sistema descentralizado”.”	Tomado de (ISO 22739:2020)
Descifrar	Concepto	Es la acción de convertir el texto cifrado en texto plano	Definido en [118].
Integridad_Dato	Concepto	Es la encargada de mantener y garantizar que los datos no han sido alterados por agentes externos, protegerlos frente a corrupciones derivadas del envío a través de la red o errores en los programas informáticos que hacen uso de estos.	Definido en [120].
Libro_Distribuido	Bloque	Un libro mayor distribuido que utiliza un algoritmo de consenso que permite que una red de nodos del libro mayor llegue a un consenso de manera descentralizada.	Definido en (Sporny & Longley, 2021).
Nodo (Validador)	Concepto	“Un nodo es una entidad en la red Blockchain que prueba (transacciones públicas) o valida (transacciones híbridas o privadas) y luego lo agrega a un bloque con un hash único.”	Tomado de [111].
Política	Concepto	“Conjunto de reglas relacionadas con un propósito particular.”	Tomado de [115].
Privada	Bloque	“Sistema DLT que es accesible para su uso solo por un grupo limitado de usuarios de la DLT.”	Tomado de (ISO 22739:2020)
Publica	Bloque	“Sistema DLT que es accesible al público para su uso.”	Tomado de (ISO 22739:2020)
Seguridad	Concepto	“Definir, lograr y mantener la confidencialidad, integridad, disponibilidad, no repudio,	Tomado de [115].

OntoBC			
Concepto	Super Concepto	Definición	Referencia
		responsabilidad, autenticidad y fiabilidad de un sistema.”	
<i>Software_Cliente</i>	Concepto	Software que se usa para acceder a la cadena de bloques a través de un dispositivo con capacidades de cómputo y ayuda al procesamiento de las transacciones de información.	Definido en [121].
<i>Tipo_De_Uso</i>	Concepto	Concepto auxiliar que sirve para agrupar los tipos de uso que actualmente se puede hacer de una Blockchain.	Fuente propia
<i>Token</i>	Concepto	Es una identidad digital para algo que se puede poseer, es sinónimo de activos posibles en la red Blockchain.	Definido en [122].
<i>Transacción</i>	<i>Libro_Distribuido</i>	“La unidad más pequeña de un proceso de trabajo, que es una o más secuencias de acciones necesarias para producir un resultado que cumpla con las reglas vigentes.”	Tomado de (ISO 22739:2020)

En la Tabla 10 se presentan los conceptos y definiciones de la ontología OntoGPI.

Tabla 10. Conceptos y definiciones de OntoGPI.

OntoGPI			
Concepto	Super Concepto	Definición	Referencia
<i>Area_De_Conocimiento</i>	Proceso	“Agrupa procesos de un área identificada de la dirección de proyectos definida por sus requisitos de conocimientos y que se describe en términos de sus procesos, prácticas, datos iniciales, resultados, herramientas y técnicas que los componen.”	Tomado de (Project Management Institute, 2017).
<i>Ciclo_Vida_Proyecto</i>	Proyecto_De_TI	“Serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión.”	Tomado de (Project Management Institute, 2017).

OntoGPI			
Concepto	Super Concepto	Definición	Referencia
Gestión_Proyecto_PMI	Proyecto_De_TI	“La aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del proyecto.”	Tomado de (Project Management Institute, 2017).
<i>Grupo_De_Proceso</i>	Proceso	“Agrupamiento lógico de las entradas, herramientas, técnicas y salidas relacionadas con la dirección de proyectos. Los grupos de procesos de la dirección de proyectos incluyen procesos de inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre. Los grupos de procesos de la dirección de proyectos no son fases del proyecto.”	Tomado de (Project Management Institute, 2017).
<i>Incertidumbre</i>	Concepto	“Resultado de no tener un conocimiento preciso o suficiente de una situación. Estado, incluso parcial, de deficiencia de información relacionada con la comprensión o conocimiento de un evento, su consecuencia o probabilidad.”	Tomado de [115].
<i>Proyecto_De_TI</i>	Concepto	“Es un esfuerzo temporal emprendido para crear un producto, servicio o resultado único. Un proyecto es temporal en el sentido de que tiene un comienzo y un final definido en el tiempo y, por lo tanto, un alcance y unos recursos definidos para la obtención de las metas propuestas vinculadas a mejorar la productividad y la operación de una empresa mediante el uso de la tecnología.”	Tomado de (Project Management Institute, 2017).
<i>Técnica_Y_Herramienta</i>	Proceso	“Procedimiento sistemático definido y utilizado por una o más personas para desarrollar una o más actividades, a fin de generar un producto o un resultado o prestar un servicio y que puede emplear una o más herramientas.” “Algo tangible, como una plantilla o un programa de software,	Tomado de (Project Management Institute, 2017).

OntoGPI			
Concepto	Super Concepto	Definición	Referencia
		utilizado al realizar una actividad para producir un producto o resultado.”	
<i>Entrada</i>	Proceso	“Elemento, interno o externo del proyecto requerido por un proceso antes de que dicho proceso continúe. Puede ser un resultado de un proceso predecesor.”	Tomado de (Project Management Institute, 2017).
<i>Salida</i>	Proceso	“Producto, resultado o servicio generado por un proceso. Puede ser un dato inicial para un proceso sucesor.”	Tomado de (Project Management Institute, 2017).
<i>Fase</i>	<i>Ciclo_Vida_Proyecto</i>	“Conjunto de actividades del proyecto relacionadas lógicamente que culmina con la finalización de uno o más entregables.”	Tomado de (Project Management Institute, 2017).
<i>Proceso</i>	Concepto	“Serie sistemática de actividades dirigidas a producir un resultado final de forma tal que se actuará sobre una o más entradas para crear una o más salidas.”	Tomado de (Project Management Institute, 2017).
<i>Registro_De_Supuesto</i>	Incertidumbre	“Documento del proyecto utilizado para registrar todos los supuestos y restricciones a lo largo del ciclo de vida del proyecto.”	Tomado de (Project Management Institute, 2017).
<i>Riesgo</i>	Incertidumbre	“Evento o condición incierta que, si se produce, tiene un efecto positivo o negativo en uno o más de los objetivos de un proyecto.”	Tomado de (Project Management Institute, 2017).
<i>Registro_Incidente</i>	Incertidumbre	“Documento del proyecto donde se registra y monitorea información sobre los incidentes.”	Tomado de (Project Management Institute, 2017).

3.3.5 Relación entre conceptos

La Tabla 11 contiene las relaciones entre conceptos de la ontología final OntoBLOGP presentada en

Figura 13.

Tabla 11. Relaciones entre conceptos y sus descripciones para OntoBLOGP.

OntoBLOGP		
Relación	Concepto	Descripción
se_guardan_en	<i>Bloque - Entregable</i>	Los entregables se guardan en un bloque. En el bloque son guardados los entregables.
tiene_varios	<i>Interesado - Consorcio</i>	Un consorcio tiene varios interesados. Los interesados pueden o deben formar parte del consorcio.

La Tabla 12 contiene las relaciones entre conceptos de la ontología presentada en la Figura 11 y Tabla 9 (OntoBC).

Tabla 12. Relaciones entre conceptos y sus descripciones para OntoBC.

OntoBC		
Relación	Concepto	Descripción
tiene_un	<i>Algoritmo_Consenso – Bloque</i>	Todo bloque se construye mediante un algoritmo de consenso. Un algoritmo de consenso se utiliza para construir un bloque.
tiene	<i>Algoritmo_Consenso - Nodo(Validador)</i>	Un nodo tiene y ejecuta un algoritmo de consenso. El algoritmo de consenso es ejecutado por el nodo.
puede_sufrir	<i>Ataque – Bloque</i>	Un bloque puede sufrir un ataque. Un ataque puede ser sufrido por uno o muchos bloques.
puede_ejecutar	<i>Ataque - Nodo(Validador)</i>	El nodo puede ejecutar uno o varios ataques. Un ataque es ejecutado por uno o varios nodos.
puede_ser	<i>Bloque – Consorcio</i>	Los bloques pueden ser por consorcio. Un consorcio gestiona los bloques.

OntoBC		
Relación	Concepto	Descripción
usa	<i>Bloque – Criptografía</i>	Un bloque usa criptografía. La criptografía es usada por los bloques.
tiene_un	<i>Bloque – Libro_Distribuido</i>	Un libro distribuido tiene uno o varios bloques. Uno o varios bloques conforman un libro distribuido.
mantiene	<i>Bloque - Nodo(Validador)</i>	El nodo mantiene los bloques. Los bloques son mantenidos por los nodos.
se_asignan_a	<i>Bloque – Política</i>	Las políticas se asignan a la gestión de nuevos bloques. Todo bloque tiene unas políticas de gestión asignadas.
puede_ser	<i>Bloque – Privada</i>	Los bloques pueden ser privados. Una red privada gestiona los bloques.
puede_ser	<i>Bloque – Publica</i>	Los bloques pueden ser públicos. Una red pública gestiona los bloques.
hace_uso	<i>Cifrar – Criptografía</i>	Para cifrar se hace uso de la criptografía. La criptografía se utiliza para cifrar.
ayuda_a	<i>Cifrar – Integridad_Dato</i>	El cifrar ayuda a mantener la integridad de los datos. La integridad de los datos se mantiene gracias al cifrado.
es_utilizada_por	<i>Clave_Privada - Nodo(Validador)</i>	La clave privada es utilizada por el Nodo. El nodo utiliza la clave privada.
contribuye_a	<i>Clave_Privada - Seguridad</i>	La clave privada contribuye a la seguridad. Se contribuye a la seguridad usando claves privadas.
es_utilizada_por	<i>Clave_Publica - Nodo(Validador)</i>	La clave publica es utilizada por el Nodo. El nodo utiliza la clave pública.
contribuye_a	<i>Clave_Publica – Seguridad</i>	La clave publica contribuye a la seguridad. Se contribuye a la seguridad usando claves públicas.
provee	<i>Confianza – Integridad_Dato</i>	La integridad de datos provee confianza. La confianza es provista por la integridad en los datos.
provee	<i>Confianza - Seguridad</i>	La seguridad provee confianza. La confianza es provista por la seguridad.
puede_ser	<i>Consortio – Privada</i>	Un consorcio puede ser privado. Una red privada puede ser por consorcio.

OntoBC		
Relación	Concepto	Descripción
puede_ser	<i>Consortio – Publica</i>	Un consorcio puede ser público. Una red pública puede ser por consorcio.
puede_basarse_en	<i>Consortio – Token</i>	Un consorcio puede basarse en Token. Los Token pueden formar parte de un consorcio.
se_conforman_de	<i>Contrato_Inteligente – DAO</i>	Más de un contrato inteligente puede formar una DAO. Una DAO está formada por varios contratos inteligentes.
es_un	<i>Contrato_Inteligente-Tipo_De_Uso</i>	Un contrato inteligente es un tipo de uso. Un tipo de uso es un contrato inteligente.
hace_uso	<i>Criptografía – Descifrar</i>	Para descifrar se hace uso de la criptografía. La criptografía se utiliza para descifrar.
es_un	<i>DAO – Tipo_De_Uso</i>	Una DAO es un tipo de uso. Un tipo de uso es una DAO.
es_un	<i>dAPP – Tipo_De_Uso</i>	Una dAPP es un tipo de uso. Un tipo de uso es una dAPP.
ayuda_a	<i>Descifrar – Integridad_Dato</i>	El descifrar ayuda a verificar la integridad de los datos. La Integridad de los Datos se verifica gracias al descifrado.
depende	<i>Integridad_Dato – Seguridad</i>	La Seguridad depende de la Integridad de los datos. La Integridad de los datos depende de la Seguridad.
contiene	<i>Libro_Distribuido – Transacción</i>	Un Libro Distribuido contiene Transacciones. Las Transacciones están contenidas en un Libro Distribuido.
debe_usar	<i>Nodo(Validador) – Software_Cliente</i>	Un Nodo debe usar un Software Cliente. Un Software Cliente es usado por uno o muchos Nodos.
se_encarga_de	<i>Nodo(Validador) - Transacción</i>	El Nodo se encarga de efectuar las Transacciones. Las Transacciones son efectuadas por uno o más Nodos.
puede_basarse_en	<i>Privada – Token</i>	Una red Privada puede basarse en Token. Los Token pueden hacer parte de una red Privada.

OntoBC		
Relación	Concepto	Descripción
puede_basarse_en	<i>Publica – Token</i>	Una red Pública puede basarse en Token. Los Token pueden hacer parte de una red Pública.
tiene_muchos	<i>Bloque – Tipos_De_Uso</i>	Un Bloque tiene muchos tipos de uso. Para cada tipo de uso se tienen varios tipos de Bloques.

La Tabla 13 contiene las relaciones entre conceptos de la ontología presentada en la Figura 12 y Tabla 10 (OntoGPI).

Tabla 13. Relaciones entre conceptos y sus descripciones para OntoGPI.

OntoGPI		
Relación	Concepto	Descripción
se_relaciona	<i>Area_De_Conocimiento Grupo_De_Proceso</i>	– Las Áreas de Conocimientos dependen de los Grupos de Procesos. Los Grupos de Procesos dependen de las Áreas de Conocimientos.
tiene	<i>Ciclo_Vida_Proyecto Proyecto_De_TI</i>	– El Proyecto de TI tiene un Ciclo de Vida del Proyecto. Un Ciclo de Vida del Proyecto se tiene en un Proyecto de TI.
mejora_%_éxito	<i>Gestión_Proyecto_PMI Incertidumbre</i>	- La Gestión de Proyectos PMI mejora el porcentaje de éxito teniendo bajo control la Incertidumbre. Reducir incertidumbre mejora el porcentaje de éxito en la Gestión de Proyectos PMI.
presenta	<i>Incertidumbre – Proyecto_De_TI</i>	Todo Proyecto de TI presenta incertidumbre. La Incertidumbre está en los Proyectos de TI.
tiene	<i>Interesado – Proyecto_De_TI</i>	Un Proyecto de TI tiene unos Interesados. Los Interesados son tenidos en cuenta en el Proyecto TI.
se_estructura	<i>Ciclo_Vida_Proyecto – Fase</i>	Un ciclo de vida del proyecto se estructura de fases. Una fase es parte de la estructura del ciclo de vida del proyecto.
puede_ser	<i>Incertidumbre Registro_Incidente</i>	– La incertidumbre puede ser sobre el registro de incidentes. El registro de incidentes es parte de la incertidumbre de todo proyecto.

OntoGPI		
Relación	Concepto	Descripción
puede_ser	<i>Incertidumbre – Riesgo Potencial</i>	La incertidumbre puede ser sobre riesgos potenciales. El riesgo potencial es parte de la incertidumbre de todo proyecto.
puede_ser	<i>Incertidumbre – Supuesto</i>	La incertidumbre puede ser sobre los supuestos. Un supuesto es parte de la incertidumbre de todo proyecto.
comprende	<i>Proyecto_De_TI – Entregable</i>	En un Proyecto de TI se generan entregables. Un entregable es parte de un Proyecto de TI.
tiene	<i>Proyecto_De_TI – Gestión_Proyecto_PMI</i>	Un proyecto de TI tiene una gestión siguiendo las recomendaciones del PMI. La Gestión de Proyecto es parte del Proyecto de TI.
establece	<i>Proceso – Area_De_Conocimiento</i>	Los Procesos establecen Áreas de Conocimiento. Un Área de Conocimiento es parte de un Proceso
establece	<i>Proceso – Grupo_De_Proceso</i>	Los Procesos establecen Grupos de Proceso. Un Grupo de Proceso es parte de un Proceso.
genera	<i>Proceso – Entregable</i>	Un Proceso genera Entregable. Un Entregable es generado por un Proceso.
se compone	<i>Proceso – Entrada</i>	Un Proceso tiene Entradas. Las Entradas son parte del Proceso.
se compone	<i>Proceso – Herramienta</i>	Un Proceso tiene Herramientas. Las Herramientas son parte del Proceso.
se compone	<i>Proceso – Salida</i>	Un Proceso tiene Salidas. Las Salidas son parte del Proceso.
se compone	<i>Proceso – Técnica</i>	Un Proceso tiene Técnicas. Las Técnicas son parte del Proceso.

3.3.6 Implementación de la Ontología

En esta sección se explica cómo fue la implementación de la ontología usando el software Protégé y se explicara paso por paso como se fue construyendo en dicha herramienta informática.

Se procedió a descargar la herramienta desde la página oficial del proyecto e implementar la ontología haciendo uso del tutorial oficial y de algunos videotutoriales encontrados en la web. En la Figura 14 se muestra una captura de pantalla de todos los conceptos utilizados en la elaboración de las ontologías y que fueron mapeados en

Protégé. En la Figura 15 se muestra una captura de pantalla de todas las relaciones entre conceptos y que se consideraron de utilidad para demostrar la concisión, completitud y consistencia de la ontología propuesta para la gestión de proyectos de TI usando la tecnología Blockchain. En la Figura 16 se muestran igualmente los atributos usados en algunos de los conceptos de la ontología y que permiten comprender mejor ciertos aspectos de alta relevancia para la gestión de proyectos TI.

Figura 14. Entidades de ONTOBLOGP en Protégé.

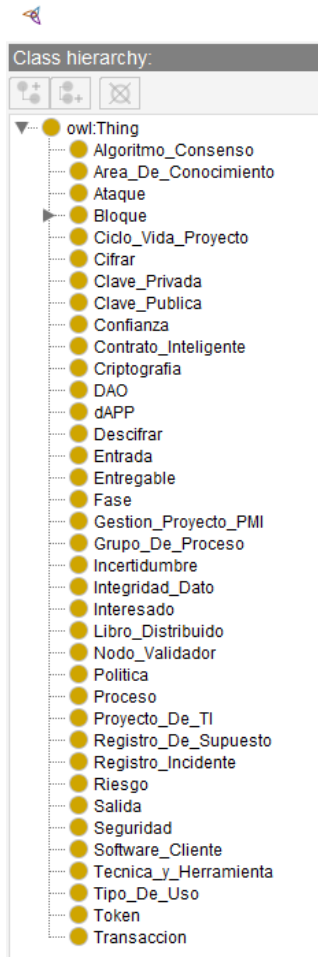


Figura 15. Relaciones entre entidades de ONTOBLOGP en Protégé.

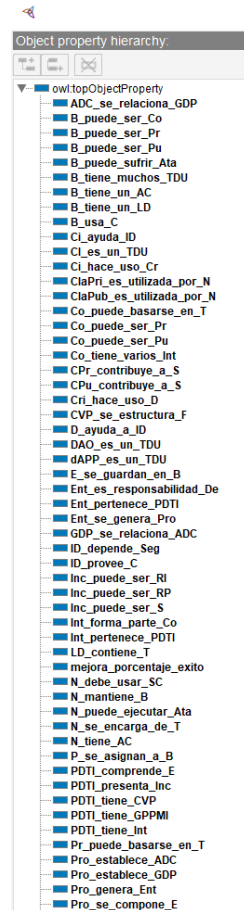


Figura 16. Atributos de las entidades de ONTOBLOGP en Protégé.



3.3.7 Caso de prueba

Como caso de estudio se crearon dos individuos de tipo proyecto con nombre Prototipo software para la identificación de partes del discurso (Part-Of-Speech Tagging) utilizando un enfoque metaheurístico y Proyecto De Entrega De Videojuegos, así mismo a cada proyecto se le crearon los interesados, entregables, procesos, ciclo de vida y fases.

Las preguntas desde la 1 hasta la 3 se realizaron desde la perspectiva de la estructura y las preguntas desde la 4 hasta la 8 para los individuos. La Tabla 14 presenta las preguntas realizadas.

Tabla 14. Preguntas para la evaluación de OntoBLOGP.

Tipo	No	Pregunta
Estructura	1	¿Cuál es la relación entre un Bloque y un Proyecto De TI?
	2	¿Qué elemento se ve involucrado para generar confianza y aportar seguridad en el momento de guardar los entregables obtenidos durante la gestión de un proyecto TI?
	3	¿Qué elementos importantes son considerados en una Blockchain por consorcio en un proyecto TI?
Individuos	4	¿Cuáles son los entregables de los siguientes proyectos de TI?
	5	¿Qué procesos se utilizan en un proyecto de TI?
	6	¿Quiénes son los interesados de un proyecto de ti?
	7	¿Cuáles son las fases de un proyecto de ti?
	8	¿Cuál es el tipo de red al que pertenece un proyecto de TI?

De la Tabla 15 a la Tabla 22, se presenta el detalle de las respuestas obtenidas para cada una de las preguntas.

Tabla 15. Pregunta 1 en SPARQL.

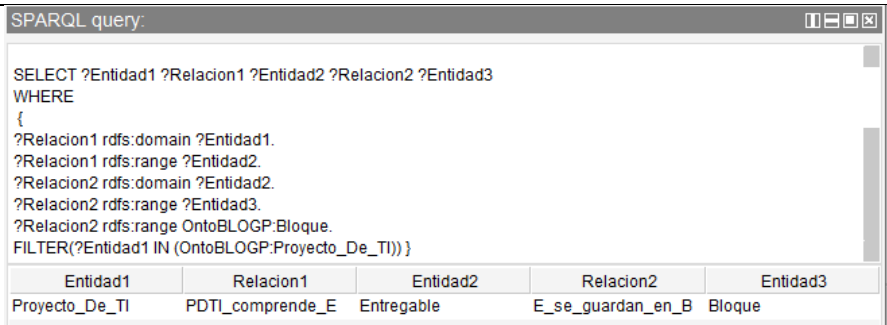
Pregunta 1	¿Cuál es la relación entre un Bloque y un Proyecto De TI?										
Respuesta esperada	Proyecto comprende Entregable. Entregable se guarda en Bloque										
Consulta en SPARQL y Respuesta obtenida	 <pre> SPARQL query: SELECT ?Entidad1 ?Relacion1 ?Entidad2 ?Relacion2 ?Entidad3 WHERE { ?Relacion1 rdfs:domain ?Entidad1. ?Relacion1 rdfs:range ?Entidad2. ?Relacion2 rdfs:domain ?Entidad2. ?Relacion2 rdfs:range ?Entidad3. ?Relacion2 rdfs:range OntoBLOGP:Bloque. FILTER(?Entidad1 IN (OntoBLOGP:Proyecto_De_TI)) } </pre> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Entidad1</th> <th>Relacion1</th> <th>Entidad2</th> <th>Relacion2</th> <th>Entidad3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Proyecto_De_TI</td> <td>PDTI_comprende_E</td> <td>Entregable</td> <td>E_se_guardan_en_B</td> <td>Bloque</td> </tr> </tbody> </table>	Entidad1	Relacion1	Entidad2	Relacion2	Entidad3	Proyecto_De_TI	PDTI_comprende_E	Entregable	E_se_guardan_en_B	Bloque
Entidad1	Relacion1	Entidad2	Relacion2	Entidad3							
Proyecto_De_TI	PDTI_comprende_E	Entregable	E_se_guardan_en_B	Bloque							

Tabla 16. Pregunta 2 en SPARQL.

Pregunta 2	¿Qué elemento se ve involucrado para generar confianza y aportar seguridad en el momento de guardar los entregables obtenidos durante la gestión de un proyecto TI?
Respuesta esperada	Bloque
Respuesta obtenida	Durante la gestión de un proyecto de TI se generan entregables que se guardan en un Bloque. Por otro lado, un Bloque involucra varios elementos que aportan a su

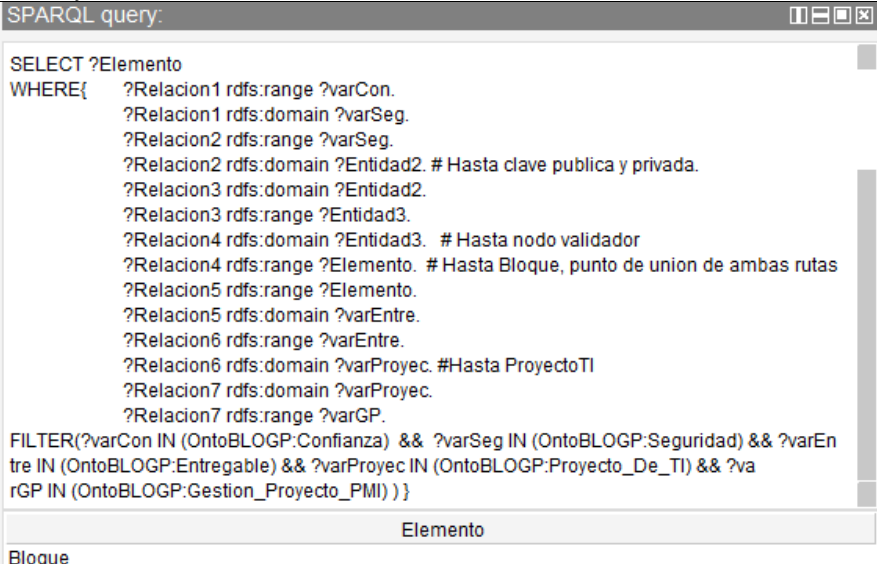
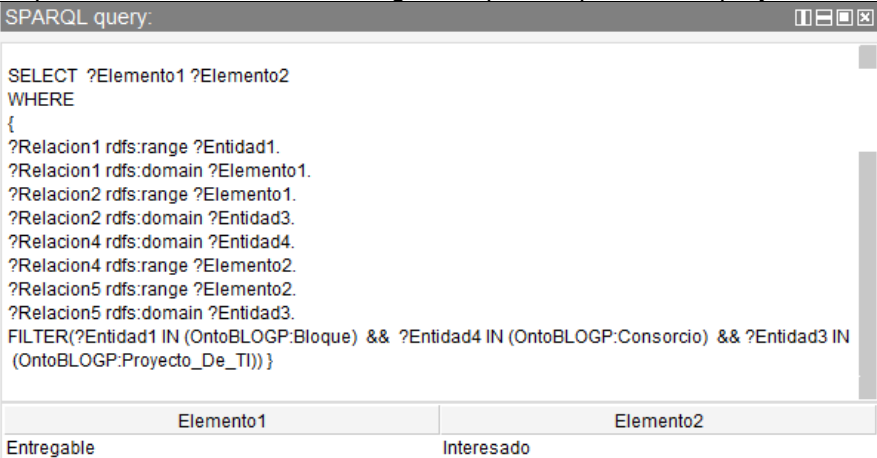
Pregunta 2	¿Qué elemento se ve involucrado para generar confianza y aportar seguridad en el momento de guardar los entregables obtenidos durante la gestión de un proyecto TI?		
y Consulta en SPARQL	<p>seguridad, entre estos tenemos las claves públicas y privadas que generan seguridad y confianza.</p>  <pre> SPARQL query: SELECT ?Elemento WHERE{ ?Relacion1 rdfs:range ?varCon. ?Relacion1 rdfs:domain ?varSeg. ?Relacion2 rdfs:range ?varSeg. ?Relacion2 rdfs:domain ?Entidad2. # Hasta clave publica y privada. ?Relacion3 rdfs:domain ?Entidad2. ?Relacion3 rdfs:range ?Entidad3. ?Relacion4 rdfs:domain ?Entidad3. # Hasta nodo validador ?Relacion4 rdfs:range ?Elemento. # Hasta Bloque, punto de union de ambas rutas ?Relacion5 rdfs:range ?Elemento. ?Relacion5 rdfs:domain ?varEntre. ?Relacion6 rdfs:range ?varEntre. ?Relacion6 rdfs:domain ?varProyec. #Hasta ProyectoTI ?Relacion7 rdfs:domain ?varProyec. ?Relacion7 rdfs:range ?varGP. FILTER(?varCon IN (OntoBLOGP:Confianza) && ?varSeg IN (OntoBLOGP:Seguridad) && ?varEntre IN (OntoBLOGP:Entregable) && ?varProyec IN (OntoBLOGP:Proyecto_De_TI) && ?varGP IN (OntoBLOGP:Gestion_Proyecto_PMI))} </pre> <table border="1" data-bbox="493 890 1365 940"> <thead> <tr> <th>Elemento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bloque</td> </tr> </tbody> </table>	Elemento	Bloque
Elemento			
Bloque			

Tabla 17. Pregunta 3 en SPARQL.

Pregunta 3	¿Qué elementos importantes son considerados en una Blockchain por consorcio en un proyecto TI?				
Respuesta esperada	Interesado y entregable				
Respuesta obtenida y Consulta en SPARQL	<p>Un consorcio se forma por varios interesados, que a su vez son parte de un Proyecto de TI, que tendrán acceso a los entregables que comprende ese proyecto.</p>  <pre> SPARQL query: SELECT ?Elemento1 ?Elemento2 WHERE { ?Relacion1 rdfs:range ?Entidad1. ?Relacion1 rdfs:domain ?Elemento1. ?Relacion2 rdfs:range ?Elemento1. ?Relacion2 rdfs:domain ?Entidad3. ?Relacion4 rdfs:domain ?Entidad4. ?Relacion4 rdfs:range ?Elemento2. ?Relacion5 rdfs:range ?Elemento2. ?Relacion5 rdfs:domain ?Entidad3. FILTER(?Entidad1 IN (OntoBLOGP:Entregable) && ?Entidad4 IN (OntoBLOGP:Consortio) && ?Entidad3 IN (OntoBLOGP:Proyecto_De_TI)) } </pre> <table border="1" data-bbox="493 1665 1365 1717"> <thead> <tr> <th>Elemento1</th> <th>Elemento2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Entregable</td> <td>Interesado</td> </tr> </tbody> </table>	Elemento1	Elemento2	Entregable	Interesado
Elemento1	Elemento2				
Entregable	Interesado				

Para dar respuesta a las preguntas 4, 5, 6, 7 y 8 se crearon los individuos que se muestran en la Figura 17.

Figura 17. Individuos de OntoBLOGP en Protégé.



Tabla 18. Pregunta 4 en SPARQL.

Pregunta 4	¿Cuáles son los entregables de un proyecto de TI determinado?						
Respuesta obtenida y Consulta en SPARQL	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>SPARQL query:</p> <pre> SELECT ?entrega ?proyecto WHERE { # Busca todos los valores de ?entrega de todos los entregables ?Entregable OntoBLOGP:nombreEntregable ?entrega. # Busca todos los valores de ?entrega del Proy001 ?Entregable OntoBLOGP:Ent_pertenece_PDTI OntoBLOGP:Proy001. } </pre> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">entrega</th> <th style="width: 50%;">proyecto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"Documento de los interesados"</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Acta de constitución del proyecto"</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </div>	entrega	proyecto	"Documento de los interesados"		"Acta de constitución del proyecto"	
entrega	proyecto						
"Documento de los interesados"							
"Acta de constitución del proyecto"							

Tabla 19. Pregunta 5 en SPARQL.

Pregunta 5	¿Qué procesos se utilizan en un proyecto de TI?									
Respuesta obtenida y Consulta en SPARQL	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>SPARQL query:</p> <pre> SELECT ?Proyecto ?Nombre_Entrega ?Nombre_Proceso WHERE { # Busca todos los títulos de los proyectos OntoBLOGP:Proy001 OntoBLOGP:título ?Proyecto. # Busca el nombre del entregable ?Entregable OntoBLOGP:nombreEntregable ?Nombre_Entrega. # Busca los entregables de los proyectos ?Entregable OntoBLOGP:Ent_pertenece_PDTI OntoBLOGP:Proy001. # Busca el nombre de los procesos ?Proceso OntoBLOGP:nombreProceso ?Nombre_Proceso. # Busca los entregables de los procesos ?Entregable OntoBLOGP:Ent_se_genera_Pro ?Proceso. } </pre> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Proyecto</th> <th style="width: 33%;">Nombre_Entrega</th> <th style="width: 33%;">Nombre_Proceso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"Prototipo software para la"</td> <td>"Documento de los interesados"</td> <td>"Identificar a los interesados"</td> </tr> <tr> <td>"Prototipo software para la"</td> <td>"Acta de constitución del proyecto"</td> <td>"Desarrollar el acta de constitucion del proyecto"</td> </tr> </tbody> </table> </div>	Proyecto	Nombre_Entrega	Nombre_Proceso	"Prototipo software para la"	"Documento de los interesados"	"Identificar a los interesados"	"Prototipo software para la"	"Acta de constitución del proyecto"	"Desarrollar el acta de constitucion del proyecto"
Proyecto	Nombre_Entrega	Nombre_Proceso								
"Prototipo software para la"	"Documento de los interesados"	"Identificar a los interesados"								
"Prototipo software para la"	"Acta de constitución del proyecto"	"Desarrollar el acta de constitucion del proyecto"								

Tabla 20. Pregunta 6 en SPARQL.

Pregunta 6	¿Quiénes son los interesados de un proyecto de ti?											
Respuesta obtenida y Consulta en SPARQL	<pre> SPARQL query: SELECT ?Nombre ?Cargo ?Telefono ?Email WHERE { # Busca todos los interesados de todos los proyectos ?Interesado OntoBLOGP:nombreInteresado ?Nombre. ?Interesado OntoBLOGP:cargo ?Cargo. ?Interesado OntoBLOGP:telefono ?Telefono. ?Interesado OntoBLOGP:email ?Email. # Busca todos los interesados de un proyecto dado #?Proyecto_De_TI OntoBLOGP:titulo ?Proyecto. ?Interesado OntoBLOGP:Int_pertenece_PDTI OntoBLOGP:Proy001. } </pre>											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Cargo</th> <th>Telefono</th> <th>Email</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"Jose Tovar"</td> <td>"Desarrollador"</td> <td>"3156742387"</td> <td>"josej@unicauca.edu.co"</td> </tr> <tr> <td>"Alexis Solano"</td> <td>"Desarrollador"</td> <td>"3123253245"</td> <td>"alexis@unicauca.edu.co"</td> </tr> </tbody> </table>	Nombre	Cargo	Telefono	Email	"Jose Tovar"	"Desarrollador"	"3156742387"	"josej@unicauca.edu.co"	"Alexis Solano"	"Desarrollador"	"3123253245"
Nombre	Cargo	Telefono	Email									
"Jose Tovar"	"Desarrollador"	"3156742387"	"josej@unicauca.edu.co"									
"Alexis Solano"	"Desarrollador"	"3123253245"	"alexis@unicauca.edu.co"									

Tabla 21. Pregunta 7 en SPARQL.

Pregunta 7	¿Cuáles son las fases de un proyecto de ti?											
Respuesta obtenida y Consulta en SPARQL	<pre> SPARQL query: SELECT ?Proyecto ?Ciclo_de_Vida ?fase WHERE { # Busca todos los ciclos de vida de un proyecto ?Proyecto_De_TI OntoBLOGP:titulo ?Proyecto. ?Ciclo_Vida_Proyecto OntoBLOGP:nombreCicloVidaProyecto ?Ciclo_de_Vida. ?Proyecto_De_TI OntoBLOGP:PDTI_tiene_CVP ?Ciclo_Vida_Proyecto. OntoBLOGP:Proy001 OntoBLOGP:PDTI_tiene_CVP ?Ciclo_Vida_Proyecto. ?Fase OntoBLOGP:nombreFase ?fase. ?Ciclo_Vida_Proyecto OntoBLOGP:CVP_se_estructura_F ?Fase. } </pre>											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Proyecto</th> <th>Ciclo_de_Vida</th> <th>fase</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"Prototipo software para la identifica "SCRUM"</td> <td></td> <td>"Daily Scrum"</td> </tr> <tr> <td>"Prototipo software para la identifica "SCRUM"</td> <td></td> <td>"Sprint Review"</td> </tr> <tr> <td>"Prototipo software para la identifica "SCRUM"</td> <td></td> <td>"Sprint Planning"</td> </tr> </tbody> </table>	Proyecto	Ciclo_de_Vida	fase	"Prototipo software para la identifica "SCRUM"		"Daily Scrum"	"Prototipo software para la identifica "SCRUM"		"Sprint Review"	"Prototipo software para la identifica "SCRUM"	
Proyecto	Ciclo_de_Vida	fase										
"Prototipo software para la identifica "SCRUM"		"Daily Scrum"										
"Prototipo software para la identifica "SCRUM"		"Sprint Review"										
"Prototipo software para la identifica "SCRUM"		"Sprint Planning"										

Tabla 22. Pregunta 8 en SPARQL.

Pregunta 8	¿Cuál es el tipo de red al que pertenece un proyecto de TI?								
Respuesta obtenida y Consulta en SPARQL	<pre> SPARQL query: SELECT ?interesado ?proyecto ?co WHERE { # Busca todos los valores de ?proyecto que tengan un "interesado" ?proyecto OntoBLOGP:PDTI_tiene_Int ?interesado. ?interesado OntoBLOGP:Co_tiene_varios_Int ?co. } </pre>								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>interesado</th> <th>proyecto</th> <th>co</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>interesado_post_2</td> <td>ProyectoPost</td> <td>Consortio_0</td> </tr> <tr> <td>interesado_post_1</td> <td>ProyectoPost</td> <td>Consortio_0</td> </tr> </tbody> </table>	interesado	proyecto	co	interesado_post_2	ProyectoPost	Consortio_0	interesado_post_1	ProyectoPost
interesado	proyecto	co							
interesado_post_2	ProyectoPost	Consortio_0							
interesado_post_1	ProyectoPost	Consortio_0							

Con las preguntas anteriores se evaluó la ontología. La cual mostro que es concisa porque no presenta redundancias y definiciones inservibles. Consistente porque permite deducir nuevo conocimiento y completa porque los individuos y su estructura están bien definidos. Demostrando así que todo lo que está declarado en la ontología está presente y se puede inferir explícita o implícitamente la definición de la estructura e individuos.

3.3.8 Comparación de la ontología propuesta con otras existentes

La Tabla 23 muestra la comparación de las ontologías de Blockchain encontradas con OntoBLOGP y la Tabla 24 muestra la comparación de las ontologías de gestión de proyectos basadas en el PMBOK encontradas con OntoBLOGP. Para realizar la comparación se han planteado seis criterios: c1 la ontología define unión de dos temáticas, c2 se integra con ontologías existentes, c3 tiene definidas las preguntas de competencias, c4 la ontología esta implementada en alguna herramienta software, c5 se usó un lenguaje formal para la representación de la ontología, c6 la ontología está disponible en algún repositorio público.

Tabla 23. Comparación de ontologías encontradas sobre Blockchain y OntoBLOGP.

Ontología	c1	c2	c3	c4	c5	c6
Ontología BLONDie (Ugarte-Rojas & Chullo-Llave, 2020)		nse	✓	✓	✓	✓
Flex Ledger (Sporny & Longley, 2019)		nse	nse	✓		✓
EthOn (Pfeffer et al., 2018)		nse	nse	✓	✓	✓
OntoBLOGP	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla 24. Comparación de ontologías encontradas sobre gestión de proyectos y OntoBLOGP.

Ontología	c1	c2	c3	c4	c5	c6
PROMONT (Abels et al., 2006)						
OnrepRUP (Sheeba et al., 2012)		nse	✓	✓	✓	
UNA ONTOLOGÍA PARA EL ÁMBITO DE LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS (Rodríguez Castiñeira, 2016)		nse		✓	✓	
OntoBLOGP	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Es importante señalar que los criterios comprendidos de c2 a c6 se tomaron de [123]. Por otra parte, las iniciales nse usadas en las Tabla 23 y Tabla 24 quieren decir no se evidencia, esto es, que no se ha podido verificar su cumplimiento. Por lo tanto, de las Tabla 23 y Tabla 24 se concluye que OntoBLOGP es una ontología más concisa por no ser redundante y no contener definiciones inservibles, consistente porque se puede inferir conocimiento, y más completa que las de otros autores ya que se demostró que las definiciones de los individuos están bien establecidas y que todo lo supuestamente

enunciado en la ontología se encuentra presente o puede ser inferido. Adicionalmente, está disponible en Internet para su reutilización por cualquier persona que la necesite, representando y especificando la conceptualización de más de un dominio, integrándose con ontologías existentes y con las preguntas de competencia usadas para evaluarla definidas explícitamente.

La ontología presentada en este capítulo se encuentra publicada en un repositorio DRIVE de Google link: <https://bit.ly/3fij9dzy> en este momento se encuentra en adaptación a un formato de artículo en una revista indexada clasificada como A2 que se espera enviar a evaluación para su publicación y será publicada en un repositorio GITHUB para que pueda ser reutilizada. El archivo OWL se presenta como anexo digital a este documento.

3.3.9 Criterios para publicación de la ontología

En la Tabla 25 se muestran los criterios necesarios para la publicación de ontologías en la web, los criterios se tomaron de [124].

Para definir los criterios con los cuales se va a publicar OntoBLOGP se escogió verificar si cumple los principios del manifiesto AMOR⁶ y los propuestos por “5 principios del vocabulario inicial”⁷, ambos enfoques basados en el esquema de desarrollo de 5 estrellas ideado por Tim Berners-Lee⁸.

Tabla 25. Criterios para la publicación de ontologías en la web

	critero	cumple	descripción
Manifiesto amor	A1	✓	La ontología está disponible en la Web (en cualquier formato) pero con licencia abierta
	A2		Cumple el criterio A1 y adicionalmente en un formato de datos estructurado que se pueden leer por una máquina.
	A3		Cumple el criterio A1 y adicionalmente en un formato de datos no propietario.
	A4	✓	Cumple el criterio A1 y adicionalmente usa estándares abiertos de la W3C, por ejemplo, un esquema RDF o OWL.
	A5	✓	Cumple los criterios A1 y A4, adicionalmente reutiliza las ontologías previamente publicadas en la nueva ontología.
5 principios del vocabulario inicial	P1	✓	El vocabulario está publicado en la Web en una URI estable.
	P2	✓	Proporciona documentación comprensible por un humano y metadatos básicos como creador, publicador, fecha de creación, última modificación y número de versión
	P3	✓	Proporciona etiquetas y descripciones para hacer su vocabulario utilizable en múltiples alcances lingüísticos.
	P4	✓	Está disponible el vocabulario a través de su URI, tanto en archivo formal como en documentación legible por humanos, utiliza la negociación de contenidos.
	P5	✓	Enlaza a otros vocabularios reutilizando elementos en lugar de reinventarlos.

⁶ <http://knowledgecraver.blogspot.com/2013/04/the-amor-manifesto.html>

⁷ https://bvatant.blogspot.com/2012/02/is-your-linked-data-vocabulary-5-star_9588.html

⁸ <https://5stardata.info/en/>

Capítulo 4

Prototipo Software para la gestión de TI

En este capítulo se presenta en la sección 4.1, la selección de las tecnologías, en la sección 4.2, se muestra la arquitectura, en la sección 4.3, se presenta el producto backlog que desencadenó la definición de 2 Sprints, cada uno con sus respectivas historias de usuario.

4.1 Selección de la tecnología

Para la construcción del prototipo software se utilizaron las tecnologías HTML, CSS y JavaScript. Para darle apariencia visual más estilizada se utilizaron los frameworks Bootstrap y Bootstrap Icons. Para funcionalidades extras se hizo uso de la biblioteca jQuery y para comunicar el Front-end con el Back-end se utilizó el cliente HTTP Axios.

Para el desarrollo del Back-end se utilizó el lenguaje Java debido a que la mayoría de frameworks que existen están implementados en este lenguaje.

En la Tabla 26 se muestran los diferentes frameworks utilizados para la web semántica

Tabla 26. Framework para la web semántica (tomado de [125])

Framework	Lenguaje	Nivel semántico
Jena	Java	RDF to OWL 2
Sesame	Java & RESTful web service	RDF
OWL API	Java	OWL 2
RAP—RDF API	PHP	RDF
Redland	C, Python, Ruby, Perl, & PHP	RDF
LinqToRDF	.NET	RDF

“Apache Jena” es un “framework de Java gratuito y de código abierto para crear aplicaciones web semánticas y de datos vinculados. El framework está compuesto por diferentes APIs que interactúan juntas para procesar datos RDF”⁹. Se decidió utilizar este framework debido a la buena documentación que tiene, a la recomendación del PhD Jorge Eliecer Gómez Gómez y por experiencia del equipo de trabajo en el lenguaje Java.

Como base de datos se utiliza el archivo con extensión owl obtenido de la ontología implementada en Protégé en el capítulo 3. Para gestionar la base de datos se utilizan las operaciones básicas como creación, consulta, actualización y eliminación con la ayuda del marco web semántico Apache Jena.

Para desarrollar el prototipo de la Blockchain también se hizo la revisión de varias tecnologías, como se puede apreciar en la Tabla 27, donde se muestra un cuadro

⁹ https://jena.apache.org/getting_started/index.html

comparativo de las diferentes plataformas que existen para el desarrollo de una red Blockchain.

Tabla 27. Diferencia entre Ethereum, Hyperledger y Corda (basado en [43])

N°	Propiedad	Ethereum	Hyperledger Fabric	Corda
1	Tipo de plataforma	Plataforma genérica de Blockchain.	Blockchain modular.	Plataforma para la industria financiera.
2	Gobernanza	Desarrolladores de Ethereum	Fundación Linux	R3
3	Modo de operación	sin permiso, público o privado	autorizado, privado	autorizado, privado
4	Consenso	1. Minería basada en prueba de participación (PoS) 2. Nivel de libro mayor	1. Amplia comprensión del consenso que permite múltiples enfoques 2. Nivel de transacción	1. Comprensión específica del consenso (es decir, nodos notariales) 2. Nivel de transacción
5	Moneda	Ether	Ninguna	Ninguna
6	Lenguaje	Solidity	Go, Java	Kotlin, Java
7	Almacenamiento de datos	Swarm	CouchDB, LevelDB	
8	Acceso a los datos	1. Todos (red pública) 2. Autorizado (red privada)	Autorizado (red privada)	Solo a las partes relevantes.

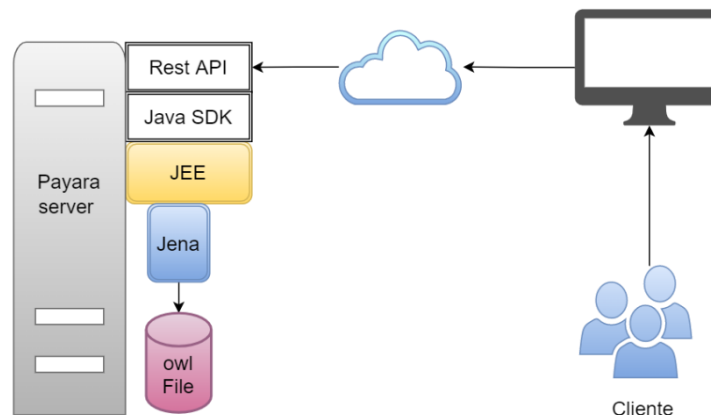
De acuerdo con la anterior tabla, Corda se utiliza para la industria financiera, Ethereum tiene la moneda Ether y es una red pública, por lo anterior, se decidió escoger Hyperledger Fabric debido a que es una red privada, no maneja una moneda, tiene varios lenguajes de programación para el desarrollo de los chaincodes (Smart contracts) y tiene buena documentación.

4.2 Arquitectura

La arquitectura del prototipo software es la que se visualiza en la

Figura 18.

Figura 18. Arquitectura del Prototipo



4.3 Selección de los procesos de gerencia de proyectos PMBOK

Para la selección de los procesos a incluir en la ontología se realizó una encuesta a cinco expertos en gestión de proyectos, la cual se diseñó en formato Excel y se hizo llegar a los expertos por medio de correo electrónico. En el anexo digital se encuentra el archivo “**Procesos_PMBOK.xlsx**” que presenta el formato de la encuesta aplicada.

Para escoger los procesos se hizo un rango de calificación de uno a cinco y se aceptaron los procesos con calificación mayor o igual a tres puntos. Con este criterio solo tres procesos tuvieron menor puntaje, por tanto, se optó por hacer la carga de todos los procesos en la ontología como se puede apreciar en la Figura 19 están cargados los 49 procesos. La Figura 20 muestra el detalle del individuo Proc001 que corresponde al proceso Desarrollar el acta de constitución del proyecto y como se puede apreciar ya está relacionado con el individuo de tipo entregable.

En el anexo digital con nombre “**Procesos_PMBOK-Clasificacion.xlsx**” se presentan los resultados de las encuestas realizadas.

4.4 Implementación del marco de trabajo SCRUM

Scrum es un Framework (marco de trabajo) mediante el cual las personas pueden abordar los problemas que surgen de la ejecución de un proyecto y adecuar las soluciones propuestas al equipo de trabajo para alcanzar los objetivos de la mejor manera posible. Así pues, se crea el máximo valor posible con cada intervalo de tiempo, cuya duración se definió en el comienzo del proyecto, favoreciendo así la productividad y creatividad para la resolución de desafíos complejos [126].

Figura 19. Cargue de procesos en Protégé

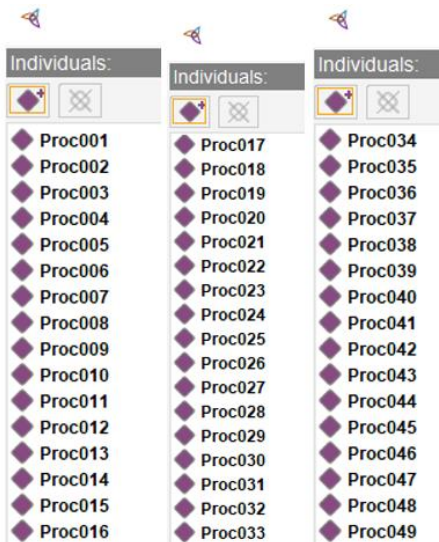


Figura 20. Detalle del individuo Proc001.



El sprint 1 se enfocan en el desarrollo y conexión de la ontología en Protégé con java, el sprint 2 en la configuración de la red Blockchain con Hyperledger Fabric.

4.4.1 Requerimientos Funcionales

Cada concepto fue organizado por módulos en la Tabla 28 se muestra con más detalle.

Tabla 28. Requerimientos funcionales

Módulos	Funciones
Módulo de gestión del concepto proyecto	Registrar proyecto. Eliminar proyecto. Actualizar proyecto. Consultar proyecto.
Módulo de gestión del concepto interesados	Registrar interesado. Eliminar interesado. Actualizar interesado. Consultar interesado.
Módulo de gestión del concepto entregable	Registrar entregable. Eliminar entregable. Actualizar entregable. Consultar entregable. Carga de archivos. Descarga de archivos.
Módulo de gestión del concepto registro de supuestos	Registrar registro de supuesto. Eliminar registro de supuesto. Actualizar registro de supuesto. Consultar registro de supuesto.
Módulo de gestión del concepto registro de incidentes	Registrar registro de incidentes. Eliminar registro de incidentes. Actualizar registro de incidentes. Consultar registro de incidentes.

Módulos	Funciones
Módulo de gestión del concepto registro de riesgos	Registrar registro de riesgos. Eliminar registro de riesgos. Actualizar registro de riesgos. Consultar registro de riesgos.

4.4.2 Product Backlog

Lista de objetivos o Product Backlog, es una lista ordenada de las funcionalidades que se necesitan para agregar valor al producto con cada nuevo sprint [126]. Para el desarrollo del producto backlog se ha tenido en cuenta un identificador y una prioridad la cual toma importancia en el desarrollo de cada sprint como se muestra en la Tabla 29.

Tabla 29. Historias de usuario

ID	Historia de usuario	Prioridad
HU-1	Yo como usuario deseo gestionar los datos de un proyecto.	Alta
HU-2	Yo como usuario deseo gestionar los datos de un interesado.	Alta
HU-3	Yo como usuario deseo gestionar los datos de un entregable.	Alta
HU-4	Yo como usuario deseo gestionar los datos de un supuesto.	Media
HU-5	Yo como usuario deseo gestionar los datos de un incidente.	Media
HU-6	Yo como usuario deseo gestionar los datos de un riesgo.	Media
HU-7	Yo como usuario deseo gestionar la carga y descarga de un archivo (entregable).	Alta

4.4.3 Sprint 1

Un Sprint es una unidad de tiempo definida desde el comienzo del proyecto en la cual el equipo genera entregables necesarios para cumplir con los objetivos específicos del proyecto y que aportan el máximo valor posible al resultado general una vez se concluya el sprint [126].

Para el desarrollo del sprint 1 se muestran las actividades en la Tabla 30, cada actividad está asociada a una historia de usuario, es responsabilidad de alguien del equipo de desarrollo y tiene una estimación en horas. El equipo de desarrollo cuenta con 15 horas semanales cada uno.

Tabla 30. Actividades del sprint 1

ID.HU	ID	Actividades	Responsable	Estimación	Prioridad
HU-1	1	Instalación y configuración del entorno de desarrollo.	Ariel - Pablo	4	Alta
HU-1	2	Desarrollo del RESTful Web Service.	Ariel - Pablo	6	Alta
HU-1	3	Implementación de la consulta de un proyecto	Ariel	5	Alta
HU-1	4	Implementación de la creación de un proyecto.	Ariel	5	Alta

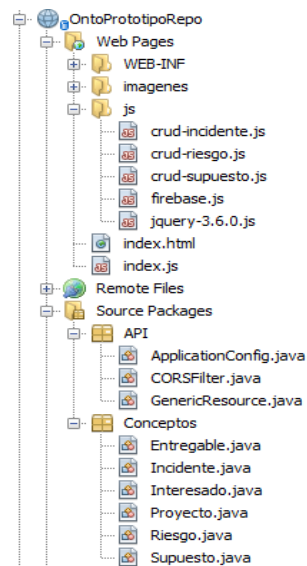
ID.HU	ID	Actividades	Responsable	Estimación	Prioridad
HU-1	5	Implementación de la edición de un proyecto	Ariel	5	Alta
HU-1	6	Implementación de la eliminación de un proyecto	Ariel	5	Alta
HU-2	7	Implementación de la consulta de un interesado.	Pablo	4	Alta
HU-2	8	Implementación de la creación de un interesado.	Pablo	4	Alta
HU-2	9	Implementación de la edición de un interesado	Pablo	4	Alta
HU-2	10	Implementación de la eliminación de un interesado	Pablo	4	Alta
HU-3	11	Implementación de la consulta de un entregable.	Ariel	4	Alta
HU-3	12	Implementación de la creación de un entregable.	Ariel	4	Alta
HU-3	13	Implementación de la edición de un entregable.	Ariel	4	Alta
HU-3	14	Implementación de la eliminación de un entregable.	Ariel	4	Alta
HU-4	15	Implementación de la consulta de un supuesto.	Pablo	3	Media
HU-4	16	Implementación de la creación de un supuesto.	Pablo	3	Media
HU-4	17	Implementación de la edición de un supuesto.	Pablo	3	Media
HU-4	18	Implementación de la eliminación de un supuesto.	Pablo	3	Media
HU-5	19	Implementación de la consulta de un incidente.	Ariel	3	Media
HU-5	20	Implementación de la creación de un incidente.	Ariel	3	Media
HU-5	21	Implementación de la edición de un incidente.	Ariel	3	Media
HU-5	22	Implementación de la eliminación de un incidente.	Ariel	3	Media
HU-6	23	Implementación de la consulta de un riesgo.	Pablo	3	Media
HU-6	24	Implementación de la creación de un riesgo.	Pablo	3	Media
HU-6	25	Implementación de la edición de un riesgo.	Pablo	3	Media
HU-6	26	Implementación de la eliminación de un riesgo.	Pablo	3	Media
HU-7	27	Implementación de la carga de un archivo hacia el repositorio.	Pablo	6	Alta
HU-7	28	Implementación de la descarga de un archivo desde el repositorio.	Pablo	6	Alta

1. Desarrollo de las actividades

Al finalizar el desarrollo de todas las actividades del sprint 1 se obtuvo como resultado el prototipo software el cual se visualiza a continuación.

La Figura 21 permite apreciar la organización de la estructura de la aplicación web en el IDE, mostrando los paquetes de la siguiente forma: un paquete para los conceptos, otro paquete para las páginas web y otro paquete API donde está configurado el RESTful web service.

Figura 21. Paquetes del prototipo en el IDE



En la Figura 22, se puede apreciar el menú principal de la aplicación implementada desde donde se puede acceder a los conceptos relacionados con gestión de proyectos como son proyecto, interesados, entregable, registro de supuestos, registro de incidentes y registros de riesgos, al dar clic en algún concepto se puede ver los individuos creados para cada uno de los conceptos y en estos individuos creados se pueden ver toda la información detallada, editar y eliminar, adicionalmente se puede crear nuevos individuos de este concepto como se muestra en la Figura 23. Los demás conceptos como proceso, grupo de procesos, área de conocimiento, ciclo de vida proyecto y fase, al ser de tamaño fijo los individuos de estos conceptos se cargan desde la ontología.

Figura 22. Página principal del Prototipo

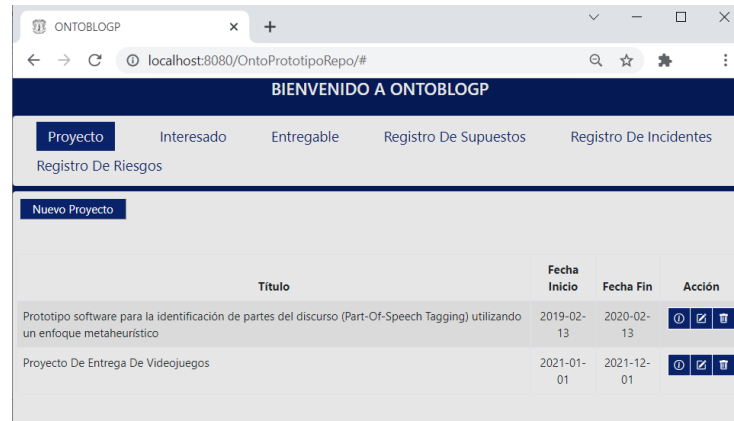


Cabe resaltar que las interfaces de los conceptos proyecto, interesado, registro de supuestos, registro de incidentes y registro de riesgos tiene los mismos botones de acción: información, edición y eliminación como se presenta en la Figura 23, y el

concepto entregable tiene los tres botones de acción anteriores más los botones de acción de carga y descarga de entregables como se presenta en la

En la Figura 23, se puede apreciar la interfaz para gestionar el concepto proyecto, se puede crear un nuevo proyecto, se presentan los proyectos existentes y al lado derecho de cada proyecto se visualizan las opciones que tiene disponible el usuario sobre el proyecto como son: ver información, editarla o borrarla.

Figura 23. Modulo proyecto



En el lado izquierdo de la Figura 24, se visualiza el formulario para crear un nuevo proyecto. Para la creación del concepto proyecto se debe ingresar los atributos: título, objetivo, descripción, presupuesto, fecha inicio, fecha fin, seleccionar un ciclo de vida del proyecto. En el caso de existir interesados y entregables previamente en el sistema se pueden seleccionar tanto los interesados como los entregables que pertenecen a ese proyecto. De los atributos mencionados anteriormente solo es obligatorio el título del proyecto en el momento en que se está creando el concepto, los demás conceptos pueden ser ingresados al sistema más adelante.

Figura 24. Creación y Visualización de los detalles de un proyecto

Formulario Crear Proyecto

Título

Objetivo

Descripción

Presupuesto

Fecha Inicio

Fecha Fin

Interesados
 Alexis Solano Jose Tovar Juan Perez

Ciclo Vida Proyecto
 XP SCRUM

Entregables
 Lista de riesgos priorizados Documento de los interesados

Información Completa del Proyecto

Objetivo
 Construir un prototipo software para etiquetar las partes del discurso de oraciones en Inglés, Castellano y Nasa Yuwe, basado en la adaptación de un algoritmo metaheurístico y su versión memética para el problema de etiquetado, buscando mejorar los resultados de precisión presentados en las referencias [24] y [25], al mismo tiempo que se pueda aprovechar la sencillez de las soluciones propuestas por los algoritmos metaheurísticos.

Descripción
 Ajustar los algoritmos metaheurísticos Jaya y PSO al problema de etiquetado, con el fin de comparar y seleccionar el mejor algoritmo

Presupuesto 1000	Fecha Inicio 2019-02-13	Fecha Fin 2020-02-13
----------------------------	-----------------------------------	--------------------------------

Interesado
 1) Nombre: Alexis Solano Teléfono: 3123253245
 2) Nombre: Jose Tovar Teléfono: 3156742387

Ciclo Vida Proyecto
 1) SCRUM

Entregable
 1) Documento de los interesados
 2) Acta de constitución del proyecto

Procesos
 1) Identificar a los Interesados
 2) Desarrollar el acta de constitucion del proyecto

Descripción Supuestos
 1) Disponibilidad de los usuarios

Descripción Riesgos
 1) Fallo la capacitación

Descripción Incidentes
 1) Fallo de la aplicación

Cerrar
Guardar
Cerrar

En el lado derecho de la Figura 24, se visualiza la información detallada del proyecto como el objetivo, descripción, presupuesto, fecha de inicio, fecha fin, interesados, ciclo de vida, entregables, procesos, registros de supuestos, registros de incidentes y registros de riesgos.

En la

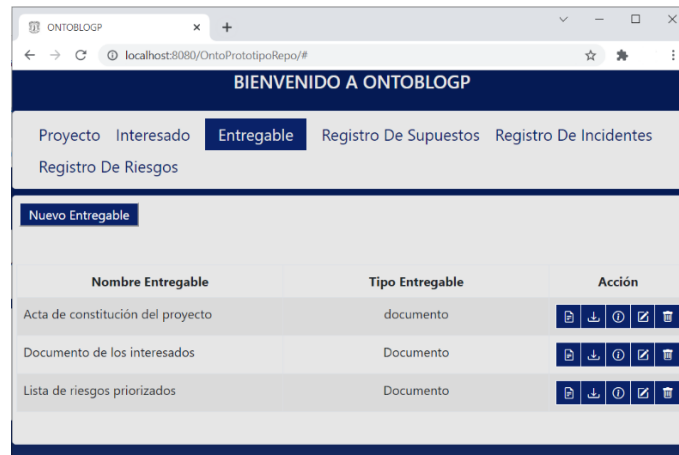
Figura 25. Modulo entregable



4.4.4 Sprint 2

En el sprint 2 se realizó la implementación de Blockchain con Hyperledger Fabric que es lo más importante del prototipo, para esta implementación se estipuló una duración de cuatro semanas debido a que la configuración y desarrollo de la Blockchain define el fracaso o éxito del prototipo. Para el desarrollo del sprint 2 se establece las siguientes actividades como se muestra en la

Tabla 31., se puede apreciar la interfaz para gestionar el concepto entregable, se puede crear un nuevo entregable, se presentan los entregables existentes y al lado derecho de cada entregable se visualizan las opciones que tiene disponible el usuario sobre el entregable como son: cargar entregable, descargar entregable, ver información, editarla o borrarla.

Figura 25. Modulo entregable

4.4.5 Sprint 2

En el sprint 2 se realizó la implementación de Blockchain con Hyperledger Fabric que es lo más importante del prototipo, para esta implementación se estipuló una duración de cuatro semanas debido a que la configuración y desarrollo de la Blockchain define el fracaso o éxito del prototipo. Para el desarrollo del sprint 2 se establece las siguientes actividades como se muestra en la

Tabla 31.

Tabla 31. Actividades del sprint 2

ID.HU	ID	Actividades	Responsable	Estimación	Prioridad
HU-1	29	Instalación y configuración de los requerimientos mínimos de Hyperledger Fabric	Ariel-Pablo	6	Alta
HU-1	30	Instalación de entorno de desarrollo de Hyperledger Fabric.	Ariel-Pablo	4	Alta
HU-1	31	Configuración del encendido y apagado de Hyperledger Fabric.	Ariel-Pablo	4	Alta
HU-1	32	Crear y desarrollar el material criptográfico	Ariel	10	Alta
HU-1	33	Crear y desarrollar el archivo de transacciones	Ariel	6	Alta
HU-1	34	Configuración del control de acceso a la red blockchain.	Ariel	12	Alta
HU-1	35	Creación y desarrollo del chaincode (Smart contract)	Ariel-Pablo	25	Alta
HU-1	36	configuración del ciclo de vida del chaincode	Ariel	8	Alta
HU-1	37	Desarrollo del proyecto que utilizaran los participantes de la red Blockchain.	Ariel-Pablo	30	Alta

1. Desarrollo de las actividades

Para realizar las actividades del sprint 2 se acudió al curso¹⁰ gratuito de desarrollo blockchain en Hyperledger Fabric ofrecido por Hyperledger Latinoamérica y Business Blockchain y también al curso¹¹ de pago Hyperledger Fabric fundamentals & Develop, Deploy and Run Java Chaincode on Hyperledger Fabric 2.x network ofrecido por la plataforma Udemy.

Al finalizar el desarrollo de todas las actividades del sprint 2 se obtuvo como resultado la configuración de la red Blockchain.

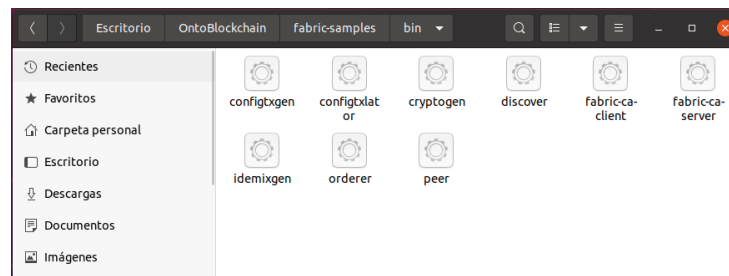
Para la actividad 29 y 30 se procede a instalar el sistema operativo Ubuntu en su versión 20.04, luego de configurado el sistema operativo se ejecuta el script¹² el cual trae la instalación de las aplicaciones requeridas y la configuración de las variables de entorno para el correcto funcionamiento de Hyperledger Fabric. En la primera configuración de los requisitos mínimos se realizó la instalación de los paquetes uno a uno el cual conlleva mucho más tiempo, pero gracias a la divulgación del curso Hyperledger Fabric Latinoamérica la instalación de los requisitos redujo el tiempo de estas actividades.

Para la ejecución de la actividad 32 se crean todos los certificados, las llaves privadas para cada uno de los componentes y los usuarios admin y user. Para crear el material criptográfico se necesita de un programa que se instala con los requisitos el cual se encuentra en la carpeta bin

Figura 26 y se llama cryptogen, las definiciones del material criptográfico se encuentran en los archivos que se muestran en la Figura 27.

En el anexo digital se encuentra una carpeta con nombre “**OntoBlockchain**” en la cual se encuentra los archivos de configuración de la red Blockchain.

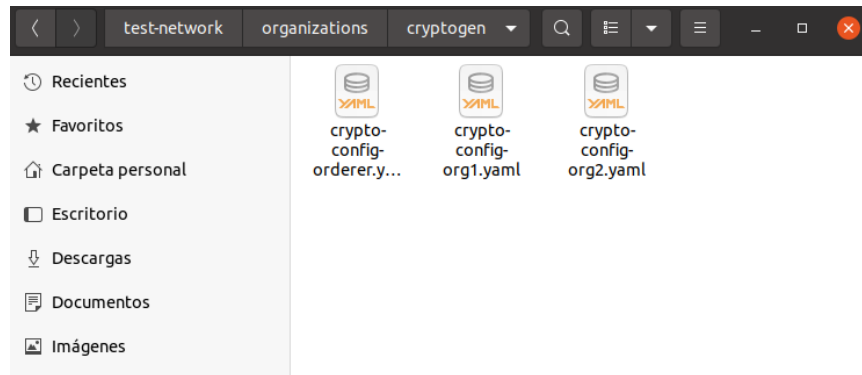
Figura 26 Carpeta bin con los archivos binarios de Hyperledger Fabric



¹⁰ <https://bit.ly/3CH7jmt>

¹¹ <https://bit.ly/3nQfDfy>

¹² Tomado de <https://bit.ly/3cKbP9g>

Figura 27. Material criptográfico

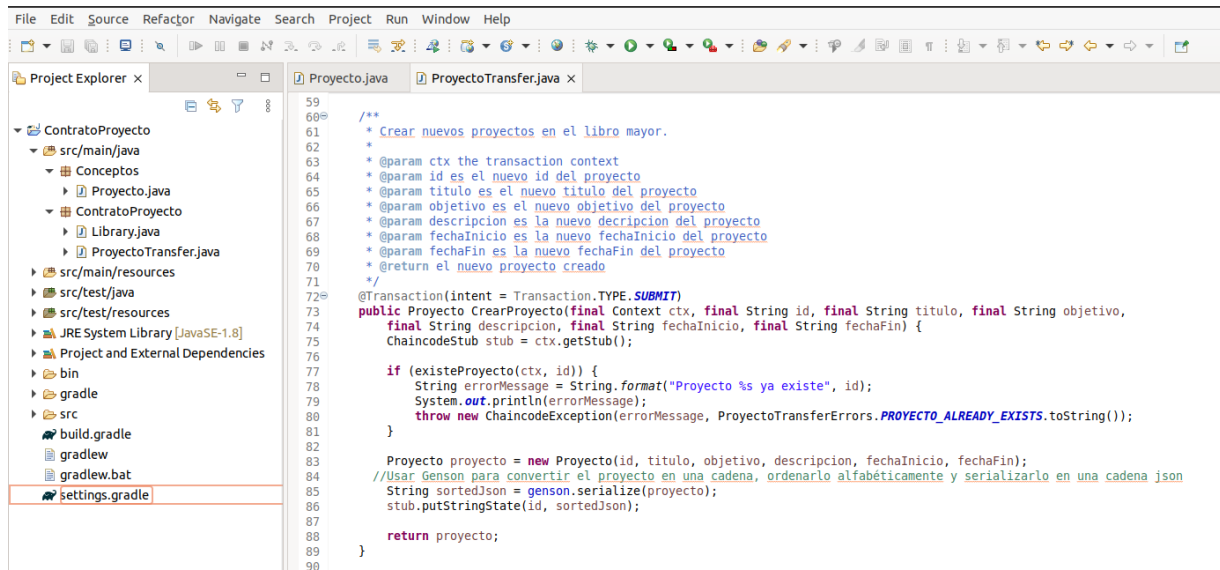
2.Ciclo de vida del chaincode (Smart contract)

En la Figura 28 se muestra los pasos para la instalación del chaincode en las organizaciones de la red Blockchain, los comandos utilizados para su despliegue se encuentran en el archivo chaincodeJavaLifecycle.sh este archivo se encuentra en anexo digital OntoBlockchain en la ruta OntoBlockchain/fabric-samples/test-network/.

Figura 28. Ciclo de vida del chaincode (adaptado del curso de Udemy)

En la Figura 29, permite apreciar la organización de la estructura del proyecto con nombre ContratoProyecto en el IDE eclipse, mostrando los paquetes de la siguiente forma: un paquete para los conceptos, otro paquete para los chaincode. Al lado izquierdo de la Figura 29 se puede apreciar el código para la creación de un nuevo proyecto. La ubicación de este proyecto se encuentra en el anexo digital OntoBlockchain en la ruta /OntoBlockchain/fabric-samples/chaincode/

Figura 29. Paquete del chaincode en el IDE



La Figura 30, muestra la información de un proyecto almacenado en la base de datos CouchDB en formato JSON

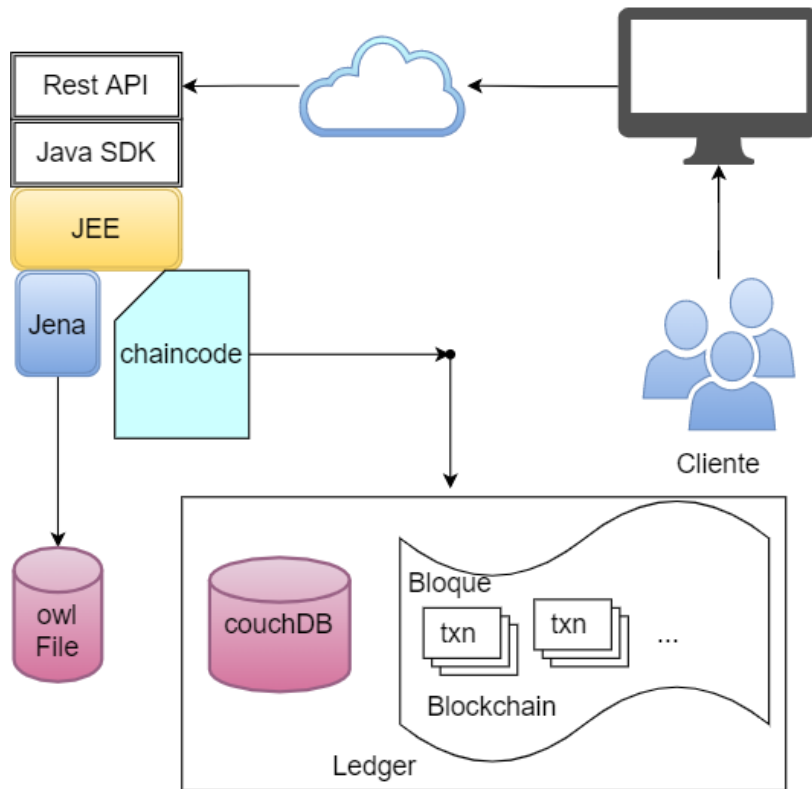
Figura 30. Información de un proyecto en CouchDB.

```

id "Proy004"
{
  "id": "Proy004",
  "key": "Proy004",
  "value": {
    "rev": "1-82ccd69604b3b5647b3695adbc62a2cb"
  },
  "doc": {
    "_id": "Proy004",
    "_rev": "1-82ccd69604b3b5647b3695adbc62a2cb",
    "descripcion": "descripcion 1",
    "fechaFin": "fecha fin 1",
    "fechaInicio": "fecha inicio 1",
    "id": "Proy004",
    "objetivo": "objetivo 1",
    "titulo": "titulo 1",
    "~version": "CgMBCQA="
  }
}
  
```

3. Desarrollo del proyecto que utilizaran los participantes de la red Blockchain.

Los datos del prototipo software son enviados hacia la red blockchain mediante el chaincode, se debe realizar un chaincode por cada concepto. La información será guardada en la base de conocimiento (el archivo owl) y la base de datos de la Blockchain (CouchDB) la cual nos permite llevar la trazabilidad de la información de los proyectos. El proyecto que nos permite hacer lo anterior tiene nombre fabricjavaclient, la ubicación de este proyecto se encuentra en el anexo digital OntoBlockchain en la ruta /OntoBlockchain/fabric-samples/clientApp/. En la Figura 31 se muestra la arquitectura de la red Blockchain

Figura 31. Arquitectura de la red Blockchain

Capítulo 5

Evaluación del atributo satisfacción

En este capítulo se presentan las pruebas desarrolladas con el fin de evaluar el atributo de satisfacción del prototipo software. En la sección 5.1, se presenta el referente conceptual. En la sección 5.2, se define y se desarrolla la metodología para la prueba incluyendo los resultados y sus respectivos análisis.

5.1 Referente conceptual

5.1.1 Atributo satisfacción

El atributo de satisfacción y la personalidad del individuo que realiza la prueba, están altamente correlacionados, siendo valiosos para determinar el juicio de un individuo sobre un producto, servicio o cualquier otro artefacto que se desee evaluar, pero sin olvidar que su diagnóstico es cien por ciento subjetivo y se utiliza para revelar los procesos psicológicos que motivan una respuesta positiva, negativa o neutral de los individuos [127].

5.1.2 Principios de Nielsen

Los principios de Nielsen son un método de la ingeniería de la usabilidad que se compone de 10 heurísticas para determinar los principales problemas de uso que puede presentar una interfaz de usuario y que puedan ser solucionados de la mejor manera como parte de un proceso de diseño iterativo [128].

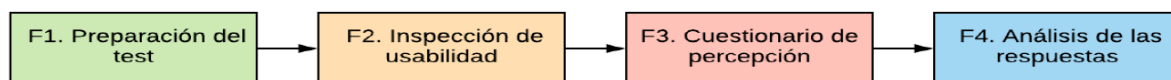
5.1.3 Análisis de sentimientos

El análisis de sentimientos también conocido como minería de opinión es la tarea de analizar las opiniones de las personas acerca de entidades o cosas específicas. Las personas a través de la escritura de un texto expresan las emociones experimentadas al usar o comprar un determinado producto o servicio [129].

5.2 Metodología

La metodología que se uso es la propuesta en [130], la cual se compone de cuatro fases como se muestra en la Figura 32.

Figura 32. Metodología para la evaluación del prototipo. Tomado de [130]



5.2.1 Preparación del test

Cada evaluador va a crear al menos un concepto de proyecto, interesado, entregable, supuesto, incidente y riesgo en el prototipo software, además en el concepto entregable se probará la carga y descarga de archivos (entregables). Para el desarrollo

de esta actividad se le entregó a cada evaluador un proyecto con los datos necesarios para ingresar la información de cada concepto.

Si un evaluador cuenta con la información de un proyecto propio se permite que trabaje con ese caso de estudio de lo contrario se proveen los datos de un proyecto diferente para cada experto.

Para hacer la inspección de la usabilidad del prototipo se utilizarán las heurísticas de Nielsen [131] las cuales serán aplicadas una vez el usuario a finalizado la interacción con el prototipo, la Tabla 32 contiene las heurísticas de Nielsen las cuales van a ser evaluadas en el prototipo software.

Tabla 32. Heurísticas de Nielsen

Heurística	Descripción
H1 Visibilidad del estado del sistema	“El sistema siempre debe mantener informados a los usuarios sobre lo que está sucediendo, mediante la retroalimentación adecuada dentro de un tiempo razonable” [131].
H2 Coincidencia entre el sistema y el mundo real	“El sistema debe hablar el idioma de los usuarios, con palabras, frases y conceptos familiares para el usuario, en lugar de términos orientados al sistema. Siga las convenciones del mundo real, haciendo que la información aparezca en un orden lógico y natural” [131].
H3 Control y libertad del usuario	“Los usuarios a menudo eligen funciones del sistema por error y necesitarán una "salida de emergencia" claramente marcada para salir del estado no deseado sin tener que pasar por un diálogo extenso ” [131].
H4 Coherencia y estándares	“Los usuarios no deberían tener que preguntarse si diferentes palabras, situaciones o acciones significan lo mismo. Seguir las convenciones de la plataforma” [131].
H5 Prevención de errores	“Incluso mejor que los buenos mensajes de error es un diseño cuidadoso que evita que ocurra un problema en primer lugar. Elimine las condiciones propensas a errores o verifíquelas y presente a los usuarios una opción de confirmación antes de que se comprometan con la acción” [131].
H6 Reconocimiento en lugar de recordar	“Minimice la carga de memoria del usuario haciendo visibles los objetos, acciones y opciones. El usuario no debería tener que recordar información de una parte del diálogo a otra. Las instrucciones de uso del sistema deben estar visibles o fácilmente recuperables cuando sea apropiado” [131].
H7 Flexibilidad y eficiencia de uso	“Los aceleradores, que el usuario novato no ve, a menudo pueden acelerar la interacción para el usuario experto, de modo que el sistema puede atender tanto a los usuarios sin experiencia como a los experimentados” [131].
H8 Diseño estético y minimalista	“Los diálogos no deben contener información que sea irrelevante o que rara vez se necesite.” [131].

Heurística	Descripción
H9 Ayude a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores	“Los mensajes de error deben expresarse en un lenguaje sencillo (sin códigos), indicar con precisión el problema y sugerir una solución de manera constructiva” [131].
H10 Ayuda y documentación	El prototipo se puede utilizar sin documentación o puede ser necesario proporcionar ayuda y documentación. Adaptado de [131].

Para el análisis de sentimientos sobre la utilidad del prototipo se diseñaron las siguientes preguntas de percepción:

P1: ¿Considera que el prototipo es adecuado y útil para la gestión de proyectos de TI aplicando las buenas prácticas del PMBOK?

P2: ¿El prototipo software es confiable y útil al momento de realizar consultas, procesar datos y mostrar resultados en la gestión de proyectos de TI?

P3: ¿Utilizaría el prototipo software en la gestión de sus proyectos de TI?

Las preguntas para la inspección de usabilidad y las preguntas para el cuestionario de percepción se elaboraron en un formulario de Google, como se muestra en la Figura 33 y Figura 34.

Figura 33. Pregunta de percepción uno en el formulario Google. Fuente: Propia

The image shows a Google Form interface. At the top, there is a blue header with the text "Preguntas de Percepción". Below the header, the question is displayed: "¿Considera que el prototipo es adecuado y útil para la gestión de proyectos de TI aplicando las buenas prácticas del PMBOK? *". Below the question, there is a text input field with the placeholder text "Tu respuesta".

Para el análisis de sentimientos de las respuestas obtenidas en la evaluación de las preguntas P1 a P3 se realizó con la herramienta web que se encuentra en <https://komprehend.io/sentiment-analysis>.

Las dos siguientes etapas; inspección de la usabilidad y preguntas de percepción se inició con la interacción de los expertos con el prototipo, no se limitó el tiempo de interacción y se dio libertad a los expertos para que una vez que realizaran el ingreso de la información ejecutaran otras acciones como consultas, eliminación y actualización de la información.

Figura 34. Pregunta de la heurística uno en el formulario Google. Fuente: Propia

Heurísticas

H1. Visibilidad del estado del sistema. El sistema siempre debe mantener informados a los usuarios sobre lo que está sucediendo, mediante la retroalimentación adecuada dentro de un tiempo razonable. *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Por favor justifica tu respuesta anterior. *

Tu respuesta

5.2.2 Inspección de la usabilidad

Se presentó el formulario de evaluación de las heurísticas mostrado anteriormente para su diligenciamiento, no se limitó el tiempo para dar las repuestas, el valor de cada respuesta está en un rango de 1 a 10 siendo 1 la mínima valoración y 10 la máxima valoración. A continuación, desde la Tabla 27 hasta la Tabla 30 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 33. Resultado de la prueba de usabilidad del experto1. Fuente: Propia.

EXPERTO 1		
Profesión	Maestría en administración de negocios (MBA)	
Años de experiencia en gestión de proyectos	Mas de cinco años	
Método de validación	Reunión virtual	
Método de recolección de respuestas.	Formulario Google	
Heurísticas	Respuestas	Valor
H1	En algún momento (puntual) No identifique lo que el prototipo solicitaba.	9
H2	Entendí todo y el vocabulario no era ambiguo	10
H3	Permite Navegar y modificar cuando se requiere de forma intuitiva.	10
H4	Me confundió el orden incidente riesgo, pensé en algún momento se refería a algo diferente a lo estándar.	9
H5	No se me presentaron errores.	10
H6	Si todo es visible en la interfaz y se sabe dónde seguir siempre.	10

EXPERTO 1		
Profesión	Maestría en administración de negocios (MBA)	
Años de experiencia en gestión de proyectos	Mas de cinco años	
Método de validación	Reunión virtual	
Método de recolección de respuestas.	Formulario Google	
Heurísticas	Respuestas	Valor
H7	En mi primera interacción con el prototipo, considero que interactué fácilmente, posiblemente no vi aceleradores. No puedo afirmarlo categóricamente.	10
H8	Creo que hay opción de simplificar y hacer el diseño un poco más minimalista. En general me parece bastante bueno en ese aspecto. Apoyarse de un diseñador gráfico es mi consejo para pulir detalles.	9
H9	Apareció, solo un error al intentar grabar información que obedecía a una opción de un proceso que no estaba como alternativa (acta de cierre). El sistema lo indicó claramente. Utilizamos otra opción en su defecto. Deben completar la lista de procesos.	10
H10	Es intuitivo, se requiere eso si la contextualización Se utiliza sin problema.	10

Tabla 34. Resultado de la prueba de usabilidad del experto2. Fuente: Propia.

EXPERTO 2		
Profesión	PhD en ingeniería telemática	
Años de experiencia en gestión de proyectos	Mas de cinco años	
Método de validación	Reunión virtual	
Método de recolección de respuestas.	Formulario Google	
Heurísticas	Respuestas	Valor
H1	Las opciones dentro de la aplicación están bien definidas y son fáciles de ubicar.	9
H2	La experiencia de manejo de las opciones en relación con el usuario es clara y fácil del seguir.	9
H3	La interfaz cuenta con las restricciones suficientemente clara para guiar al usuario en su tarea.	9
H4	Todos los rótulos dentro de la aplicación son clases y cumplen su objetivo.	9
H5	Los mensajes de errores están claramente definidos.	9
H6	Visualmente contiene iconos que permiten guiar al usuario durante el trabajo en la App.	9
H7	Fácil de usar, cuenta con una interfaz amigable.	9
H8	Los colores de las interfaces están bien utilizados.	10
H9	Asistencia al usuario cuando ocurre un error.	9
H10	Provee la documentación suficiente para guiar al usuario en su trabajo.	8

Tabla 35. Resultado de la prueba de usabilidad del experto3. Fuente: Propia.

EXPERTO 3		
Profesión	Maestría en Computación	
Años de experiencia en gestión de proyectos	Entre tres y cinco años	
Método de validación	Reunión virtual	
Método de recolección de respuestas.	Formulario Google	
Heurísticas	Respuestas	Valor
H1	Se debe de colocar texto de visualización para saber qué pasa si chequea o deschequea lo opciones en cada una de las secciones, por ejemplo: entregables.	6
H2	Muy bien son muy claros para la experiencia de usuario.	10

EXPERTO 3		
Profesión	Maestría en Computación	
Años de experiencia en gestión de proyectos	Entre tres y cinco años	
Método de validación	Reunión virtual	
Método de recolección de respuestas.	Formulario Google	
Heurísticas	Respuestas	Valor
H3	Es usable para el usuario.	9
H4	Es claro para el usuario.	9
H5	Muy claro y entendible.	10
H6	Recomendación. Realizar notas ya que a veces hay confusión o no es claro si no hay chequeo por ejemplo tipo ontología cuando creo un entregable o un riego.	6
H7	Recomendación. Realizar notas ya que a veces hay confusión o no es claro si no hay chequeo por ejemplo tipo ontología cuando creo un entregable o un riego. La misma respuesta de H6.	6
H8	Está bien.	10
H9	No vi mensajes de errores, no en mi caso.	10
H10	Incluir notas en la creación de entregables.	7

Tabla 36. Resultado de la prueba de usabilidad del experto4. Fuente: Propia.

EXPERTO 4		
Profesión	Maestría en Computación	
Años de experiencia en gestión de proyectos	Entre dos y tres años	
Método de validación	Reunión virtual	
Método de recolección de respuestas.	Formulario Google	
Heurísticas	Respuestas	Valor
H1	Al insertar información en las funcionalidades probadas esta se reflejaba en las demás opciones.	10
H2	Los términos utilizados estaban bien para el contexto.	10
H3	En todas las funciones estaba la opción cancelar.	10
H4	Dado que el conjunto de opciones es reducido esta situación no podría presentarse.	10
H5	Las funcionalidades probadas daban la oportunidad de verificar la información ingresada.	10
H6	Dado que la implementación fue pequeña el desarrollo no exigía carga de memoria por parte del usuario.	10
H7	No recuerdo haber visto que una funcionalidad tuviera un botón para por ejemplo "opciones avanzadas"	5
H8	La información presentada en los diálogos es la justa.	10
H9	En mi interacción con el sistema no se produjeron errores, por tanto, no podría evaluar este punto.	5
H10	Se requiere algo de ayuda ya que el desarrollo es muy diferente a los desarrollos existentes y que también permiten la gestión de proyectos.	5

Tabla 37. Resumen de la inspección de usabilidad.

Heurística	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3	Evaluador 4	Promedio
H1	9	9	6	10	8.5
H2	10	9	10	10	9.75
H3	10	9	9	10	9.5
H4	9	9	9	10	9.25

Heurística	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3	Evaluador 4	Promedio
H5	10	9	10	10	9.75
H6	10	9	6	10	8.75
H7	10	9	6	5	7.5
H8	9	10	10	10	9.75
H9	10	9	10	5	8.5
H10	10	8	7	5	7.5
Promedio	9.7	9	8.3	8.5	8.875

5.2.3 Cuestionario de percepción

Se presentó el formulario con las preguntas de percepción mostrado anteriormente para su diligenciamiento, no se limitó el tiempo para dar las repuestas, desde la tabla 32 hasta la tabla 35 se presentan las respuestas obtenidas junto con el análisis de polaridad realizados.

Tabla 38. Respuestas preguntas de percepción experto1. Fuente: Propia.

EXPERTO 1				
Profesión	Maestría en administración de negocios (MBA)			
Años de experiencia en gestión de proyectos	Mas de cinco años			
Método de validación	Reunión virtual			
Método de recolección de respuestas.	Formulario Google			
PREGUNTA	RESPUESTA	Polaridad		
		Positivo	Negativo	Neutral
P1: ¿Considera que el prototipo es adecuado y útil para la gestión de proyectos de TI aplicando las buenas prácticas del PMBOK?	Si, aunque en las ontologías mostradas para las prácticas del PMP tengo algunas dudas, en el prototipo no se evidencian.	0,009	0,912	0,08
P2: ¿El prototipo software es confiable y útil al momento de realizar consultas, procesar datos y mostrar resultados en la gestión de proyectos de TI?	Si.	0,19	0,099	0,71
P3: ¿Utilizaría el prototipo software en la gestión de sus proyectos de TI?	Si, muy interesante para la trazabilidad. Para un proyecto siguiente sería bueno vincularlo con métricas.	0,908	0,013	0,079

Tabla 39. Respuestas preguntas de percepción experto2. Fuente: Propia.

EXPERTO 2				
Profesión	PhD en ingeniería telemática			
Años de experiencia en gestión de proyectos	Mas de cinco años			
Método de validación	Reunión virtual			
Método de recolección de respuestas.	Formulario Google			
PREGUNTA	RESPUESTA	Polaridad		
		Positivo	Negativo	Neutral
P1: ¿Considera que el prototipo es adecuado y útil para la gestión de proyectos de TI aplicando las buenas prácticas del PMBOK?	Si, completamente.	0,265	0,202	0,533

EXPERTO 2				
Profesión		PhD en ingeniería telemática		
Años de experiencia en gestión de proyectos		Mas de cinco años		
Método de validación		Reunión virtual		
Método de recolección de respuestas.		Formulario Google		
PREGUNTA	RESPUESTA	Polaridad		
		Positivo	Negativo	Neutral
P2: ¿El prototipo software es confiable y útil al momento de realizar consultas, procesar datos y mostrar resultados en la gestión de proyectos de TI?	Si.	0,19	0,099	0,71
P3: ¿Utilizaría el prototipo software en la gestión de sus proyectos de TI?	Si.	0,19	0,099	0,71

Tabla 40. Respuestas preguntas de percepción experto3. Fuente: Propia.

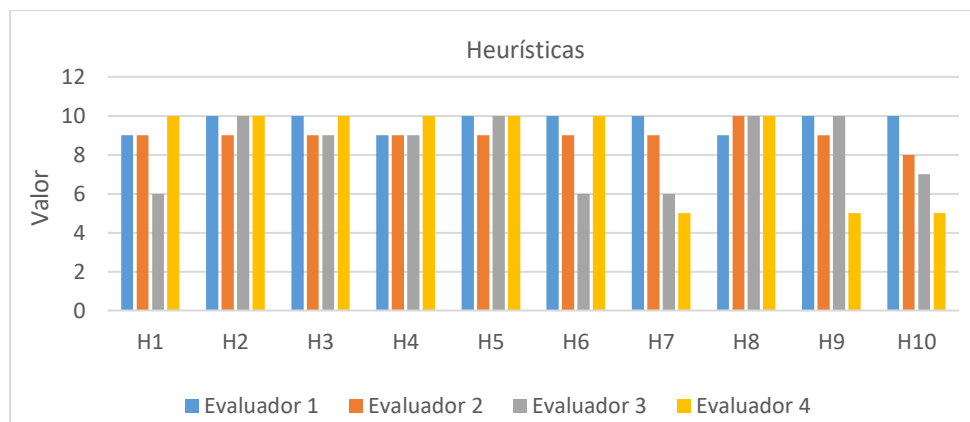
EXPERTO 3				
Profesión		Maestría en Computación		
Años de experiencia en gestión de proyectos		Entre tres y cinco años		
Método de validación		Reunión virtual		
Método de recolección de respuestas.		Formulario Google		
PREGUNTA	RESPUESTA	Polaridad		
		Positivo	Negativo	Neutral
P1: ¿Considera que el prototipo es adecuado y útil para la gestión de proyectos de TI aplicando las buenas prácticas del PMBOK?	Si, ya que es muy útil como herramienta para ingresar los entregables que va a tener el proyecto. Además, que permite crear, editar o eliminar si es necesario o no. Además, de incorporar automáticamente o no los entregables si se quiere y seleccionar los importantes.	0,768	0,07	0,162
P2: ¿El prototipo software es confiable y útil al momento de realizar consultas, procesar datos y mostrar resultados en la gestión de proyectos de TI?	Si es muy confiable porque da mayor uso y ahorre de tiempo para el gestor de proyecto.	0,698	0,057	0,245
P3: ¿Utilizaría el prototipo software en la gestión de sus proyectos de TI?	Claro que sí.	0,235	0,082	0,683

Tabla 41. Respuestas preguntas de percepción experto4. Fuente: Propia.

EXPERTO 4				
Profesión		Maestría en Computación		
Años de experiencia en gestión de proyectos		Entre dos y tres años		
Método de validación		Reunión virtual		
Método de recolección de respuestas.		Formulario Google		
PREGUNTA	RESPUESTA	Polaridad		
		Positivo	Negativo	Neutral
P1: ¿Considera que el prototipo es adecuado y útil para la gestión de proyectos de TI aplicando las buenas prácticas del PMBOK?	En el estado actual no, pero si se logra implementar todas las funciones requeridas para realizar la gestión un proyecto si, ya que considero que la ontología planteada contiene todos los conceptos necesarios para este dominio.	0,099	0,566	0,335
P2: ¿El prototipo software es confiable y útil al momento de realizar consultas, procesar datos y mostrar resultados en la gestión de proyectos de TI?	En el estado actual no ya que sus funcionalidades son muy limitadas, pero reconozco el potencial que tiene el proyecto y sé que si el desarrollo continua podría llegar a utilizarlo.	0,228	0,347	0,425
P3: ¿Utilizaría el prototipo software en la gestión de sus proyectos de TI?	Aun no, porque está en una etapa muy temprana de su desarrollo.	0,132	0,461	0,408

5.2.4 Análisis de respuestas

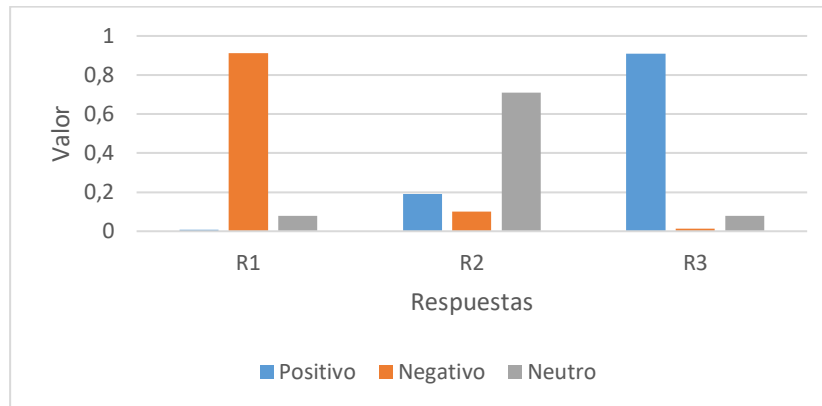
La Figura 35 presenta el resultado general de la prueba de inspección de usabilidad basada en los principios de Nielsen aportado por los evaluadores.

Figura 35. Resumen de respuestas de la inspección de usabilidad. Fuente: Propia

En la Figura 35 se puede apreciar que las heurísticas H2, H3, H4, H5 Y H8 tuvieron una calificación promedio mayor a 9 puntos, las heurísticas H1, H6 y H9 tuvieron una calificación entre 8,5 puntos y 9 puntos y finalmente las heurísticas H7 y H10 tuvieron el promedio más bajo equivalente a 7,5 puntos.

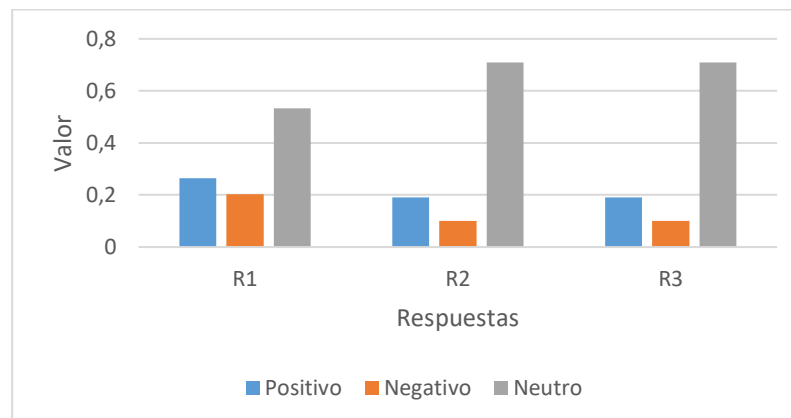
Desde la Figura 36 hasta la Figura 39 se presenta el análisis de sentimiento de las preguntas de percepción de los cuatro evaluadores.

Figura 36. Análisis de sentimientos Experto 1. Fuente: Propia

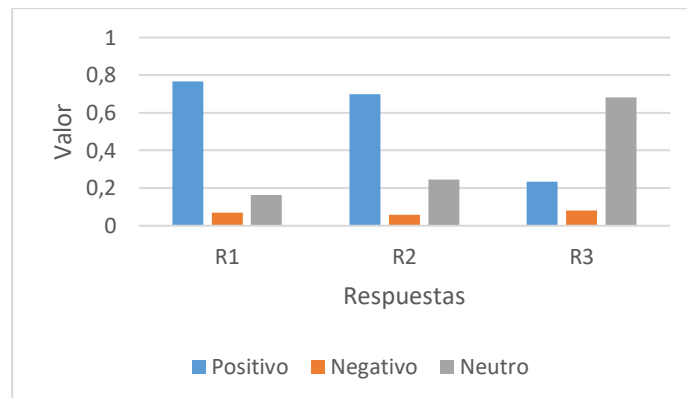


La respuesta de la pregunta 1, por tanto, del experto, fue poco clara y el uso de palabras negativas “dudas”, “aunque”, “no” hizo que la polaridad tendiera a lo negativo. La respuesta de la pregunta 2, fue neutral dado que no se le dio mayor soporte y por tanto, a pesar de ser totalmente positiva la librería la tomó como neutral. Finalmente, la respuesta 3, estuvo acompañada de palabras como “muy interesante”, “bueno”, que apoyaron el “si” de la respuesta, por tanto, se aprecia una polaridad mayormente positiva.

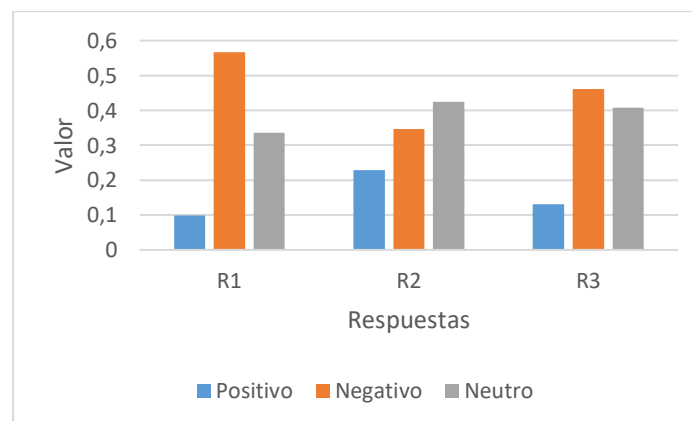
Figura 37. Análisis de sentimientos Experto 2. Fuente: Propia



La respuesta de la pregunta 1 fue “Si, completamente, haciendo que se aumentara la positividad de la respuesta, mientras que las repuestas “si” de las preguntas 2 y 3 fueron neutrales porque no se le dio mayor soporte en el contexto y por tanto, a pesar de ser totalmente positiva la librería la tomó como neutral.

Figura 38. Análisis de sentimientos Experto 3. Fuente: Propia

La respuesta de la pregunta 1, presentó polaridad positiva dado que tuvo un mayor soporte en el contexto que la acompañaba mediante el uso de palabras como “muy útil”, “permite”, “incorpora”, “si se quiere”. La respuesta de la pregunta 2, tuvo polaridad positiva por lo expresado en la pregunta 1, y la pregunta 3, tuvo polaridad neutral a pesar de ser muy positiva pero no contó con apoyo de otras palabras en el contexto.

Figura 39. Análisis de sentimientos Experto 4. Fuente: Propia

La respuesta de la pregunta 1, tuvo polaridad negativa, la cual estuvo en armonía con lo expresado por el experto. La respuesta de la pregunta 2, fue neutral igualmente acorde a lo expresado con el experto. Finalmente, la respuesta 3, fue un poco mayor en polaridad negativa (46.1%) seguida por la polaridad neutral (40.8%) en donde se puede apreciar que el inicio de la respuesta “aun no” fue negativo pero el complemento manifestaba justificación neutra lo cual fue tenido en cuenta por la librería.

Sobre la evaluación realizada al prototipo se puede concluir:

La evaluación del atributo satisfacción del prototipo construido obtuvo una calificación promedio 8.87/10.0, lo cual es bastante satisfactorio teniendo en cuenta

que es un prototipo, valor que fue respaldado por las apreciaciones de los expertos en la evaluación de cada heurística.

A nivel de la percepción sobre idoneidad, uso y utilidad del prototipo para la gestión de proyectos de TI, las respuestas fueron claramente buenas por parte de los evaluadores, así:

- **En la primera pregunta:** ¿Considera que el prototipo es adecuado y útil para la gestión de proyectos de TI aplicando las buenas prácticas del PMBOK?, tres expertos respondieron positivamente al uso de la herramienta y solo uno manifestó que dado el estado del prototipo por el momento no la usaría.
- **En la segunda pregunta:** ¿El prototipo software es confiable y útil al momento de realizar consultas, procesar datos y mostrar resultados en la gestión de proyectos de TI?, tres evaluadores respondieron que sí, mencionando que la herramienta puede ahorrar tiempos en la gestión y el cuarto evaluador nuevamente manifestó que no la usaría por ahora por ser un prototipo, pero reconoció el potencial de la herramienta.
- **En la tercera pregunta:** ¿Utilizaría el prototipo software en la gestión de sus proyectos de TI?, tres evaluadores encontraron interesante y definitivamente lo usaría, y nuevamente el cuarto evaluador consideró que no por el estado del prototipo.

Por tanto, se puede decir que el prototipo construido cuenta con características idóneas para su aplicación en la gestión de proyectos de TI y que puede continuar hacia su maduración como herramienta más robusta.

En el análisis de percepción realizado con la librería parallel dots, se puede apreciar que la librería se queda corta al momento de realizar análisis del contexto dado que por palabras como “cancelar”, “no”, “aunque”, desestima totalmente la respuesta brindada por el experto mostrando resultados de negatividad contrario a lo que el texto manifiesta, igualmente sucede cuando la redacción de la respuesta no es muy clara en lo que se desea expresar el experto. Como experiencia queda que para futuros usos de esta librería se debe explicar esta situación claramente a los usuarios para evitar estos inconvenientes o buscar una herramienta que tenga un mejor análisis del contexto en el que se encuentran las palabras, situación que por cuestiones de tiempo no fue posible realizar en este trabajo.

Capítulo 6

Conclusiones y trabajo futuro

En este capítulo se presentan los comentarios finales relacionados con el desarrollo de este trabajo. En la sección 6.1, se describen las conclusiones, en la sección 6.2, lecciones aprendidas y en la sección 6.3, trabajo futuro.

6.1 Conclusiones

Este estudio propuso una ontología que logra reunir los conceptos y relaciones más relevantes sobre la tecnología Blockchain aplicada a un escenario de gestión de proyectos de TI basados en PMI. Para conseguir este objetivo se construyeron dos ontologías que modelan cada dominio por separado. OntoBC es la ontología que modela los conceptos y relaciones más destacados de Blockchain, y OntoGPI es la ontología, que reúne algunos de los conceptos y relaciones más importantes de la gestión de proyectos de TI según el PMI (Project Management Institute, 2017). De esta manera, OntoBLOGP surge como la unión de OntoBC y OntoGPI mediante 4 conceptos clave de ambas ontologías que sirvieron como puntos de conexión entre ambos dominios. La ontología final obtenida de la unificación de las ontologías primigenias se implementó en Protégé y se evaluó mediante la elaboración de tres preguntas enfocadas a la estructura y cinco preguntas orientadas a los datos, obteniendo resultados confiables e idóneos.

Aunque se evidenció la existencia de ontologías útiles para la construcción de nuevas ontologías, en la mayoría de los casos no pudieron ser aprovechadas correctamente para la reutilización de conceptos, puesto que se presentaron inconvenientes entre los que figuran: modelos de ontologías puramente teóricos, ontologías no publicadas ni disponibles en la web, y errores de los autores al momento de nombrar los elementos de sus ontologías. Estos problemas han dificultado la reutilización de conceptos y sus definiciones en nuevas ontologías y consecuentemente, su aporte para la mejora continua de la web semántica es muy limitado.

Se construyó un prototipo software el cual prueba el modelo ontológico OntoBLOGP, esto se logró mediante la implementación de seis de los conceptos más importantes que permiten guardar información relevante sobre los distintos proyectos, interesados, entregables, supuestos, incidentes y riesgos que son de interés para el gestor del proyecto.

Se realizó un mapeo sistemático de la literatura para identificar trabajos relacionados en gerencia de proyectos siguiendo las buenas prácticas del PMI, Blockchain y sus

principales usos, y ontologías disponibles en esas áreas que pudieran aportar al desarrollo de este proyecto, el cual contó con la selección de 61 estudios primarios encontrando que: Se determinó un crecimiento en el número de estudios en esta temática, variando del 19.37% en 2017 al 40.32% en 2020; los estudios primarios seleccionados corresponden a artículos publicados en su mayoría en conferencias, journals, workshops y capítulos de libro; los estudios seleccionados se clasificaron por tipo de aplicación y adaptación de la tecnología Blockchain en las siguientes cinco áreas: 1) Salud, 2) Gestión de documentos, 3) Privacidad y seguridad, 4) Educación y 5) Gobernanza; la plataforma más utilizada es Hyperledger Fabric para construir redes privadas y Ethereum para redes públicas; finalmente, se resalta que el 29.3% de los artículos seleccionados ha recibido más de 10 citas.

Para evaluar la utilidad del prototipo se realizó una evaluación con 4 expertos. La primera evaluación realizada fue la inspección de usabilidad mediante la aplicación de las 10 heurísticas de Nielsen para así determinar cuáles son los puntos fuertes del prototipo y cuáles son los que hay que mejorar. La segunda evaluación fue la aplicación de un cuestionario de percepción mediante la cual los expertos expresaron sus opiniones, a estas respuestas se aplicó análisis de sentimientos para determinar la polaridad de cada experto. Se obtuvieron resultados positivos de la evaluación realizada por los expertos al prototipo. No obstante, se resalta que el uso de la librería paralleldots tuvo limitaciones al momento de realizar el análisis de sentimientos, expresados en el capítulo 5.

La tecnología Blockchain provee innumerables potencialidades y ventajas en la gestión documental con múltiples aplicaciones en sectores de salud, educación, gobernanza, privacidad y seguridad y el tema de interés de este trabajo de grado, gestión de documentos y de datos, siendo aplicable a la gestión de documentos de los proyectos de TI dada la cantidad de documentos que se generan los cuales se requiere que sean actualizados constantemente, con información confiable y de calidad, hacer trazabilidad y que sean de fácil acceso a los interesados adecuados, por tanto, al estudiar las potencialidades de la Blockchain, la gestión de proyectos de TI basados en las buenas prácticas del PMBOK propuestas por el Project Management Institute, se logró integrar mediante una ontología los conceptos relevantes de cada temática consolidando en un prototipo ontológico de gestión de proyectos.

Para utilizar el framework Apache Jena se debe tener en cuenta la versión de java (versión 1.8.0_271) y además la documentación de este framework lleva varios años sin actualizarse.

En la configuración de la red blockchain, la implementación del chaincode y el desarrollo del proyecto cliente en el lenguaje java hay muy poca documentación, por lo cual fue necesario realizar dos cursos para entender a fondo el funcionamiento de una red Blockchain en este lenguaje.

6.2 Lecciones aprendidas

Cuando la tecnología es nueva hay poca documentación lo cual dificulta el desarrollo de las actividades propuestas retrasando el cronograma.

La implementación de la ontología presento varios retrasos por tratarse de algo nuevo para nosotros.

La configuración de la red Blockchain demoro más tiempo de lo programado, debido a que los casos de uso más comunes están realizados en el lenguaje JavaScript.

La herramienta utilizada para el análisis de sentimientos no arrojó resultados que reflejaran el verdadero sentimiento del evaluador, por ejemplo, a las respuestas “Claro que sí”, “Si” y “Si, completamente” el resultado debería ser porcentaje positivo pero la herramienta considera que estas respuestas tienen porcentaje neutral.

6.3 Trabajo futuro

El trabajo futuro se centrará en los siguientes aspectos clave:

Como trabajo futuro, se plantea actualizar y seguir extendiendo las ontologías OntoGPI y OntoBC, esto se puede hacer considerando la retroalimentación recibida de la utilización de OntoBLOGP en distintos proyectos de TI, además como estudio de caso se considera la aplicación de OntoBLOGP en el ámbito académico y empresarial para demostrar su efectividad como herramienta de apoyo en la gestión de proyectos mediante tecnología Blockchain. Adicionalmente, realizar la revisión de conceptos nuevos que puedan surgir en nuevas versiones del PMBOK.

Incluir nuevas funcionalidades al prototipo software construido como: inicio de sesión y perfiles de acceso, generar el modelo de acceso, mostrar el estado de los entregables.

Bibliografía

- [1] K. Schwalbe, *Information technology project management*, 8th ed. Cengage Learning, 2016.
- [2] P. M. Institute, "PULSE OF THE PROFESSION ® | 2018 - 'Success in Disruptive Times | Expanding the Value Delivery Landscape to Address the High Cost of Low Performance,'" *Pmi*, p. 35, 2018.
- [3] I. Gartner, "Gartner Says Global IT Spending to Reach \$3.9 Trillion in 2020," 2020. .
- [4] Standish Group International, "CHAOS Report 2015," p. 13, 2015.
- [5] Standish Group International, "CHAOS Summary 1995 ... 2008," 2009. .
- [6] K. Schwalbe, *Information technology project management*, Ninth Edit. Australia ; United States: Cengage, 2019.
- [7] P. M. Institute, *A guide to the project management body of knowledge : (PMBOK guide)*. 2017.
- [8] AXELOS, *Managing successful projects with PRINCE2*. London (London): TSO, 2017.
- [9] K. Fernández-Parra, A. Garrido-Saroz, Y. Ramírez-Martínez, and I. Perdomo-Bello, "PMBOK y PRINCE 2 similitudes y diferencias," *Rev. Científica*, vol. 1, no. 23, pp. 111–123, 2016, doi: 10.14483/udistrital.jour.rc.2015.23.a9.
- [10] S. Matos and E. Lopes, "Prince2 or PMBOK – A Question of Choice," *Procedia Technol.*, vol. 9, pp. 787–794, 2013, doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.087.
- [11] certificacionpm, "Número de certificados PMI en Abril 2018," 2018. .
- [12] J. T. Marchewka, *Information technology project management : providing measurable organizational value*, 4th editio. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, 2012.
- [13] K. Beck and C. Andres, *Extreme Programming Explained: Embrace Change*, 2nd ed. 2004.
- [14] K. Schwaber and J. Sutherland, "La Guía de Scrum. La Guía Definitiva de Scrum: Las Reglas del Juego.," p. 22, 2017.
- [15] J. A. Highsmith, *Adaptive Software Development: A Collaborative Approach to Managing Complex Systems*. USA: Dorset House Publishing Co., Inc., 2000.
- [16] C. Ebert, G. Gallardo, J. Hernantes, and N. Serrano, "DevOps," *IEEE Softw.*, vol. 33, no. 3, pp. 94–100, 2016, doi: 10.1109/MS.2016.68.
- [17] M. Nofer, P. Gomber, O. Hinz, and D. Schiereck, "Blockchain," *Bus. Inf. Syst. Eng.*, vol. 59, no. 3, pp. 183–187, Aug. 2017, doi: 10.1007/s12599-017-0467-3.

- [18] M. Risius and K. Spohrer, "A blockchain research framework: what we (Don't) know, where we go from here, and how we will get there," *Bus. Inf. Syst. Eng.*, vol. 59, no. 6, pp. 385–409, Jan. 2017, doi: 10.1007/s12599-017-0506-0.
- [19] S. Ølnes, J. Ubacht, and M. Janssen, "Blockchain in government: Benefits and implications of distributed ledger technology for information sharing," *Gov. Inf. Q.*, vol. 34, no. 3, pp. 355–364, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.giq.2017.09.007.
- [20] L. Hughes, Y. K. Dwivedi, S. K. Misra, N. P. Rana, V. Raghavan, and V. Akella, "Blockchain research, practice and policy: Applications, benefits, limitations, emerging research themes and research agenda," *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 49, pp. 114–129, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2019.02.005.
- [21] A. Azaria, A. Ekblaw, T. Vieira, and A. Lippman, "MedRec: Using blockchain for medical data access and permission management," in *Proceedings - 2016 2nd International Conference on Open and Big Data, OBD 2016*, Jun. 2016, pp. 25–30, doi: 10.1109/OBD.2016.11.
- [22] Q. I. Xia, E. B. Sifah, K. O. Asamoah, J. Gao, X. Du, and M. GUIZANI, "MeDShare: Trust-less medical data sharing among cloud service providers via blockchain," *IEEE Access*, 2017.
- [23] K. Fan, S. Wang, Y. Ren, H. Li, and Y. Yang, "MedBlock: Efficient and Secure Medical Data Sharing Via Blockchain," *J. Med. Syst.*, vol. 42, no. 8, pp. 1–11, 2018, doi: 10.1007/s10916-018-0993-7.
- [24] F. Tian, "A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & Internet of things," *Conf. Serv. Syst. Serv. Manag.*, 2017.
- [25] C. Sturm, J. Scalanczi, S. Schönig, and S. Jablonski, "A Blockchain-based and resource-aware process execution engine," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 100, pp. 19–34, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.05.006>.
- [26] K. S. Pratt, "Design Patterns for Research Methods: Iterative Field Research," *AAAI Spring Symp. Exp. Des. Real*, no. 1994, pp. 1–7, 2009.
- [27] K. Petersen, R. Feldt, S. Mujtaba, and M. Mattsson, "Systematic Mapping Studies in Software Engineering," *Proc. 12th Int. Conf. Eval. Assess. Softw. Eng.*, no. February 2015, pp. 68–77, 2008.
- [28] C. Tautz and C. Gresse von Wangenheim, *REFSENO: A representation formalism for software engineering ontologies*. 1998.
- [29] I. Campillo Torres, R. Rosquete Martinez, M. Palomino Palomino, D. Legañoa Ferrá, A. Cano Inclán, and I. Cabrera Morales, "Estructura organizativa del Sistema de Gestión Integral de Documentos de archivo (SiGeID 1.0)," *Palabra clave*, vol. 1, no. 2, 2012.
- [30] Y. Guo and C. Liang, "Blockchain application and outlook in the banking industry," *Financ. Innov.*, vol. 2, no. 1, p. 24, 2016, doi: 10.1186/s40854-016-0034-9.
- [31] S. Nakamoto, *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. 2008.

- [32] ISO, "ISO 22739:2020 Blockchain and distributed ledger technologies — Vocabulary," 2020.
- [33] E. Ganne, *can blockchain relation international treated?* World Trade Organization 2018, 2018.
- [34] M. Pilkington, "11 Blockchain technology: principles and applications," *Res. Handb. Digit. Transform.*, 2016.
- [35] F. Tian, "A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & Internet of things," *2017 Int. Conf. Serv. Syst. Serv. Manag.*, 2017.
- [36] K. Fan, S. Wang, Y. Ren, H. Li, and Y. Yang, "MedBlock: Efficient and Secure Medical Data Sharing Via Blockchain," *J. Med. Syst.*, vol. 42, no. 8, 2018, doi: 10.1007/s10916-018-0993-7.
- [37] A. Al Omar, M. S. Rahman, A. Basu, and S. Kiyomoto, "MediBchain: A blockchain based privacy preserving platform for healthcare data," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 10658 LNCS, pp. 534–543, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-72395-2_49.
- [38] E. Martiri and G. Muça, "DMS-XT: A blockchain-based document management system for secure and intelligent archival," in *CEUR Workshop Proceedings*, 2018, vol. 2280, pp. 70–74, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85059833088&partnerID=40&md5=c1b1951afc00a2443696a0d7bb20289b>.
- [39] H. Magrahi, N. Omrane, O. Senot, and R. Jaziri, "NFB: A Protocol for Notarizing Files over the Blockchain," in *2018 9th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS)*, 2018, pp. 1–4, doi: 10.1109/NTMS.2018.8328740.
- [40] J. Solarte-Rivera, A. Vidal-Zemanate, C. Cobos, J. A. Chamorro-Lopez, and T. Velasco, "Document management system based on a private blockchain for the support of the judicial embargoes process in colombia," in *Advanced Information Systems Engineering Workshops*, vol. 316, R. Matulevičius and R. Dijkman, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 126–137.
- [41] A. Zaky and I. G. B. B. Nugraha, "Increase Activity Time Efficiency in Official Documents Management using Blockchain-based Distributed Data Storage," in *2019 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI)*, 2019, pp. 81–86, doi: 10.1109/ICEEI47359.2019.8988882.
- [42] Y. Hou, Y. Liu, M. Luo, and W. Xu, "An Architecture for Smart University Data Collection and Management Based on Blockchain Network," in *2020 Chinese Automation Congress (CAC)*, 2020, pp. 4317–4322, doi: 10.1109/CAC51589.2020.9326577.
- [43] E. Febriyanto, Triyono, N. Rahayu, K. Pangaribuan, and P. A. Sunarya, "Using Blockchain Data Security Management for E-Voting Systems," in *2020 8th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, 2020,

- pp. 1–4, doi: 10.1109/CITSM50537.2020.9268847.
- [44] “Perform Systematic Literature Reviews. Parsifal,” 2019. .
- [45] B. Gipp, C. Breitingner, N. Meuschke, and J. Beel, “CryptSubmit: Introducing Securely Timestamped Manuscript Submission and Peer Review Feedback Using the Blockchain,” in *2017 ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries (JCDL)*, 2017, pp. 1–4, doi: 10.1109/JCDL.2017.7991588.
- [46] N. Bore, S. Karumba, J. Mutahi, S. S. Darnell, C. Wayua, and K. Weldemariam, “Towards Blockchain-enabled school information hub,” in *ACM International Conference Proceeding Series*, 2017, vol. Part F1320, doi: 10.1145/3136560.3136584.
- [47] A. Dubovitskaya, Z. Xu, S. Ryu, M. Schumacher, and F. Wang, “How blockchain could empower ehealth: An application for radiation oncology: (Extended abstract),” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 10494 LNCS, pp. 3–6, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-67186-4_1.
- [48] Z. Xiao *et al.*, “EMRShare: A Cross-Organizational Medical Data Sharing and Management Framework Using Permissioned Blockchain,” in *2018 IEEE 24th International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS)*, 2018, pp. 998–1003, doi: 10.1109/PADSW.2018.8645049.
- [49] A. Ramachandran and M. Kantarcioglu, “SmartProvenance: A Distributed, Blockchain Based DataProvenance System,” in *Proceedings of the Eighth ACM Conference on Data and Application Security and Privacy*, 2018, pp. 35–42, doi: 10.1145/3176258.3176333.
- [50] S. Amofa *et al.*, “A blockchain-based architecture framework for secure sharing of personal health data,” 2018, doi: 10.1109/HealthCom.2018.8531160.
- [51] S. Cui, M. R. Asghar, and G. Russello, “Towards Blockchain-Based Scalable and Trustworthy File Sharing,” in *2018 27th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN)*, 2018, pp. 1–2, doi: 10.1109/ICCCN.2018.8487379.
- [52] S. Rouhani, L. Butterworth, A. D. Simmons, D. G. Humphery, and R. Deters, “MediChainTM: A Secure Decentralized Medical Data Asset Management System,” in *Proceedings - IEEE 2018 International Congress on Cybermatics: 2018 IEEE Conferences on Internet of Things, Green Computing and Communications, Cyber, Physical and Social Computing, Smart Data, Blockchain, Computer and Information Technology, iThings/Gree*, 2018, pp. 1533–1538, doi: 10.1109/Cybermatics_2018.2018.00258.
- [53] G. Magyar, “Blockchain: Solving the privacy and research availability tradeoff for EHR data: A new disruptive technology in health data management,” in *IEEE 30th Jubilee Neumann Colloquium, NC 2017*, 2018, vol. 2018-Janua, pp. 135–140, doi: 10.1109/NC.2017.8263269.
- [54] C. Esposito, A. De Santis, G. Tortora, H. Chang, and K. R. Choo, “Blockchain:

- A Panacea for Healthcare Cloud-Based Data Security and Privacy?," *IEEE Cloud Comput.*, vol. 5, no. 1, pp. 31–37, 2018, doi: 10.1109/MCC.2018.011791712.
- [55] N. Daveze, R. Dubaele, J. Hokayem, M. Nussbaum, and F. C. Sanches, "Block-Chain-Based Personal Data Hosting," in *2018 IEEE 9th International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)*, 2018, pp. 21–25, doi: 10.1109/ICSESS.2018.8663925.
- [56] H. Paik, X. Xu, H. M. N. D. Bandara, S. U. Lee, and S. K. Lo, "Analysis of Data Management in Blockchain-Based Systems: From Architecture to Governance," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 186091–186107, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2961404.
- [57] A. Shahnaz, U. Qamar, and D. Khalid, "Using Blockchain for Electronic Health Records," *IEEE Access*, vol. PP, p. 1, Oct. 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2946373.
- [58] S. Wu and J. Du, "Electronic Medical Record Security Sharing Model Based on Blockchain," in *Proceedings of the 3rd International Conference on Cryptography, Security and Privacy*, 2019, pp. 13–17, doi: 10.1145/3309074.3309079.
- [59] S. Sivagnanam, V. Nandigam, and K. Lin, "Introducing the Open Science Chain: Protecting Integrity and Provenance of Research Data," 2019, doi: 10.1145/3332186.3332203.
- [60] S. Ghaffaripour and A. Miri, "Application of Blockchain to Patient-Centric Access Control in Medical Data Management Systems," in *2019 IEEE 10th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*, 2019, pp. 190–196, doi: 10.1109/IEMCON.2019.8936186.
- [61] N. B. Truong, K. Sun, and Y. Guo, "Blockchain-based Personal Data Management: From Fiction to Solution," in *2019 IEEE 18th International Symposium on Network Computing and Applications (NCA)*, 2019, pp. 1–8, doi: 10.1109/NCA.2019.8935049.
- [62] T. Zhou, X. Li, and H. Zhao, "Med-PPPHIS: Blockchain-Based Personal Healthcare Information System for National Physique Monitoring and Scientific Exercise Guiding.," *J. Med. Syst.*, vol. 43, no. 9, p. 305, Aug. 2019, doi: 10.1007/s10916-019-1430-2.
- [63] M. S. Rahman, I. Khalil, P. C. Mahawaga Arachchige, A. Bouras, and X. Yi, "A Novel Architecture for Tamper Proof Electronic Health Record Management System Using Blockchain Wrapper," in *Proceedings of the 2019 ACM International Symposium on Blockchain and Secure Critical Infrastructure*, 2019, pp. 97–105, doi: 10.1145/3327960.3332392.
- [64] A. Al Omar, M. Z. A. Bhuiyan, A. Basu, S. Kiyomoto, and M. S. Rahman, "Privacy-friendly platform for healthcare data in cloud based on blockchain

- environment,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 95, pp. 511–521, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.12.044>.
- [65] L. Zhu, Y. Wu, K. Gai, and K.-K. R. Choo, “Controllable and trustworthy blockchain-based cloud data management,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 91, pp. 527–535, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.09.019>.
- [66] H. Tian, J. He, and Y. Ding, “Medical Data Management on Blockchain with Privacy,” *J. Med. Syst.*, vol. 43, no. 2, 2019, doi: 10.1007/s10916-018-1144-x.
- [67] L. Wen, L. Zhang, and J. Li, “Application of Blockchain Technology in Data Management: Advantages and Solutions,” 2019, pp. 239–254.
- [68] X. Cao, H. Xu, Y. Ma, B. Xu, and J. Qi, “Research on a Blockchain-Based Medical Data Management Model,” 2019, pp. 35–44.
- [69] K. Chung and H. Jung, “Knowledge-based block chain networks for health log data management mobile service,” *Pers. Ubiquitous Comput.*, 2019, doi: 10.1007/s00779-019-01326-w.
- [70] N. Matissi and L. J. Li, “Secured Cloud Storage Scheme Based On Blockchain,” in *2019 IEEE 2nd International Conference on Electronic Information and Communication Technology (ICEICT)*, 2019, pp. 137–142, doi: 10.1109/ICEICT.2019.8846406.
- [71] L. Faramondi, G. Oliva, R. Setola, and L. Vollero, “IIoT in the Hospital Scenario: Hospital 4.0, Blockchain and Robust Data Management,” 2019, pp. 271–285.
- [72] X. Li, X. Huang, C. Li, R. Yu, and L. Shu, “EdgeCare: Leveraging Edge Computing for Collaborative Data Management in Mobile Healthcare Systems,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 22011–22025, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2898265.
- [73] M. Shah, C. Li, S. Ming, Y. Zhang, and C. Xing, “CrowdMed: A Blockchain-Based Approach to Consent Management for Health Data Sharing,” 2019, pp. 345–356.
- [74] F. Pani *et al.*, *Blockchain Certification and Granular Editing Permissions in Document Management System*. 2019.
- [75] E. Zaghoul, T. Li, and J. Ren, “Security and Privacy of Electronic Health Records: Decentralized and Hierarchical Data Sharing using Smart Contracts,” in *2019 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC)*, 2019, pp. 375–379, doi: 10.1109/ICCNC.2019.8685552.
- [76] B. Liu, M. Liu, X. Jiang, F. Zhao, and R. Wang, “A Blockchain-Based Scheme for Secure Sharing of X-Ray Medical Images,” 2020, pp. 29–42.
- [77] T. Rahoof and V. Deepthi, “HealthChain: A Secure Scalable Health Care Data Management System Using Blockchain,” 2020, pp. 380–391.
- [78] Y. Fan *et al.*, “A Blockchain-Based Data-Sharing Architecture,” in *Blockchain and Trustworthy Systems. BlockSys 2019*, 2020, p. pp 636-647, doi:

<https://doi.org/10.1007/978->.

- [79] X. Chen, Y. Liu, and J. Ge, "A Data Management Method Based on Blockchain Technology," in *2020 3rd International Conference on Smart BlockChain (SmartBlock)*, 2020, pp. 203–208, doi: 10.1109/SmartBlock52591.2020.00044.
- [80] A. M. Alniamy and H. Liu, "Blockchain-Based Secure Collaboration Platform for Sharing and Accessing Scientific Research Data," in *2020 3rd International Conference on Hot Information-Centric Networking (HotICN)*, 2020, pp. 34–40, doi: 10.1109/HotICN50779.2020.9350856.
- [81] A. Rghioui, "Managing Patient Medical Record using Blockchain in Developing Countries: Challenges and Security Issues," in *2020 IEEE International conference of Moroccan Geomatics (Morgeo)*, 2020, pp. 1–6, doi: 10.1109/Morgeo49228.2020.9121901.
- [82] N. A. Asad, M. T. Elahi, A. A. Hasan, and M. A. Yousuf, "Permission-Based Blockchain with Proof of Authority for Secured Healthcare Data Sharing," in *2020 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technology (ICAICT)*, 2020, pp. 35–40, doi: 10.1109/ICAICT51780.2020.9333488.
- [83] S. S. Yau and J. S. Patel, "A Blockchain-based Testing Approach for Collaborative Software Development," in *2020 IEEE International Conference on Blockchain (Blockchain)*, 2020, pp. 98–105, doi: 10.1109/Blockchain50366.2020.00020.
- [84] S. Jain, A. Anand, A. Gupta, K. Awasthi, S. Gujrati, and J. Channegowda, "Blockchain and Machine Learning in Health Care and Management," in *2020 International Conference on Mainstreaming Block Chain Implementation (ICOMBI)*, 2020, pp. 1–5, doi: 10.23919/ICOMBI48604.2020.9203483.
- [85] M. T. Quasim, F. Algarni, A. A. E. Radwan, and G. M. M. Alshmrani, "A Blockchain based Secured Healthcare Framework," in *2020 International Conference on Computational Performance Evaluation (ComPE)*, 2020, pp. 386–391, doi: 10.1109/ComPE49325.2020.9200024.
- [86] R. Akkaoui, X. Hei, and W. Cheng, "EdgeMediChain: A Hybrid Edge Blockchain-Based Framework for Health Data Exchange," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 113467–113486, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3003575.
- [87] M. Zghaibeh, U. Farooq, N. U. Hasan, and I. Baig, "SHealth: A Blockchain-Based Health System With Smart Contracts Capabilities," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 70030–70043, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2986789.
- [88] J. Moon and D. Kim, "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF DISTRIBUTED LEDGER BASED HEALTH DATA MANAGEMENT SYSTEM," *Int. J. Innov. Comput. Inf. Control*, vol. 16, no. 3, pp. 1117–1124, Jun. 2020, doi: 10.24507/ijcic.16.03.1117.
- [89] Z. Fang, Z. Wei, X. Wang, and W. Xie, "A Blockchain Consensus Mechanism for Marine Data Management System," 2020, pp. 18–30.

- [90] D. Joannou, R. Kalawsky, M. Martinez-Garcia, C. Fowler, and K. Fowler, "Realizing the Role of Permissioned Blockchains in a Systems Engineering Lifecycle," *SYSTEMS*, vol. 8, no. 4, 2020, doi: 10.3390/systems8040041.
- [91] H. S. Jennath, V. S. Anoop, and S. Asharaf, "Blockchain for healthcare: securing patient data and enabling trusted artificial intelligence," *Int. J. Interact. Multimed. Artif. Intell.*, vol. 6, no. 3, p. 15, May 2020, doi: 10.9781/ijimai.2020.07.002.
- [92] Q. Yang, Q. Liu, and H. Lv, "A Decentralized System for Medical Data Management via Blockchain," *J. INTERNET Technol.*, vol. 21, no. 5, pp. 1335–1345, 2020, doi: 10.3966/160792642020092105010.
- [93] H. Wang, S. Ma, H.-N. Dai, M. Imran, and T. Wang, "Blockchain-based data privacy management with Nudge theory in open banking," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 110, pp. 812–823, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.09.010>.
- [94] T. Guimarães, H. Silva, H. Peixoto, and M. Santos, "Modular Blockchain Implementation in Intensive Medicine," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 170, pp. 1059–1064, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.073>.
- [95] T. Guimarães, A. Moreira, H. Peixoto, and M. Santos, "ICU Data Management - A Permissioned Blockchain Approach," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 177, pp. 546–551, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.10.076>.
- [96] Z. Wang, N. Luo, and P. Zhou, "GuardHealth: Blockchain empowered secure data management and Graph Convolutional Network enabled anomaly detection in smart healthcare," *J. Parallel Distrib. Comput.*, vol. 142, pp. 1–12, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2020.03.004>.
- [97] M. Usman and U. Qamar, "Secure Electronic Medical Records Storage and Sharing Using Blockchain Technology," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 174, pp. 321–327, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.093>.
- [98] J. Solarte-Rivera, A. Vidal-Zemanate, C. Cobos, J. A. Chamorro-Lopez, and T. Velasco, "Document management system based on a private blockchain for the support of the judicial embargoes process in Colombia," *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 316. University of Cauca, Popayán, Cauca, Colombia, pp. 126–137, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-92898-2_10.
- [99] K. Olson, M. Bowman, J. Mitchell, S. Amundson, D. Middleton, and C. Montgomery, "Sawtooth: An Introduction." p. 7, 2018, [Online]. Available: <https://bit.ly/3flaulg>.
- [100] T. R. Gruber, "A translation approach to portable ontology specifications," *Knowl. Acquis.*, vol. 5, no. 2, pp. 199–220, Aug. 1993, doi: 10.1006/knac.1993.1008.
- [101] J. Euzenat and P. Shvaiko, *Ontology matching*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013.

- [102] M. Fernández, A. Gómez-Pérez, and N. Jurista, "METHONTOLOGY: From ontologica art towards ontological engineering workshop on Ontological Engineering," Aug. 1997.
- [103] D. Jones, T. Bench-Capon, and P. Visser, "Methodologies for Ontology Development," *Proc. IT&KNOWS Conf. 15th IFIP World Comput. Congr.*
- [104] H. Kim and M. Laskowski, *Towards an Ontology-Driven Blockchain Design for Supply Chain Provenance*. 2016.
- [105] P. Tasca, T. Thanabalasingham, and C. J. Tessone, "Ontology of Blockchain Technologies. Principles of Identification and Classification," *SSRN Electron. J.*, May 2017, doi: 10.2139/ssrn.2977811.
- [106] J. Kruijff and H. Weigand, *Understanding the Blockchain Using Enterprise Ontology*. 2017.
- [107] U.-R. Hector and C.-L. Boris, "Blondie: blockchain ontology with dynamic extensibility," *CoRR*, vol. abs/2008.0, 2020.
- [108] N. F. Noy, "Semantic integration: a survey of ontology-based approaches," *ACM SIGMOD Rec.*, vol. 33, no. 4, pp. 65–70, Aug. 2004, doi: 10.1145/1041410.1041421.
- [109] "The web ledger protocol 1. 0." Aug. 2021.
- [110] "Ethon - an ethereum ontology." Aug. 2021.
- [111] J. Kruijff and H. Weigand, "Understanding the Blockchain Using Enterprise Ontology," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 10253 LNCS, pp. V–VI, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-59536-8.
- [112] H. Rodríguez Castiñeira, "Una ontología para el ámbito de la dirección de proyectos," Aug. 2016.
- [113] S. Abels, F. Ahlemann, A. Hahn, K. Hausmann, and J. Strickmann, "PROMONT – A Project Management Ontology as a Reference for Virtual Project Organizations," 2006, pp. 813–823, doi: 10.1007/11915034_105.
- [114] T. Sheeba, R. Krishnan, and M. Justin Bernard, "An ontology in project management knowledge domain," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 56, no. 5, pp. 1–7, May 2012, doi: 10.5120/8884-2881.
- [115] IEEE and ISO/IEC, "ISO/IEC/IEEE International Standard - Systems and software engineering: Vocabulary," IEEE, Aug. 2017. doi: 10.1109/IEEESTD.2017.8016712.
- [116] INSTITUTE PROJECT MANAGEMENT, "Guia PMBOK®: um guia para o conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos." PMI Pennsylvania, 2017.
- [117] Z. Zheng, S. Xie, H. Dai, X. Chen, and H. Wang, "An overview of blockchain technology: architecture, consensus, and future trends," in *2017 IEEE*

- International Congress on Big Data (BigData Congress)*, Aug. 2017, pp. 557–564, doi: 10.1109/BigDataCongress.2017.85.
- [118] R. Agrawal, J. Kiernan, R. Srikant, and Y. Xu, *Order-Preserving Encryption for Numeric Data*. 2004.
- [119] K. Wust and A. Gervais, “Do you need a blockchain?,” in *2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT)*, Aug. 2018, pp. 45–54, doi: 10.1109/CVCBT.2018.00011.
- [120] I. Zikratov, A. Kuzmin, V. Akimenko, V. Niculichev, and L. Yalansky, “Ensuring data integrity using blockchain technology,” in *2017 20th Conference of Open Innovations Association (FRUCT)*, Aug. 2017, pp. 534–539, doi: 10.23919/FRUCT.2017.8071359.
- [121] H. Subramanian, “Decentralized blockchain-based electronic marketplaces,” *Commun. ACM*, vol. 61, no. 1, pp. 78–84, Aug. 2017, doi: 10.1145/3158333.
- [122] F. Glaser, “Pervasive decentralisation of digital infrastructures: a framework for blockchain enabled system and use case analysis,” Aug. 2017, doi: 10.24251/HICSS.2017.186.
- [123] W. Ortega, C. Calvache, and F. Pino, *OntoAgile: an ontology for agile software development processes*, vol. 86. 2019.
- [124] D. Garijo, “How to (Properly) publish a vocabulary or ontology in the web,” pp. 0-Bytes, Aug. 2013, doi: 10.6084/M9.FIGSHARE.881824.V1.
- [125] J. Hebel, M. Fisher, R. Blace, and A. Perez-Lopez, *Semantic web programming*. Indianapolis, Ind: Wiley, 2009.
- [126] K. Schwaber and J. Sutherland, “La guía scrum 2020(Scrum Guide 2020),” *Scrum.org*. [Online]. Available: <https://www.scrum.org/resources/blog/la-guia-scrum-2020-scrum-guide-2020>.
- [127] R. L. Oliver, “Cognitive, Affective, and Attribute Bases of the Satisfaction Response,” *J. Consum. Res.*, vol. 20, no. 3, pp. 418–430, Dec. 1993, doi: 10.1086/209358.
- [128] J. Nielsen, “How to conduct a heuristic evaluation,” *Nielsen Norman Gr.*, vol. 1, pp. 1–8, 1995.
- [129] R. Feldman, “Techniques and applications for sentiment analysis,” *Commun. ACM*, vol. 56, no. 4, pp. 82–89, Nov. 2013, doi: 10.1145/2436256.2436274.
- [130] G. Chanchí, W. Campo, and L. Sierra, “Estudio del atributo satisfacción en pruebas de usabilidad, mediante técnicas de análisis de sentimientos,” *Rev. Ibérica Sist. e Tecnol. Informação*, no. E23, pp. 340–352, 2019.
- [131] J. Nielsen, “Ten usability heuristics.” <http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>(accessed ..., 2005.

Lista de Anexos digitales

- Encuesta de selección de procesos del PMI.
- Resultados de la encuesta.
- Archivo de la Ontología.
- Proyecto del prototipo web.
- Proyecto de la red Blockchain
- Manual de instalación y de usuario del RESTful web service.
- Manual de instalación de la red blockchain.