

Diseño de una propuesta para brindar seguridad y trazabilidad a la información de la ejecución de proyectos en empresas mineras mediante la tecnología Blockchain

Rafael Antonio Pardo Domínguez

Universidad Pontificia Bolivariana
Escuela de Economía, Administración y Negocios
Maestría en Administración
Montería, Córdoba
2023

Diseño de una propuesta para brindar seguridad y trazabilidad a la información de la ejecución de proyectos en empresas mineras a través de la tecnología Blockchain

Rafael Antonio Pardo Domínguez

Trabajo de grado para optar al título de
Magister en Administración

Asesores

Deivi David Fuentes Doria.
C.P, Ph.D Post en Gestión de la Ciencia y la Tecnología

Nadia Albis Salas
PhD. en Economía y Gestión de la Innovación

Universidad Pontificia Bolivariana
Escuela de Economía, Administración y Negocios
Maestría en Administración
Montería, Córdoba
2023

Rafael Antonio Pardo Domínguez

“Declaro que este trabajo de grado no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en ésta o en cualquiera otra universidad”. Art. 92, párrafo, Régimen Estudiantil de Formación Avanzada.

Firma del autor (es)

Rafael Pardo

RESUMEN

Actualmente estamos atravesando por una etapa de cambios tecnológicos basados en herramientas de cómputo especializado, como lo es la inteligencia artificial, el análisis de datos y el Blockchain. El entorno industrial no es ajeno a esto, utilizándolo para generar confiabilidad, optimizar las cadenas productivas y generar confianza a los inversionistas. El presente trabajo de grado de maestría plantea desarrollar una propuesta de herramienta para el seguimiento y control de proyectos en empresas mineras, basada en la tecnología de Blockchain que permita garantizar la seguridad y trazabilidad de la información durante el ciclo de vida de los proyectos. El diseño de la propuesta se basó en cuatro etapas: la identificación de necesidades, la selección de la mejor herramienta para satisfacer los requerimientos de la demanda; el diseño de la arquitectura y, por último, se validó el modelo diseñado con los posibles usuarios. Los resultados mostraron que las principales características que debe tener la herramienta propuesta, es la verificación y validación de cambios y permitir la trazabilidad de la información y el control de acuerdos entre partes interesadas. Se identificó además que la mejor tecnología disponible de Blockchain es Hyperledger Fabric por su factibilidad técnico-económica, sobre la cual se elaboró la propuesta. El modelo diseñado fue considerado pertinente por los usuarios de la empresa minera consultada.

Palabras clave: Blockchain, minería, trazabilidad, Cadena de bloques, Gestión ágil de proyectos.

ABSTRACT

We are currently going through a period of technological changes based on specialized computing tools such as Artificial Intelligence, Data Analysis, and Blockchain. The industrial environment is not immune to this trend, and it is being used to increase reliability, optimize supply chains, and generate investor confidence. This master's degree thesis aims to develop a proposal for a project monitoring and control tool for mining companies based on Blockchain technology, which ensures the security and traceability of information throughout the project's life cycle. The proposal's design is based on four stages: identifying needs, selecting the best tool to meet demand requirements, designing the architecture, and validating the model with potential users. The results showed that the proposed tool should have verification and validation capabilities for changes, as well as allowing for traceability of information and control of agreements between stakeholders. Additionally, it was identified that the best available Blockchain technology is Hyperledger Fabric due to its technical-economic feasibility, on which the proposal was developed. The mining company's users consulted deemed the model designed relevant.

Keywords: Blockchain, mining, traceability, Block chain, Agile Project Management.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	9
2.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
3.	OBJETIVOS	14
3.1	Objetivo general	14
3.2	Objetivos específicos.....	14
4.	MARCO TEÓRICO	15
4.3	Tecnología Blockchain	15
4.4	Características de la tecnología Blockchain	16
4.4.1	Funcionamiento	19
4.4.2	¿Cuándo usar la tecnología de Blockchain?.....	20
4.4.3	La implementación	23
4.4.4	Evolución de la tecnología Blockchain.....	25
5.	DISEÑO METODOLÓGICO	26
6.	FORMULACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	32
6.1	Identificación de necesidades	32
6.1.1	Análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de las alternativas (Matriz DOFA)	37
7.	RESULTADOS	38
7.2	Selección de la tecnología	38
7.1.1	Selección de la red de Blockchain	40
7.1.2	Características de la red de Blockchain seleccionada.....	44
7.2	Propuesta de la arquitectura	50
7.2.1	Estructura de gestión de proyecto.....	51
7.2.2	Requerimientos y especificaciones	52
7.2.3	Especificaciones y requisitos	53
7.2.4	Arquitectura	56
7.2.5	Grupo focal para validación de arquitectura	67
8.	CONCLUSIONES.....	74
9.	REFERENCIAS.....	77
8.	ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Características Blockchain (Singhet al, 2019)</i>	16
<i>Ilustración 2 Función Hash</i>	17
<i>Ilustración 3 Cadena de bloques (Gómez, 2018)</i>	17
<i>Ilustración 4 Estructura de red (Parrondo, 2018)</i>	18
<i>Ilustración 5 Paso implementación red de bloques. (Cardona & Orozco, 2019; Riveros et al., 2016).</i>	24
<i>Ilustración 6 Ejemplo de implantación red de bloques en un sistema educativo (Gómez, 2018)</i>	24
<i>Ilustración 7 Evolución de la tecnología de Blockchain (Garcia, 2019)</i>	25
<i>Ilustración 8. Etapas metodológicas</i>	27
<i>Ilustración 9. ¿Qué herramienta conoce para el seguimiento y control de proyectos? (Fuente: elaboración propia)</i>	33
<i>Ilustración 10. ¿Qué herramienta conoce para el seguimiento y control de proyectos? (Fuente: elaboración propia)</i>	33
<i>Ilustración 11 De las anteriormente mencionadas, ¿son estas herramientas confiables ante modificaciones que garantizan la aprobación entre las partes interesadas? (Fuente: elaboración propia)</i>	33
<i>Ilustración 12. ¿Considera usted que se debe contar con una herramienta que garantice la trazabilidad de la información durante la ejecución del proyecto? (Fuente: elaboración propia).....</i>	33
<i>Ilustración 13 ¿Qué herramienta conoce que garantice confiabilidad y transparencia en el control de versiones de la documentación?, por ejemplo, la del cronograma o alcance (Fuente: elaboración propia)</i>	34
<i>Ilustración 14 . Para realizar un control de cambios, esta debe ser validada por las partes interesadas, ¿de qué manera usted realiza este procedimiento para garantizar transparencia? (Fuente: elaboración propia)</i>	34
<i>Ilustración 15 ¿Cuál cree usted que el principal reto en la planificación, ejecución y el seguimiento y control de proyectos? (Fuente: elaboración propia)</i>	35
<i>Ilustración 16 ¿Cuál es el principal reto en la coordinación de actividades entra diferentes departamentos, tales como mantenimiento, compras, desarrollo humano, entre otros? (Fuente: elaboración propia)</i>	35
<i>Ilustración 17 Algunas herramientas y tecnologías para hacer seguimiento a los proyectos empresariales</i>	36
<i>Ilustración 18 Blockchain para el seguimiento y control de proyectos</i>	39

<i>Ilustración 19 Resultado de la evaluación general de las redes.....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 20 Definición iconos de tipos de nodo.....</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 21 Proceso de aprobación de transacciones y creación de históricos por bloques.....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 22 Flujo de mecanismo de transacciones entre partes interesadas. Fuente: elaboración propia.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 23 Diagrama de bloques del flujo de ejecución de proyectos e información</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 24 Diagrama resumido de arquitectura Hyperladger.....</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 25 Características Ledger o bloque de datos.....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 26 diagrama de bloques control de cambio.....</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 27 Diagrama de bloques de nodo con los contratos inteligentes y los ledgers.</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 28 Arquitectura Propuesta</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 29 Nube de Conceptos del grupo focal</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 30 Análisis semántico de palabras</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 31 Construcción concepto general del grupo focal</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 32 Nube de palabras del grupo focal.....</i>	<i>73</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Proceso de valoración redes Blockchain (Polge et al., 2021).....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 2: Evaluación general de las herramientas usadas</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 3 Resumen DOFA.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 4 Resumen características de cada Red</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 5 Descripción de procesos con las respectivas salidas y entradas.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 6 Principales conceptos comunes identificados</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 7 Principales conceptos comunes identificados</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 8 Pregunta 1 Grupo Focal.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 9 Pregunta 2 Grupo Focal.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 10 Pregunta 3 Grupo Focal.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 11 Pregunta 4 Grupo Focal.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 12 Pregunta 5 Grupo Focal.....</i>	<i>89</i>

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1. Guía de la entrevista</i>	<i>83</i>
<i>Anexo 2. Flujograma proyecto</i>	<i>84</i>
<i>Anexo 3. Tablas de resultados grupos focales</i>	<i>87</i>

1. INTRODUCCIÓN

En las empresas, la necesidad de confianza y transparencia de acuerdos entre partes, es uno de los retos en la cotidianidad de nuestro relacionamiento, y para ello se requieren herramientas que validen continuamente los procesos de negociación que proporcionen seguridad de las partes (Rubén et al., 2018). En los proyectos empresariales, es importante también asegurar la trazabilidad de la información, a fin de evitar manipulaciones y alteraciones en el tiempo, dado que sin los controles adecuados de acceso es posible modificar un proceso sin ningún tipo de consenso o autorización entre las partes involucradas en un proyecto (Preukschat, 2018)

Todo esto plantea la necesidad de contar no solo con mecanismos que generen seguridad, sino también implementar herramientas que no requieran de un intermediario central que apruebe y regule para que sea más ágil y sencillo (Swan, 2015). Este tipo de mecanismos en las empresas, son fundamentales para generar confianza en las relaciones con proveedores, y en general contar con una trazabilidad de la cadena de suministros, validación y aseguramiento (Diaz, 2019). Además de la confiabilidad e inmutabilidad, se busca impactar en la imagen positiva de la organización y el relacionamiento con los grupos de interés. Normalmente este tipo de conceptos son subjetivos y quedan bajo el criterio de las personas (*top of mind*), por tanto, es necesario contar con una alternativa que sistematice o cuantifique de alguna manera el relacionamiento con el entorno y el resultado (Acevedo, 2017).

En los proyectos, el seguimiento de las actividades y el cumplimiento a las mismas es una tarea central que debe estar presente a lo largo de su ejecución. (Jaramillo et al., 2016) Desde el inicio cuando se define el alcance e interactúan las partes interesadas, se definen las estrategias de seguimiento y validación de los recursos y los compromisos asignados para conocer y contar con retroalimentación de las actividades. (Zamorra, 2019)

En el caso de la industria minera, donde habitualmente se están realizando proyectos de expansión y sostenibilidad, es necesario hacer seguimiento y control continuo, con el objeto de anticiparse en caso de presentarse obstáculos que retrasen la entrega de los resultados esperados. En los proyectos mineros, normalmente las partes interesadas que interactúan son variadas: por un lado, están quienes representan a los procesos internos (p.ej. el departamento de compras, mantenimiento, logística, etc.) y, por otro lado, los agentes externos (p.ej. auditores, entidades de control ambiental, proveedores, entre otros). Entre ellos debe existir una adecuada coordinación para que la ejecución sea efectiva y eficaz a lo largo del proyecto (Terrazas, 2009). Una de las formas de lograrlo es contar con herramientas que permitan el seguimiento y la coordinación, como lo es la tecnología de Blockchain, -la cual se puede definir como una herramienta segura y descentralizada, que permite transacciones entre usuarios, el seguimiento y el desarrollo de los proyectos, asegurando la información y el flujo de datos importantes (Tapscott et al., 2017).

Si no existiera una coordinación entre el departamento de compras y logística, las entregas de materiales y/o servicios no se realizarían de manera sincrónica y existirían retrasos, los cuales, al ir sumándose en el tiempo, pueden representar un desfase importante en la entrega final de productos del proyecto.(E. Rodríguez & Palacios, 2010) Por ello, la gestión documental es crucial a lo largo del proyecto, dado que permite plasmar los acuerdos de todas las partes. De ahí la importancia de que cada interesado tenga una copia fidedigna de la información que se va generando y en caso de realizar control de cambios en el cronograma, todas las partes estén enteradas y completamente de acuerdo (Granillo, 2011). Cuando ocurran cambios durante la ejecución, y si una de las partes no estuvo ni enterada ni de acuerdo, lo que puede ocurrir es una pérdida de confianza entre partes interesadas en el proyecto, y, por ende, se pueden afectar las relaciones para realizar proyectos futuros. Por eso es necesario contar con un mecanismo de validación de todas las partes para poder proceder con los cambios y asegurar la trazabilidad de la información. (Merchán, 2012)

Otro caso que se presenta, es cuando las partes interesadas están distantes entre sí, y la forma de comunicación es el correo electrónico, plataformas o reuniones de trabajo, puede llegarse a materializar confusiones o errores en las versiones de documentos que se elaboran conjuntamente. Para informarse, los usuarios encontrarán muchas dificultades en cuanto a la trazabilidad, pues deberán remitirse a un historial de correos o actas para poder estructurar el hilo o secuencia de cambios, y poder reconstruir la versión final.

El desempeño a lo largo de la ejecución de los proyectos es un aspecto importante en las compañías del sector minero, de esta manera se logra evidenciar el comportamiento a lo largo del tiempo, y así poder tomar decisiones estratégicas para llevar a cabo la gestión con mayor efectividad y confiabilidad (Ospina et al., 2021), buscando realizar ajustes y cambios de manera efectiva, asegurando el cumplimiento del cronograma y de esta manera cumplir con las expectativas de las partes interesadas. (Merchán, 2012)

Por lo expuesto, resulta evidente la necesidad de contar con una herramienta confiable que registre el comportamiento a lo largo del tiempo, de modo que los administradores de la organización cuenten con una herramienta segura para la consulta del desempeño de los proyectos (Large, 2012). Existen diferentes métodos de seguimiento, por ejemplo, las herramientas ofimáticas, que estructuran el alcance y los cronogramas en archivos compartidos, pero que son poco eficientes al requerir del control de versiones y de cambios por medio de reuniones o el envío de la información y el regreso de las respectivas validaciones (Terrazas, 2009). Sin embargo, en este tipo de herramienta la información puede ser alterada sin ningún tipo de control. Existe además en el medio, software dedicado al control, los cuales son paquetes informáticos orientados a la metodología del control de proyectos de acuerdo con la estructura seleccionada. A pesar de ser herramientas centralizadas, requieren de métodos de validación para el control de cambios y son menos eficientes y eficaces que otras tecnologías como las de Blockchain.

En función de lo planteado, el propósito del presente trabajo de grado de maestría es desarrollar una propuesta de una herramienta para el seguimiento y control de proyectos en empresas mineras, basada en la tecnología blockchain o cadena de bloques, que permita garantizar la seguridad y trazabilidad de la información. Para ello se combinan las propiedades de esta tecnología con la metodología de proyectos, con el fin de mejorar el control de la información, la confianza y transparencia en la gestión, así como llevar un histórico del desempeño de los proyectos al interior de una organización (Rubén et al., 2018). Todo esto busca mejorar el control del desarrollo de todas las actividades, y cada cambio o modificación es controlado de forma segura.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El éxito de los proyectos está asociado al modelo de planeación y seguimiento de las actividades, procesos, entregables, cronograma y responsabilidades de las partes interesadas; para así lograr el objetivo planteado. La estructura de los proyectos está definida en las siguientes fases: inicio, planificación, ejecución, seguimiento y cierre, con esto se busca dar orden y método durante la vida útil de cada proyecto, y así disponer de buenas prácticas que garanticen el cumplimiento esperado. En la metodología de proyectos claramente definida y descrita por el PMI (Project Management Institute), el seguimiento de las actividades y el cumplimiento a las mismas es una práctica presente a lo largo de la ejecución. Desde el inicio que se define el alcance y se inicia el relacionamiento de las partes interesadas, se estructuran las estrategias de seguimiento y control de cada entregable. Es importante disponer de la retroalimentación de las actividades de manera continua, y en específico de la industria minera, donde continuamente se están realizando proyectos de expansión y sostenibilidad, y en el que es necesario disponer de herramientas confiables de seguimiento y control eficaces, para anticiparse en caso

de que se presenten obstáculos que puedan afectar la entrega final. (Guevara et al., 2017)

Usualmente en estos proyectos las partes interesadas que interactúan son diversas, procesos internos (Departamento de compras, mantenimiento, logística, etc.) y externos (auditores, entidades de control ambiental, proveedores, etc.) que deben estar coordinados para la ejecución a lo largo del proyecto (A. Rodríguez, 2013).

Existen dificultades en el momento de realizar seguimiento y control en la gestión de proyectos, puede llegarse a proponer cambios en el alcance y no ser aprobado por todas las partes interesadas, ya sea por las distancias o por control y al final es materializado un desacuerdo o concretarse retrasos por la falta de coordinación de los entregables, finalmente el objetivo es buscar es estar alineados y coordinados a un mismo objetivo.

Otro aspecto importantes es la coordinación de modificaciones de alcances, cronogramas o entregables, la documentación puede ser alterada sin ningún tipo de control y generar dificultades o retraso en el momento de validar la trazabilidad de cambios o verificaciones, todo esto conlleva a la desconfianza y la falta de transparencia (Hewavitharana et al., 2019). Para el caso de la industria mineras extractivas adicional se suma el concepto reputacional, donde deben generar confianza y transparencia a las comunidades de la zona de explotación. (Ospina et al., 2021). El desarrollo de proyectos mineros no puede ser un proceso improvisado, dado que involucra el desarrollo de vías, infraestructura, adquisición de maquinaria pesada y toda una estructura robusta para el desarrollo de un proyecto, por ende debe ser estructurado por una gestión controlada, ágil y segura (L. Vargas, 2021).

Teniendo en cuenta lo anterior, la pregunta que guía la presente investigación es la siguiente: ¿Qué características y especificaciones técnicas debe tener una herramienta de blockchain que brinde elementos de confianza, inmutabilidad, validación y verificación en la gestión completa documental y de gestión de proyectos y que a su vez permitiría la coordinación descentralizada de los procesos?

3. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta de herramienta para el seguimiento y control de proyectos en empresas mineras, basada en la tecnología de Blockchain para garantizar la seguridad y trazabilidad de la información de proyectos.

2.2 Objetivos específicos

- Analizar las diferentes tecnologías o herramientas de Blockchain que existen en el medio para el seguimiento y el control de proyectos
- Seleccionar la tecnología más adecuada de acuerdo con el análisis realizado.
- Identificar los requerimientos y necesidades de los principales interesados de la arquitectura propuesta.
- Estructurar teóricamente la propuesta de arquitectura y las acciones para su implementación.
- Validar la solución propuesta con las partes interesadas.

4. MARCO TEÓRICO

2.3 Tecnología Blockchain

El Blockchain o cadena de bloques, en esencia es una base de datos segura y descentralizada, que permite respaldar transacciones entre usuarios. Fue Satoshi Nakamoto, en el 2008, quien acuñó el término al diseñar un mecanismo de pago en línea sin la intervención de una institución financiera (Nakamoto, 2008). Según este autor, el Blockchain sería la base de la denominada criptomoneda, conocida hoy como Bitcoin. Es decir, un sistema basado en elementos de la criptografía, que permite la realización de transacciones entre dos usuarios, sin la necesidad de un tercero.

Esta base de datos puede ser compartida entre usuarios en forma peer-to-peer (usuario a usuario) de forma organizada, estructurada e inmutable. En el caso de Bitcoin, la información añadida a la cadena de bloques es pública y puede ser consultada en cualquier momento por cualquier usuario. Así, para cada requerimiento de modificación de la información de la cadena, debe existir un acuerdo entre todos los usuarios de la red, y esta no podrá ser modificada sin la aprobación de los participantes (Dolader et al., 2017).

Esta red de datos de Blockchain, está soportada en una estructura que permite mayor seguridad para sus usuarios, y no depende de un solo servidor, como es el caso de las de base de datos convencionales. Esto permite mayor robustez de la información, hasta el punto de soportar transacciones de valor como las de comercio exterior (Torres, 2018).

El Blockchain además suministra seguridad, proporciona robustez frente a la manipulación debido a su estructura de nodo, así como transparencia, al ofrecer arreglos de validación. Los usos de esta tecnología son potencialmente diversos y por ello es considerada como una de las tecnologías con más potencial disruptivo de los últimos años (Alvarez, 2018).

Debido sus características, el Blockchain es apropiado para solucionar necesidades de seguridad e inmutabilidad de las cadenas de información. En el mundo de los negocios es la tendencia actual. Dada su alto componente de seguridad, resulta una herramienta ideal para garantizar los movimientos de valor. Por ejemplo en la cadena de suministros para garantizar la trazabilidad de materiales (Arun et al., 2019)

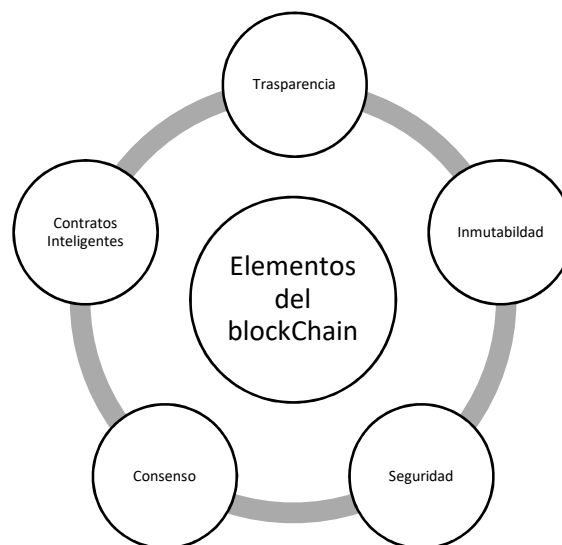


Ilustración 1 Características Blockchain (Singhet al, 2019)

2.4 Características de la tecnología Blockchain

Para entender de mejor forma la tecnología Blockchain, es conveniente primero hacer referencia la función Hash. Esta consiste en una estructura definida en un algoritmo matemático que transforma un bloque de datos en una serie de caracteres fijos. A cada entrada le corresponde una cadena de caracteres única, y a partir de esta transformación, resulta inevitable reconstruir la entrada (Drescher, 2017).

Para profundizar en el concepto, se puede observar en la ilustración 2 el resultado de aplicar la función Hash a la frase "hola mundo". Como resultado, se obtiene una serie de caracteres que aparentemente no guardan ninguna relación con la entrada original.

Además, es importante destacar que esta serie de caracteres siempre estará compuesta por un número fijo de componentes, independientemente del tamaño de la entrada original. Esto significa que el resultado de la función Hash siempre tendrá una longitud predeterminada y constante.

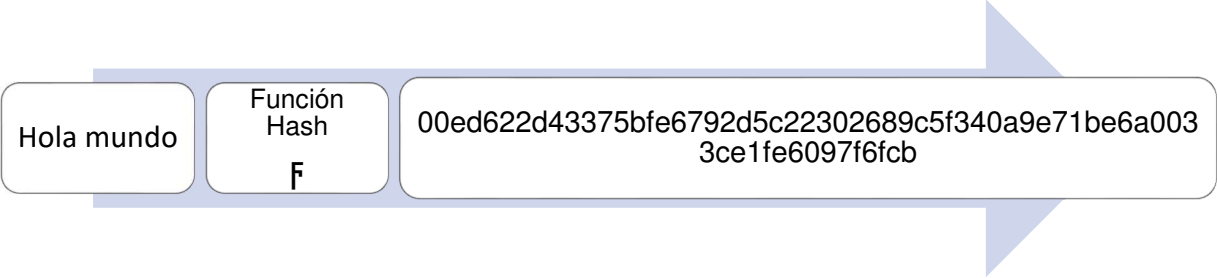


Ilustración 2 Función Hash

Fuente: Elaboración propia

Dentro de este marco, una cadena de bloques o Blockchain es una construcción consecutiva de varias transformaciones, o funciones Hash, donde la entrada de un nuevo bloque es el resultado del hash anterior y en consecuencia, se convierte en una estructura sólida relacionada de manera secuencial por cada cambio o modificación (Preukschat, 2018).

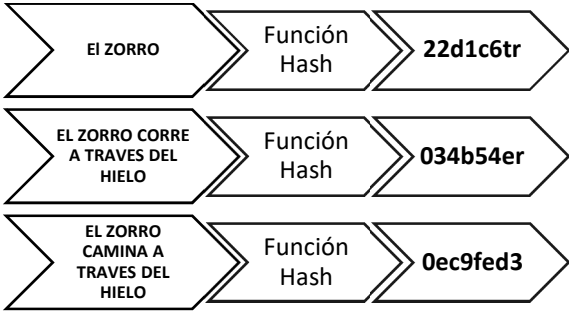


Ilustración 3 Cadena de bloques (Gómez, 2018)

En la ilustración 3 podemos observar el comportamiento de la secuencia del algoritmo de la función hash. Cada frase que se introduce genera un resultado completamente diferente al anterior, sin que exista correlación aparente o descifrado entre ellos, incluso si se introduce una pequeña variante en la entrada.

Este comportamiento demuestra la capacidad de la función hash para generar un identificador único para cada entrada, lo que asegura la integridad de la información y la trazabilidad de los cambios. Por ejemplo, al introducir un cambio en la palabra "corre" por "camina", el resultado de la función hash es completamente diferente, lo que permite validar la información y mantener un registro histórico de los cambios realizados.

De esta manera la información queda asegurada, y a su vez forma una estructura en una red distribuida de información, donde con ciertos mecanismos y algoritmos garantiza la transparencia de la información, la inmutabilidad y trazabilidad, evitando así su manipulación. Así mismo, cada modificación de un bloque debe ser consultada a todos los elementos de la red permitidos, -nodos-, al tiempo que se autentica a los usuarios con herramientas de validación (Rubén et al., 2018). Los nodos tienen una estructura en forma de red, tal como se muestra en la ilustración 4, que es todo lo contrario a una estructura centralizada y única, es decir, no es un diseño con un único nodo principal controlador, logrando así evitar posibles caídas del sistema o errores por depender de un solo elemento. El hecho que cada nodo contenga toda la información histórica hace que esta tecnología sea más confiable y segura (Quesada, 2019).

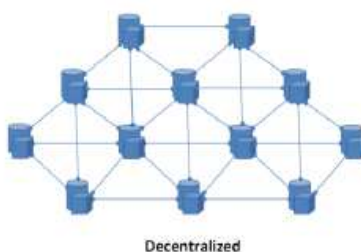


Ilustración 4 Estructura de red (Parrondo, 2018)

Por su seguridad y transparencia, esta es una tecnología que está siendo usada para respaldar información de entidades financieras, y se prevé que llegará a convertirse en un nuevo hito en el manejo de la información en sectores que requiera respaldo confiable de los flujos de información (Tapscott et al., 2017). Debido a que el

blockchain elimina puntos centrales que son susceptibles a fallos o amenazas, conlleva a que toda la información de internet migre a través del tiempo a esta plataforma; los sistemas educativos es un ejemplo del impacto de esta tecnología, por ejemplo, el IBM Blockchain permite que todos los datos, como lo son los certificados o diplomas, sean respaldados con esta alternativa disruptiva. (Roldán & Romagnano, 2019)

2.4.1 Funcionamiento

El propósito fundamental de la tecnología Blockchain es la seguridad de la información y el aumento del grado de dificultad para realizar modificaciones sobre los datos almacenados, por medio de la combinación de tres elementos claves: criptografía o algoritmo de autenticación de usuario; estructura de cadena de bloques y consenso entre nodos. Al conjugar estos elementos resulta la implementación del Blockchain, cuya principal ventaja es la descentralización de la información mientras que su principal desventaja es la necesidad de que exista una infraestructura tecnológica y de comunicación apropiada (Herrera, 2020). No es suficiente un solo equipo de cómputo, por el contrario, es necesario contar con varios equipos que integren la red de nodos. De esta manera el objetivo es garantizar la validación por parte de los integrantes de la red de nodos, ante la necesidad de realizar una transacción de cambio, modificación o alteración en la información contenida en el Blockchain. (Andrade, 2020)

Es por ello por lo que este tipo de redes tiene un comportamiento dinámico, y como herramienta de gestión de información asegura elementos de verificación y validación confiables y seguras, donde la información no puede ser alterada sin antes verificar o validar cualquier tipo de modificación y queda registro de cada modificación realizada (García, 2018).

Por otro lado, existen otras herramientas de gestión como Kanban para el control de actividades y Kaizen para el mejoramiento continuo, que pueden ser fortalecidas con la revolución de las herramientas digitales actuales, con el fin mejorar la gestión

y el control de variables dentro de una organización (Paredes, 2013). El Blockchain es una herramienta digital que complementa y fortalece las organizaciones desde el punto de vista de la gestión.

2.4.2 ¿Cuándo usar la tecnología de Blockchain?

Esta tecnología tiene grandes ventajas que la consolidan como una herramienta disruptiva que permite aplicarla en la cotidianidad de nuestras vidas, comparándose como lo fue en su momento el internet (Tudela, 2019) . Son diversas las aplicaciones que usan esta tecnología, que varían dependiendo del objetivo y sus efectos sobre el mejoramiento de la confianza, la transparencia en la toma de decisiones, la confidencialidad, la trazabilidad y garantías en acuerdos entre partes (Frizzo-Barker et al., 2020).

Actualmente las organizaciones están sometidas a muchos retos que les exige el entorno. Los usuarios o clientes cuentan con mayor acceso a información dado el despliegue de las tecnologías de la información y las redes sociales, las cuales les facilita tener mayor capacidad de conocimiento del entorno, las tendencias, preferencias y los productos, de modo que las preferencias de los consumidores en consecuencia tienen un comportamiento dinámico (Vallenilla, 2011). Los cambios en el comportamiento cultural, las tendencias al cuidado del medio ambiente, a la sostenibilidad y la inclusión social, influyen en el comportamiento del consumidor. Por ejemplo, sobre el interés en la procedencia de los productos, y el manejo integral y apropiado las cadenas de suministros, en aspectos como la garantía del origen, inocuidad de los alimentos, cadena de custodia o el tipo de mano de obra utilizada (Silva, 2012).

Los contratos o acuerdos de servicios también juegan un papel protagónico en el relacionamiento con los clientes (entre empresa -B2B- o la empresa con el cliente -B2C-) debido a la necesidad de ser seguros, confiables y sin alteraciones, tal es el caso de las garantías del producto o características, -llamadas también especificaciones- estos deben ser plasmadas en un tipo de documento que no esté

expuesto a alteraciones o modificaciones, y las partes interesadas estén completamente de acuerdo. Considerando esta necesidad, los contratos inteligentes en el marco del Blockchain pueden considerarse una alternativa apropiada que garantice lo acordado de manera confiable y segura (Suárez, 2015).

Los contratos inteligentes es la descripción detallada de esos acuerdos, y cuenta con la inmutabilidad y la transparencia exigida, los cuales no pueden ser alterados o modificados sin la estricta aprobación de los interesados. (Caballero, 2019)

La confianza en el buen desempeño de una empresa, sus políticas relacionadas con el medio ambiente, el relacionamiento con las comunidades, el valor compartido, son aspectos relevantes que impactan la imagen corporativa, y por ende las preferencias de los usuarios o clientes (Eslava et al., 2014). Tal como ocurre en las empresas mineras, resulta de vital importancia cuidar en detalle los aspectos de relacionamiento con el entorno y las comunidades, puesto que de esto depende la permanencia en las zonas de explotación del mineral (Ospina et al., 2021). En este sentido es necesario contar con algún tipo de mecanismo confiable que permita gestionar estos aspectos de confianza, y por consiguiente no quede en subjetividades o la impresión de algún sector que pueda replicar perspectivas negativas y de origen confuso (Merchán, 2012).

Para esto el Blockchain juega un papel importante, esta herramienta puede ser implementada con el propósito de tener históricos confiables del comportamiento y el relacionamiento con las entidades públicas del estado, el cumplimiento de las normas, el manejo de los recursos, el cumplimiento de requerimientos medioambientales, entre otros. Y así mostrar o evidenciar ante los interesados la tendencia o comportamiento en el tiempo, y ser más confiables y transparentes, por medio de los registros históricos inalterables y verificables (Parrondo, 2018).

Cabe mencionar las múltiples aplicaciones que tiene el Blockchain en el entorno empresarial, un ejemplo de ello lo tenemos en la construcción, donde es utilizado como plataforma de gestión integral de los proyectos, permitiendo la elaboración de

contratos inteligentes, donde es posible pactar acuerdos de servicios, de manera automática para el control y seguimiento. De esta manera, se resuelven las diferentes controversias que pueden llegarse a presentar con los acuerdos, y permite realizar un seguimiento a todos los entregables del proyecto: cronograma, cumplimiento al costos y lo esperado por las partes interesadas o stakeholders (Tekreeti, 2019). En Organizaciones no Gubernamentales (ONGs), se utiliza la redes Blockchain para el control de las donaciones de los diferentes proyectos, con el fin de garantizar el uso de los fondos destinados a los objetivos especificados, utilizando las propiedades de trazabilidad de la herramienta (Maldonado, 2018). En los proyectos de generación distribuida, esta tecnología es utilizada con el objetivo engranar de manera segura a propietarios, proveedores, instaladores, gestores y financiadores, a través de contratos inteligentes (R. B. Silva, 2019).

Para el sector minero, está el caso de una mina de hierro en Perú. Debido al crecimiento característico (expansión de minas, desarrollo de operaciones, exploración minera), se requiere contar con un modelo de evaluación y dirección de proyectos, que simplifiquen y faciliten el proceso de dirección y gestión de proyectos; pero este está enfocado en la gestión del riesgo y en la evaluación económica, la propuesta básicamente consiste en una herramientas de análisis de riesgo, de viabilidad económica y ciclo de vida (Vilcarani et al., 2021). Otro caso está en la industria minera chilena, cuya propuesta está orientada a un modelo de gestión y administración de proyectos, pero corresponde a una alternativa metodológica y estructural, para acotar o controlarlas brechas en la incertidumbre en cuanto al cumplimiento, se definen informes periódicos para el control, pero no se propone alguna estructura de trazabilidad o control de la información automatizada (Ramírez Hidalgo, 2013).

En general, el Blockchain es apropiado para hacer seguimiento y control de proyectos en diversos sectores; hacer control de documentos y monitorear los acuerdos entre las partes involucradas en un contrato definido (Dolader et al., 2017). Las herramientas con Blockchain tiene la gran ventaja de poseer mecanismos de

consenso entre partes, para la ejecución de cambios, es decir, la modificación de la información y su control no depende de un solo usuario. Por ejemplo, modificar el cronograma o el alcance de un proyecto, no depende de una sola fuente de almacenamiento de la información, pues esta se encuentra distribuida, facilitando de forma segura el control de cambios y la trazabilidad de la información (Tekreeti, 2019). En el caso específico de blockchain para la industria minera, existe una propuesta para validar con toda la transparencia y confiabilidad la información relacionada con el registro de recursos y reservas, es decir, el mineral disponible para su futura extracción que finalmente es el valor real de las compañías de extracción. Permitiendo controlar posibles alteraciones de la información o conflictos de interés por la custodia (Schwarz, 2018)

2.4.3 La implementación

Para implementar una red de Blockchain, se requiere de una plataforma que sustente el diseño de la arquitectura, de acuerdo a la necesidad, por ejemplo, Ethereum o Hyperledger Fabric; herramientas diseñadas para la implementación de aplicaciones con arquitecturas modulares para una amplia gama de usos en la industria (Gómez, 2018).

La implementación de la red por bloques se muestra en la ilustración 5. La primera etapa consiste en la identificación de la necesidad, la descripción del problema y la elaboración del alcance detallado. La segunda, corresponde la evaluación del tipo de tecnología de acuerdo con los requerimientos de los usuarios. La tercera, corresponde a la construcción de la red Blockchain, la selección del tipo de red, la plataforma, y las herramientas necesarias. La cuarta, es la asignación de usuarios, permisos, el tipo de relacionamiento y mecanismos transaccionales entre usuarios, es decir, el detalle del uso de la red (Cardona & Orozco, 2019; Riveros et al., 2016).

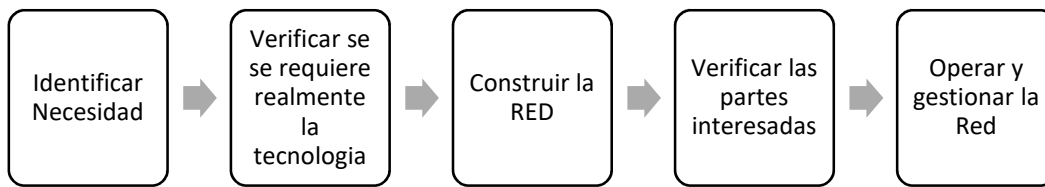


Ilustración 5 Paso implementación red de bloques. (Cardona & Orozco, 2019; Riveros et al., 2016).

La ilustración 6 muestra la implementación de una red de Blockchain para satisfacer una necesidad específica, en este caso, la validación de certificados estudiantiles en un instituto educativo. La figura presenta una vista completa de la arquitectura de la red, así como de los usuarios que interactúan en ella y sus roles. El diagrama también ilustra el flujo de operación de la red, el cual se inicia con la emisión del certificado por parte de la institución. Este proceso se realiza de forma segura y descentralizada, gracias a la tecnología Blockchain, que permite la verificación y validación confiable de la información sin la necesidad de un intermediario centralizado.

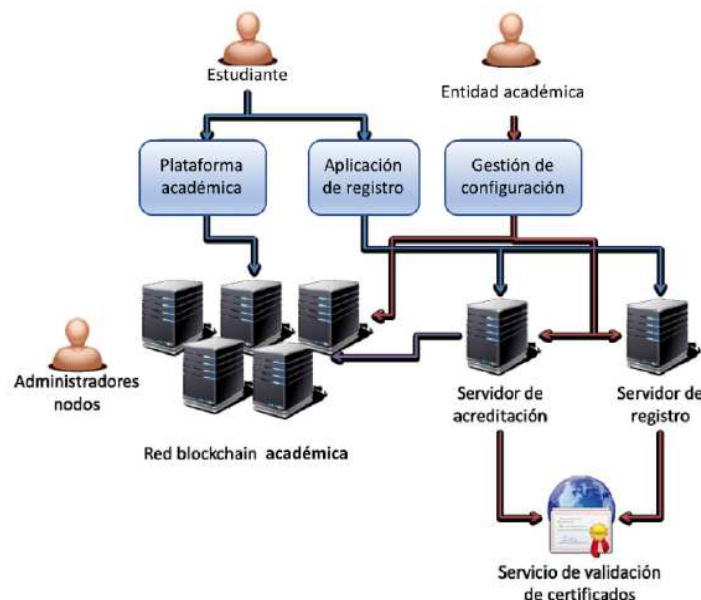


Ilustración 6 Ejemplo de implantación red de bloques en un sistema educativo (Gómez, 2018)

2.4.4 Evolución de la tecnología Blockchain

El desarrollo y adopción de tecnologías es un proceso gradual. Las tecnologías deben recorrer un camino paulatino en cuanto a posicionamiento y afianzamiento, entre los interesados o en el entorno.

En el caso del Blockchain, plantea algunos hitos específicos del desarrollo de la tecnología como podemos observar en la ilustración 7 (Garcia, 2019). Un hito clave de la emergencia del Blockchain ocurre en el 2008 con la publicación del documento “A Peer-to-Peer Electronic Cash System”, en el cual se hace alusión por primera vez del término Bitcoin y se describe el funcionamiento de la red de bloques para las criptomonedas (Nakamoto, 2017). En el 2013 la tecnología evoluciona a otros sectores o entornos orientados a la descentralización y de contratos inteligentes, donde la naturaleza de esta tecnología resultase útil, y surgen las redes Ethereum y Hyperledger.

En el 2017, se incorporan aplicaciones del entorno empresarial que utilizan el Blockchain, inicialmente en el ámbito financiero. Poco a poco esta tecnología es más conocida y en el 2019, llega a convertirse en una herramienta popular con muchos más campos de aplicación y casos de éxito, como en el caso de seguridad documental, contratos inteligentes e internet de las cosas (Calderón, 2020).

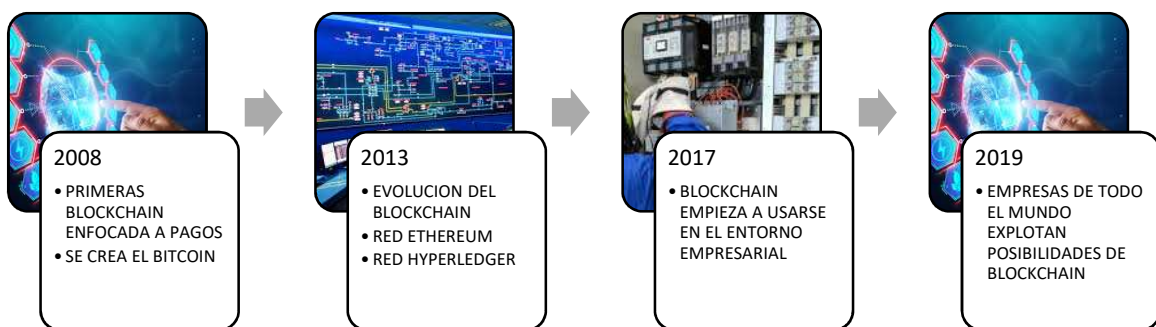


Ilustración 7 Evolución de la tecnología de Blockchain (Garcia, 2019)

5. DISEÑO METODOLÓGICO

Para diseñar una herramienta de Blockchain que permita mejorar la seguridad y trazabilidad de la información en la ejecución de proyectos en empresas mineras, se plantean cuatro etapas (Ver ilustración 8). La primera etapa consiste en la identificación de la necesidad por medio de entrevistas y consultas a los principales interesados en el seguimiento y el desarrollo de los proyectos de una empresa minera, que por *habeas data* se reserva su nombre, con la finalidad de identificar los verdaderos requerimientos en estas empresas. Este proceso pretende validar las necesidades a partir del juicio de expertos, de quienes su experiencia promueve conceptos de alto valor para la organización. Está definido por varias fases, la primera fase corresponde a la selección de participantes, estos deben tener experiencia en la gestión de proyectos y deben estar contextualizados en el entorno organizacional de minería. La segunda fase corresponde la elaboración de las preguntas, las cuales deben estar orientadas al tema de interés, solo de la dimensión planteada, deben ser abiertas para que ofrezca la oportunidad de plasmar las opiniones de los entrevistados, claras y concretas. Se busca identificar si realmente se requiere de una plataforma para la trazabilidad y la seguridad y evidenciar la situación actual (Mella, 2000). La tercera fase corresponde al método de captura de la información, debe ser ágil y de fácil acceso, dado que los participantes se encuentran en diferentes zonas geográficas. Por último se realiza una recopilación y análisis de la información entregada por los participantes, por medio de archivos de Word y Excel para facilitar la segmentación, categorización y análisis (Mendoza et al., 2013)

La recolección de información se realizó por medio de encuestas en Google Form que cumple con los requerimientos en la facilidad de acceso y uso, y cuya información queda almacenada y en dos formatos de Word y Excel (Quincho et al., 2022). Las encuestas quedaron dirigidas a: directores de proyectos, líderes de proyectos, ingenieros de diseño, ingenieros de control de cronograma, jefe de departamento de compras y directores de operación, que son los encargados

relacionados con la gestión de proyectos, para un total de 12 encuestados. Las preguntas utilizadas se pueden consultar en el Anexo 1.

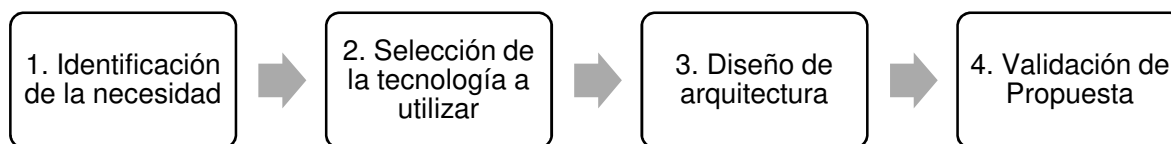


Ilustración 8. Etapas metodológicas

Fuente. Elaboración propia

La segunda etapa consistió en seleccionar una herramienta que cumpliera con los requerimientos identificados por los entrevistados. Para lograrlo, se llevó a cabo una búsqueda y revisión de las principales tecnologías de Blockchain disponibles en el mercado, entre las cuales se encuentran **Quorum, Corda, Hyperledger y Ethereum**.

Cada una de estas herramientas fue evaluada en función de una serie de criterios definidos previamente, los cuales corresponde al uso en la industria o la popularidad, el desempeño, la escalabilidad o capacidad de adaptación y la privacidad, en relación con las restricciones de usuarios y la organización. Estos criterios se seleccionaron cuidadosamente para garantizar que la herramienta seleccionada cumpliera con los requerimientos específicos identificados en la primera etapa. Para facilitar la evaluación de cada herramienta, se elaboró una tabla estructurada (Tabla 1) que contenía las definiciones y los criterios utilizados para esta etapa del proceso. La tabla se diseñó de tal manera que permitiera comparar fácilmente las diferentes herramientas y sus características, lo que facilitó la toma de decisiones y la selección de la herramienta más adecuada para la implementación de la solución de Blockchain propuesta.

En resumen, la segunda etapa del proceso de investigación fue fundamental para garantizar la selección de la herramienta de Blockchain adecuada y satisfacer los requerimientos específicos de los usuarios.

Característica	Definición	Criterio
Uso en la industria o popularidad	Casos de uso en la industria	Informes acerca de Blockchain de Forbes y como se ha adaptado a grandes empresas como Amazon, Google, BMW, entre otros; y el interés técnico del tema a través la plataforma de Google Scholar. (Polge et al., 2021)
Desempeño	Velocidad en las transacciones en la unidad de tiempo. Transacciones/segundo	Estos aspectos se calculan de acuerdo con la revisión de la literatura, se seleccionan artículos en las bibliotecas de IEEE Xplore, Scencedirect. Los artículos se filtran de acuerdo con los que evalúan el desempeño y la escalabilidad. Y de esos se obtienen las diferentes valoraciones. (Polge et al., 2021)
Capacidad de adaptación o Escalabilidad	Nivel de complejidad y requisitos en la implementación	
Privacidad	Confidencialidad de los datos	Definición de los mecanismos para la garantía de la privacidad. Se examina la exposición o confidencialidad de los datos. (Polge et al., 2021)

Tabla 1: Proceso de valoración redes Blockchain (Polge et al., 2021)

Para ampliar más en las características de las redes y evaluar las diferentes tecnologías y así seleccionar la red que cumpla con las características básicas que se ajuste a la necesidad, se realizó una revisión bibliográfica a través de la cual se revisaron las preferencias o uso industrial (popularidad), el rendimiento, la escalabilidad y la privacidad de las opciones disponibles. Los documentos fueron seleccionados de artículos con contenido de algunas de las redes Quorum, Corda, Hyperladger y Ethereum, que fueran caso de una aplicación en específico y que en traganan información cuantificable (Polge et al., 2021).

La popularidad fue medida con los casos de uso a nivel industrial, informes de artículos relacionado con el tema (Forbes Blockchain 50 report) y las tendencias en las búsquedas (Google Scholar). Los otros aspectos fueron evaluados de acuerdo con las características propias de cada red, el rendimiento dado por el número de transacciones por unidad de tiempo que pueden realizarse; la escalabilidad con la estructura que tenga definida para la implementación de aplicaciones y la privacidad, medida por el tipo de control que tenga cada red (Polge et al., 2021).

En la tercera etapa consistió en el diseño de la arquitectura teniendo en cuenta el flujograma para el control y seguimiento de proyectos y la tecnología seleccionada, por medio de diagrama de bloques. De acuerdo al flujograma, se revisa la estructura y esquema de gestión definido, con el objetivo de identificar cada proceso, y a su vez las entradas y las salidas, como está descrito en las organizaciones orientadas a la gestión por procesos, que buscan la mejora continua (Lucas, 2014). En la ilustración 9 tenemos como ejemplo la definición de los entregables y las entradas y salidas necesarias para realizar el proceso.

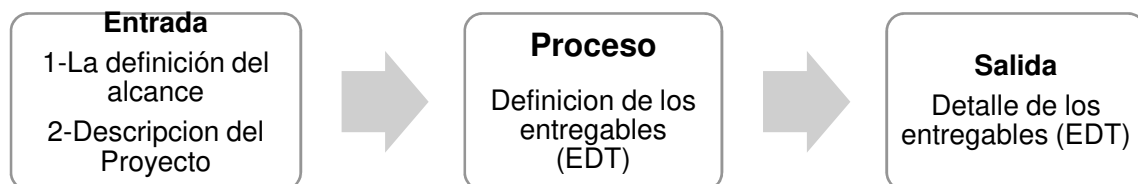


Ilustración 9. Ejemplo de proceso en el flujograma de gestión de proyecto

Fuente. Elaboración propia

De esta manera identifican todos los procesos con sus respectivas entradas y salidas, y así reconocer el mapa de actividades para la gestión integral de proyectos. Esto es insumo para diseñar un flujograma de proceso concatenado con la documentación y los datos del proyecto, es decir pasamos de un flujograma de proceso orientado a las actividades, a un flujograma de proceso integral con manejo de datos, es decir como fluye la información a través de proyecto (Muñoz, 2010; Prieto et al., 2011).

El flujograma integral (actividades, gestión y datos) describe las operaciones o transacciones necesarias para la ejecución de la gestión integral de proyectos, es decir el detalle de cada proceso con los requerimientos necesarios para cada paso o actividad, luego de esto y con la definición de participantes, funciones, limitaciones y aprobaciones necesarias para interactuar en el mapa de proceso, se plantea un flujograma que cumpla con los requerimientos necesarios para relacionar los participantes, las actividades, las entradas y las salidas.

Con el flujograma integral y la tecnología seleccionada, es llevado a cabo el diseño final de la arquitectura, teniendo en cuenta los lineamientos, requisitos y recomendaciones de la tecnología (Muñoz, 2010).

Finalmente la cuarta etapa correspondió a la validación. Con el propósito de recopilar la opinión de los potenciales usuarios, y obtener la percepción y opinión de la propuesta, se realizó un grupo focal basado en entrevistas con preguntas específicas relacionadas con la arquitectura, lo primero fue exponer en detalle la solución planteada, y luego se realizaron las preguntas a través de la plataforma de Google Form, por medio el cual los entrevistados enviaron las opiniones o respuestas a las preguntas, el uso de plataforma proporciona confiabilidad en las respuestas, dado que no son modificadas o alteradas por un tercero (Hamui & Varela, 2013; Quincho et al., 2022).

Las preguntas fueron diseñadas desde una perspectiva de matriz DOFA (J. C. Lopez, 2004), buscando detectar debilidades y fortalezas, orientadas principalmente al componente técnico de la herramienta, lo cual conlleva a seleccionar un grupo de personas homogéneas gestoras de proyectos. La característica principal de las preguntas fueron de fácil comprensión y abiertas a la opinión de cada entrevistado (Escobar & Bonilla, 2009).

Respecto al análisis de las respuestas, se procedió de la siguiente manera:

1. Una vez realizada la recolección de las respuestas, se procedió a la codificación y clasificación de las mismas.

Este proceso consistió en agrupar las respuestas que presentaban similitud o semejanza en cuanto a la idea expresada, lo que permitió obtener una visión general de los temas más relevantes y frecuentes en las respuestas de los entrevistados. Para ello, se aplicó un enfoque analítico e inductivo que involucró la conceptualización de los temas emergentes y su posterior clasificación en categorías o subcategorías. Este proceso permitió obtener una visión más clara y estructurada de los resultados, lo que facilitó su posterior análisis y comprensión. (Escobar & Bonilla, 2009)

2. En la segunda etapa del proceso de análisis de datos, se llevó a cabo la identificación de los conceptos u opiniones comunes entre los participantes. Para esto, se utilizó una herramienta visual conocida como nube de palabras, la cual permite identificar las palabras más frecuentes y relevantes en las respuestas de los participantes. A través de un análisis semántico, se logra entender el sentido de las palabras en el contexto y se pueden proponer categorías para agruparlas. Este proceso es analítico e inductivo, ya que implica la conceptualización de los temas relacionados con las preguntas de la investigación, a partir de la información recopilada en las respuestas de los participantes (Hernández & Bravo, 2020; Sánchez et al., 2017)
3. Una vez se ha realizado la identificación y clasificación de las respuestas y se han identificado los conceptos u opiniones comunes entre los participantes, se procede a extraer la opinión general de los encuestados. Para esto, se analizan las respuestas clasificadas y se buscan patrones o tendencias en las opiniones expresadas. Esto implica un proceso de síntesis y generalización de la información recolectada para llegar a una conclusión que represente la opinión mayoritaria de los encuestados. Es importante tener en cuenta que, aunque se busque una opinión general, se deben considerar las opiniones individuales y las diferencias que puedan existir entre los participantes en la encuesta. (Hernández & Bravo, 2020; Sánchez et al., 2017).

6. FORMULACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.5 Identificación de necesidades

De los resultados de las entrevistas del grupo focal, resaltan varios hallazgos. En primer lugar, la mayor parte de los entrevistados utiliza el estándar de la organización estadounidense PMI (Project Management Institute), documentada en la guía del PMBOK, para la gestión administrativa de los proyectos. Dentro de las herramientas de gestión y seguimiento que destacan están: Microsoft Project como software para seguimiento y construcción de cronograma, y en menor medida para la gestión integral están las aplicaciones Wrike y Trello (Ilustración 9 y10).

Dentro de las tecnologías y herramientas para hacer seguimiento a los proyectos están las más tradicionales y comunes como los son Microsoft Word y Excel, que son básicamente documentos enumerados con algún tipo de control simple y, en segundo lugar, el uso de paquetes especializados, que utilizan bases de datos para el almacenamiento de la información; las cuales, por medio de validación de usuario y clave, gestionan el acceso y las modificaciones de la documentación (Monsalve, 2022).

La principal ventaja de las tecnologías respaldadas por medio de archivos es su facilidad de uso y el bajo costo de la infraestructura de soporte que requieren. Con un equipo de cómputo convencional y el uso de herramientas ofimáticas se puede respaldar la información, reduciendo la gestión a un simple manejo de documentos que se comparten fácilmente. La desventaja de este método es la falta de trazabilidad de la información y la dificultad en la actualización, dado que los archivos deben ser enviados de manera simultánea a las partes interesadas, permitiendo así alteraciones sin ningún tipo de control (Ilustraciones 11 y 12).

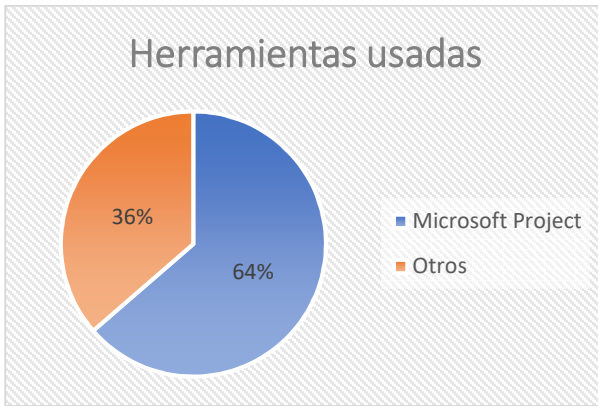


Ilustración 10. ¿Qué herramienta conoce para el seguimiento y control de proyectos? (Fuente: elaboración propia)

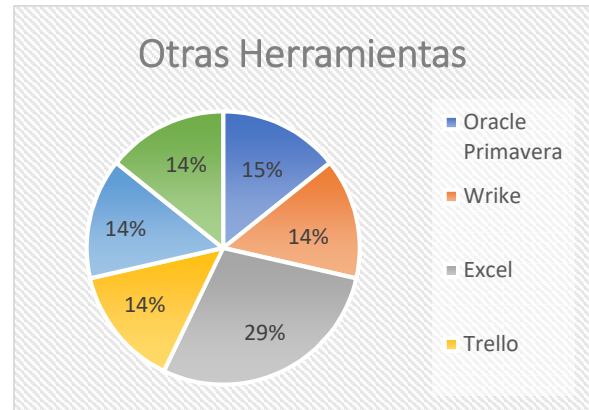


Ilustración 11. ¿Qué herramienta conoce para el seguimiento y control de proyectos? (Fuente: elaboración propia)

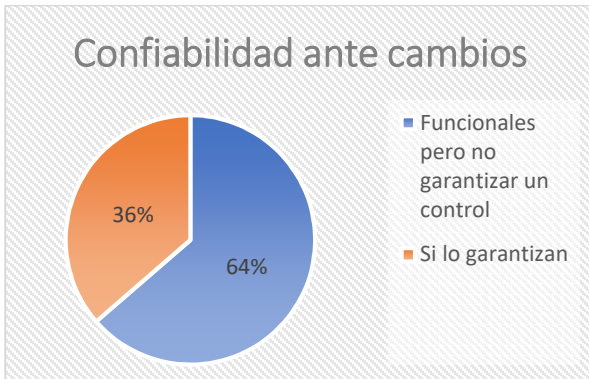


Ilustración 12 De las anteriormente mencionadas, ¿son estas herramientas confiables ante modificaciones que garantizan la aprobación entre las partes interesadas? (Fuente: elaboración propia)

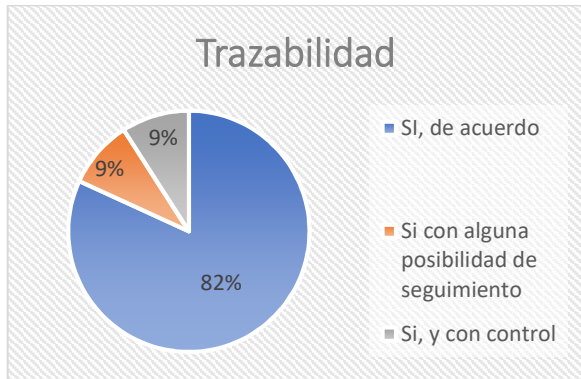


Ilustración 13. ¿Considera usted que se debe contar con una herramienta que garantice la trazabilidad de la información durante la ejecución del proyecto? (Fuente: elaboración propia)

Las tecnologías respaldadas en bases de datos tienen la ventaja de que la información está centralizada y no depende de la gestión individual de archivos, la información se almacena en un solo punto y de acuerdo con el grado de autorización, puede realizar los cambios que sean necesarios. La principal desventaja es que depende de usuarios administradores, y puede ser de alguna manera alterada sin algún tipo de control o verificación por las partes interesadas.

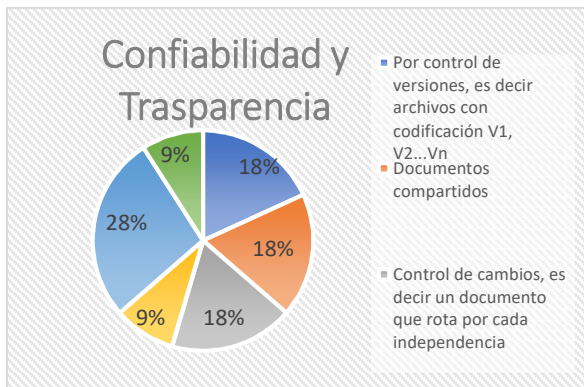


Ilustración 14 ¿Qué herramienta conoce que garantice confiabilidad y transparencia en el control de versiones de la documentación?, por ejemplo, la del cronograma o alcance (Fuente: elaboración propia)

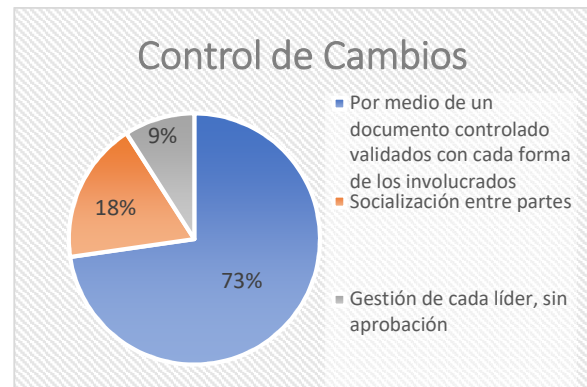


Ilustración 15 . Para realizar un control de cambios, esta debe ser validada por las partes interesadas, ¿de qué manera usted realiza este procedimiento para garantizar transparencia? (Fuente: elaboración propia)

En la empresa analizada, pese a contar con una herramienta informática para el control y el seguimiento, esta no cuenta con la posibilidad de tener seguridad en el control de cambios, es decir, no permite tener mecanismos de validación entre las partes interesadas. Justamente, los encuestados manifiestan la necesidad de tener algún tipo de validación en el control de cambios y de versiones de la documentación (Ilustración 15). Actualmente la gestión documental es realizada por medio de archivos enumerados, utilizando el control de versiones (V1, V2... Vn). Es decir, no se tiene claridad en un mecanismo seguro y confiable. Si bien se asigna una clave para la visualización o la modificación de estos archivos, no existe un método de validación con los interesados.

En cuanto a la valoración de las herramientas, los criterios definidos fueron:

- La seguridad, las cual evalúa la posibilidad y la facilidad de acceso por parte de varios usuarios. Una valoración alta es obtenida cuando la herramienta evaluada permite un control del acceso y de modificación; media, cuando se tiene control sólo en alguno de estos dos aspectos, y baja en caso de no tener control en ninguno de los dos.

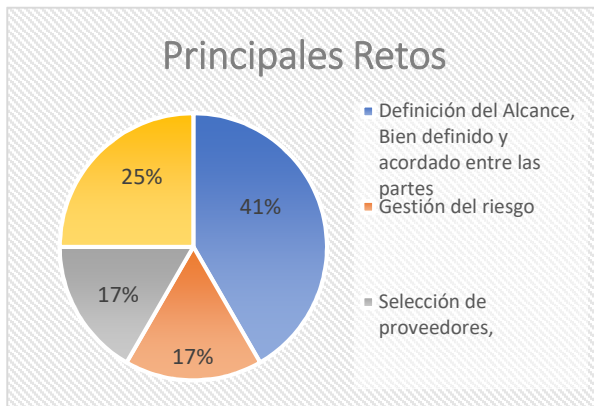


Ilustración 16 ¿Cuál cree usted que el principal reto en la planificación, ejecución y el seguimiento y control de proyectos? (Fuente: elaboración propia)

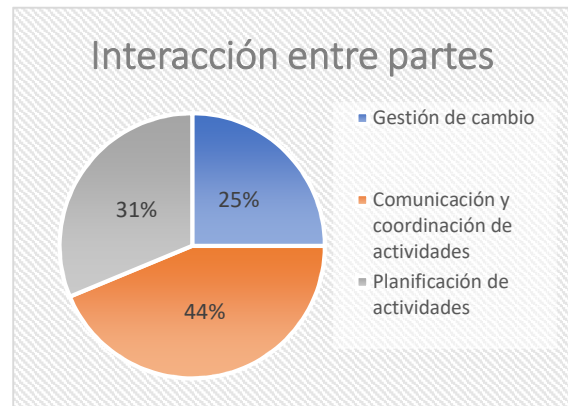


Ilustración 17 ¿Cuál es el principal reto en la coordinación de actividades entra diferentes departamentos, tales como mantenimiento, compras, desarrollo humano, entre otros? (Fuente: elaboración propia)

- La trazabilidad es evaluada de acuerdo con la propiedad de tener la posibilidad de realizar seguimiento y control a los cambios ejecutados con anterioridad, es decir si tiene la posibilidad de evidenciar cambios realizados.
- La validación para el acceso y modificación de información. Una solución obtiene una calificación alta cuando existe validación cruzada entre los interesados; una valoración media cuando la validación de acceso es realizada por medio de usuario o clave, y baja cuando no existe ningún mecanismo de validación.

La tabla 2 muestra la valoración obtenida de cada herramienta utilizada en la empresa analizada. De los resultados se desprende que existe la necesidad de implementar una herramienta de gestión integral de proyectos, que garantice la transparencia, la trazabilidad y la confiabilidad del flujo de información a lo largo del desarrollo de los proyectos mineros. Actualmente en la empresa analizada no se está implementado un mecanismo de validación y verificación seguro entre las partes interesadas que garantice confianza en el relacionamiento, la regulación y la verificación.

<i>Herramienta</i>	<i>Control de cambios</i>	<i>Trazabilidad</i>	<i>Validación</i>	<i>Seguridad</i>
<i>Tecnologías respaldadas en archivos</i>	<i>Baja</i>	<i>Baja</i>	<i>Baja</i>	<i>Media</i>
<i>Tecnologías respaldadas base de Datos</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>	<i>Medio</i>	<i>Media</i>

Tabla 2: Evaluación general de las herramientas usadas

Fuente: elaboración propia con base en la encuesta realizada

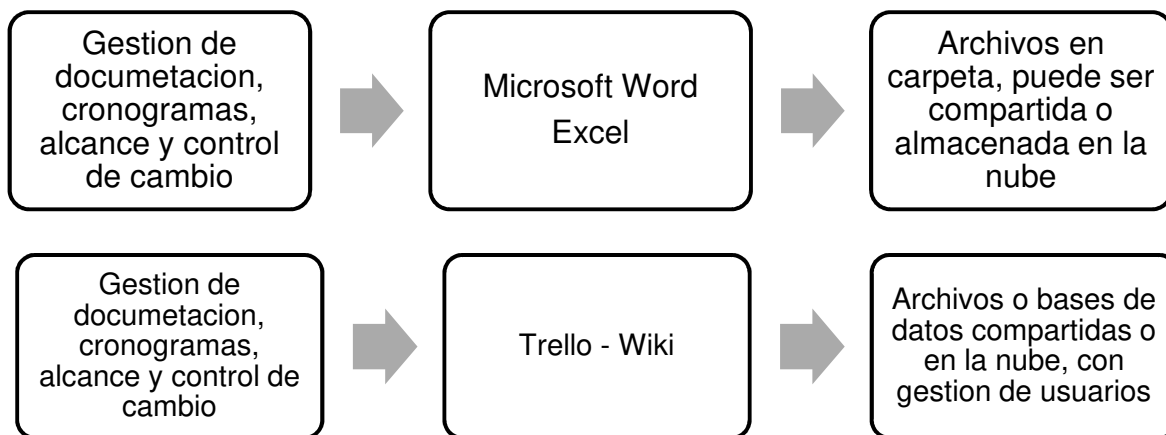


Ilustración 18 Algunas herramientas y tecnologías para hacer seguimiento a los proyectos empresariales

Fuente: elaboración propia con base en la encuesta realizada

Esta herramienta debe estar orientada a facilitar el seguimiento y el control de manera segura y ágil, que entregue a los administradores de la organización información a tiempo, veraz y verificable. La solución propuesta debe tener en cuenta los indicadores estratégicos y los objetivos de la compañía. Dado que los proyectos son parte del apalancamiento de la estrategia, deben igualmente ser medidos y estar integrados en el Balanced Scorecard, que es la herramienta que mide los objetivos trazados y que impactan la estrategia de una empresa (Kaplan & Norton, 2011)

2.5.1 Análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de las alternativas (Matriz DOFA)

Luego de obtener los resultados de las encuestas, son evaluadas las características de las herramientas utilizadas, y en consecuencia evidenciar las debilidades, amenazas, oportunidades y fortalezas. Esto busca tener un panorama integral de la situación actual y así mismo identificar estrategias que aborden las amenazas y controlen las debilidades (J. C. Lopez, 2004). La tabla 3 contiene el resumen de los hallazgos.

Debilidades (de las herramientas usadas)	Oportunidades (que hay en el entorno)
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de elementos de validación y verificación de información • Sin capacidad de validación de usuarios para el control de cambios • Sin opciones de trazabilidad confiables 	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas alternativas que mejoren los aspectos de la confianza, control, seguimiento y trazabilidad
Fortalezas (de las herramientas mencionadas)	Amenazas (que se puede materializar)
<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad en el manejo de las herramientas • Sin requerimientos especiales ni infraestructura tecnológica • Alternativas económicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Perdidas de información por el manejo de versiones • Ejecución de cambios sin previa validación de interesados • Falta de información del desempeño histórico de proyectos • Falta de claridad en el alcance por modificaciones realizadas sin previa consulta

Tabla 3 Resumen DOFA

Fuente: elaboración propia con base en la encuesta realizada

En cuanto a las debilidades, se observa que las diversas herramientas presentadas carecen de mecanismos robustos de validación y verificación. Esto significa que los cambios y modificaciones realizados en diferentes aspectos del proyecto pueden

ser alterados sin un control riguroso y sin restricciones controladas. Además, no se dispone de una opción segura de trazabilidad para estos cambios. Es importante tener en cuenta que la falta de estas funcionalidades puede generar incertidumbre y riesgos de seguridad en los proyectos.

En cuanto a las fortalezas, se identifica la facilidad para los usuarios en el uso de la herramienta, dado que con conocimientos básicos en las herramientas ofimáticas se pueden utilizar las diferentes alternativas. Adicionalmente, no es necesario usar dispositivos o infraestructura especializada para estas tecnologías.

Las oportunidades se relacionan con la necesidad de herramientas que garanticen todos los aspectos de trazabilidad, validación, verificación y confianza, mientras que las amenazas identificadas se relacionan con la pérdida de información por la falta de control de las modificaciones; la ejecución de cambios sin la aceptación de las partes interesadas, debido a la falta de gestión de versiones en los cambios realizados durante la marcha, es decir que es exterior a la herramienta.

7. RESULTADOS

2.6 Selección de la tecnología

Como se mencionó antes, existen diferentes tecnologías y herramientas para hacer seguimiento a los proyectos empresariales. En primer lugar, está la forma básica utilizando paquetes tradicionales como los son Microsoft Word y Excel, que son básicamente documentos enumerados con algún tipo de control simple. En segundo lugar, está la opción de usar paquetes especializados, que utilizan bases de datos para el almacenamiento de la información y por medio de validación de usuario y clave, gestionan el acceso y las modificaciones de la documentación. En tercer lugar, están las tecnologías de Blockchain, que permiten realizar un seguimiento y control de la información, realizar un respaldo confiable de la misma y asegurar la trazabilidad, la inmutabilidad y la seguridad. La ilustración 18 muestra gráficamente

la estructura simplificada de la tecnología, se puede observar el esquema de la arquitectura y el flujograma del proceso, la red se desempeña como el respaldo de toda la información.

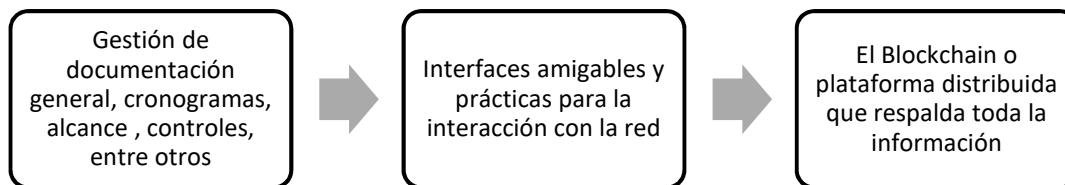


Ilustración 19 Blockchain para el seguimiento y control de proyectos

Fuente: elaboración propia con base en la encuesta realizada

Para desarrollar tecnologías Blockchain, existen diferentes tipos de redes, con características específicas que las hacen adecuadas para determinadas aplicaciones. Las redes de Blockchain pueden ser públicas o privadas, dependiendo del objetivo de la aplicación (Calderón, 2020). Una cadena de bloques pública es un tipo de Blockchain donde acceden los usuarios de manera libre y sencilla. En este tipo de red cada usuario puede ser parte de la validación de las transacciones, y es muy común su uso para las criptomonedas.

Por su parte, las tecnologías Blockchain privadas nacen para mantener confidencialidad en la información y restringir el acceso, y, por tanto, son las que mejor se adaptan a las empresas privadas para el manejo de la información, dado que surgieron con el objetivo de atender las necesidades e iniciativas del entorno organizacional (Calderón, 2020).

Entre las opciones de redes de tipo pública, esta **Ethereum**, que corresponde a una red de código abierto descentralizada, que incluye su propia criptomoneda, llamada Ether. Esta red está orientada a aplicaciones de tipo financiero, dado que su arquitectura se ajusta a los propósitos enmarcados en este tipo de soluciones (Pérez, 2021).

Existen diferentes soluciones de redes privadas disponibles para su uso, por ejemplo, **Quorum** de JP Morgan, orientada a redes empresariales para el sector financiero. **Corda**, por otro lado, definida para la automatización y el registro de acuerdos legales entre dos partes. **HyperLedger Fabric** es una iniciativa de la Fundación Linux, para el sector empresarial privado y aplicaciones alineadas al consenso entre partes, por ejemplo, en proyectos de construcción, donde específicamente es necesario realizar control de entregas y hacer cumplir cronogramas de trabajo (Pérez, 2021).

8.1.1 Selección de la red de Blockchain

Existen diferentes alternativas y opciones de plataformas de Blockchain disponibles, cada una cuenta con características propias. La elección del tipo de red depende de los requerimientos y las necesidades de la empresa (Dolader et al., 2017). En el caso de la empresa minera analizada, es indispensable que la tecnología cumpla con las siguientes características: ser de carácter privada, tener capacidad de gestión y administración de acuerdos, ser confiable, segura y con capacidad de asegurar la trazabilidad de la información generada durante la ejecución de los proyectos.

En el conjunto de redes privadas usadas en el entorno de blockchain, las más populares y de mayor uso se encuentran, Corda, Hyperladger Fabric y Quorum, siendo esta ultima la menos usada (Polge et al., 2021). Cada una de ellas tiene sus propias particularidades, pero en general son apropiadas para el entorno empresarial, por ser privadas y de código abierto. Estas plataformas permiten gestionar contratos inteligentes; promover un entorno descentralizado y gestionar y controlar los acuerdos definidos entre las partes interesadas, con el objeto de evitar alteraciones sin previa autorización. Estas redes se han implementado en diversos sectores y fueron diseñadas para entornos industriales y transaccionales que requieran la aplicación de criterios de seguridad y trazabilidad antes mencionados (Merlec et al., 2021).

Quorum: Esta red fue desarrollada por JP Morgan para casos de tipo financieros, es identificada como una red global de pagos para ayudar a los bancos con las redes distribuidas, pero puede ser usada en otros campos de la industria. Cuenta con diferentes tipos de protocolos de consenso y que proporcionan seguridad para los usuarios. En cuanto a rendimiento puede manejar cientos de tasaciones por segundo, configurables de acuerdo con el tipo de contrato inteligente (Merlec et al., 2021; Polge et al., 2021).

Corda: Desarrollada por el consorcio de blockchain R3 que inicio en el 2014 y fue fundada por David Rutter. Esta fue creada de modo general para la realización de contratos o acuerdos entre partes interesadas sin la necesidad de un ente regulador central. No es orientado a criptomonedas y es de tipo privada. Su rendimiento esta alrededor de las 170 transacciones por segundo (Merlec et al., 2021; Polge et al., 2021).

Ethereum: Este proyecto fue lanzado en 2015 (por el programador Vitalik Buterin) como una plataforma distribuida de tipo publica, para aplicaciones descentralizadas y colaborativas. Como token tiene la criptomoneda Ether, que puede ser usada como elemento transaccional. Su funcionamiento es como el del Bitcoin, requiere de un proceso de minado para la generación de criptoactivo por medio de un mecanismo de consenso segundo (Merlec et al., 2021; Polge et al., 2021).

Hyperledger Fabric es uno de los proyectos de la Fundación Linux. Es un sistema descentralizado que puede ejecutar aplicaciones distribuidas de tipo privado y empresarial. Cuenta con una serie de elementos colaborativos y código disponible para la realización de aplicativos y de acuerdo con los contratos inteligentes o permisos conocidos se permiten la participación de los diferentes usuarios. (Merlec et al., 2021; Polge et al., 2021).

La tabla 4 contiene el resultado del análisis comparativo de las características de cada tipo de red, mientras que en la ilustración 19 se muestran el resultado de la puntuación de cada aspecto.

	Quorum	 Corda	Hyperladger	Ethereum
Tipo de Red	Privada	Privada	Privada	Pública
Se pueden implementar contratos inteligentes	Si	Si	Si	Si
Orientación	Orientadas a empresas del sector financiero (p.ej. para pagos)	Entorno empresarial	Entorno empresarial	Entorno empresarial y criptoactivos
Seguridad (Castro, 2021)	Aprobación previa de los participantes	Aprobación previa de los participantes	Aprobación previa de los participantes	Mecanismos de consenso
Rendimiento [tps] (Merlec et al., 2021)	1000	170	2000	20
Criptomoneda	ETH	N/A	N/A	ETH
Capacidad contratos inteligentes	Acepta	Acepta	Acepta	Acepta

Tabla 4 Resumen características de cada Red

Fuente: elaboración propia con base en (Merlec et al., 2021) y (Polge et al., 2021)

En la mayor parte de las variables analizadas, es evidenciado que el tipo de tecnología que obtiene la mejor puntuación es la red de Hyperladger Fabric. Por su parte, la red Ethereum es la red más conocida y usada, seguida de Hyperladger Fabric.

El desempeño, medido por la velocidad de transacciones por segundo, la lidera Hyperladger Fabric (2000 tps), debido a la configuración de su arquitectura y a los mecanismos de consenso y transaccional que implementa.

En cuanto a la escalabilidad, que mide la facilidad de expansión de la red, la red Ethereum obtiene la mayor puntuación (5), pero tiene un nivel bajo en privacidad (0), lo que la posiciona como una alternativa no competitiva.

La latencia, que corresponde a la velocidad de tránsito de los datos, tiene un mejor desempeño para el caso de Hyperlader Fabric (5) seguido por Corda (4), esto facilita en la velocidad de actualización de la información y de las transacciones en la red (Polge et al., 2021).

De acuerdo con lo anterior y las necesidades de la empresa, se encuentra que la mejor opción es adoptar la red de Hyperladger Fabric. Esta contiene los elementos necesarios para implementar la arquitectura (privada y contratos inteligentes), tiene la ventaja de ser de código abierto, y fue la mejor puntuada en casi todos los aspectos (3 aspectos de los 5 evaluados).

En detalle las calificaciones fueron realizadas teniendo en cuenta los siguientes criterios: la popularidad se revisaron principalmente los repositorios de Github (Lopez et al., 2015) en cuanto al número de contribuyentes (definido como u) y números de interacciones o modificaciones de código (definido como c), en Twitter en términos de seguidores (definido como f) y números de tweets (definido como t). Se determina la calificación final entre 0 y 5 por medio de la ecuación 1. (Polge et al., 2021)

$$\text{Calificación} = \frac{\frac{C_i}{\text{MAX } C} + \frac{U_i}{\text{MAX } U} + \frac{F_i}{\text{MAX } F} + \frac{T_i}{\text{MAX } T}}{4} \times 5 \quad (1)$$

Para la escalabilidad, rendimiento y latencia, fue calculada por medio de la revisión de 16 artículos de la IEEE Xplore, librería digital de la sociedad de computación científica (ACM), publicaciones de tipo tecnológico en Springer, ScienceDirect y la editorial de revistas científicas de acceso abierto (MDPI). Estos documentos fueron seleccionados con la condición que incluyeran un método experimental para la medición; versión no modificada del documento original, es decir, sin valoración subjetiva de un autor; no fueran evaluadas en un escenario específico o con marco de referencia no comprable y que no obtuvieran resultados a través de modelos analíticos o simulados. Para asignar la calificación de cada criterio, fue identificado el mejor marco y se le asignó la valoración de 5, luego las otras calificaciones fueron asignadas relativamente al mejor marco, para el caso de la latencia el grado 5 indica que tiene la latencia más baja (Polge et al., 2021).

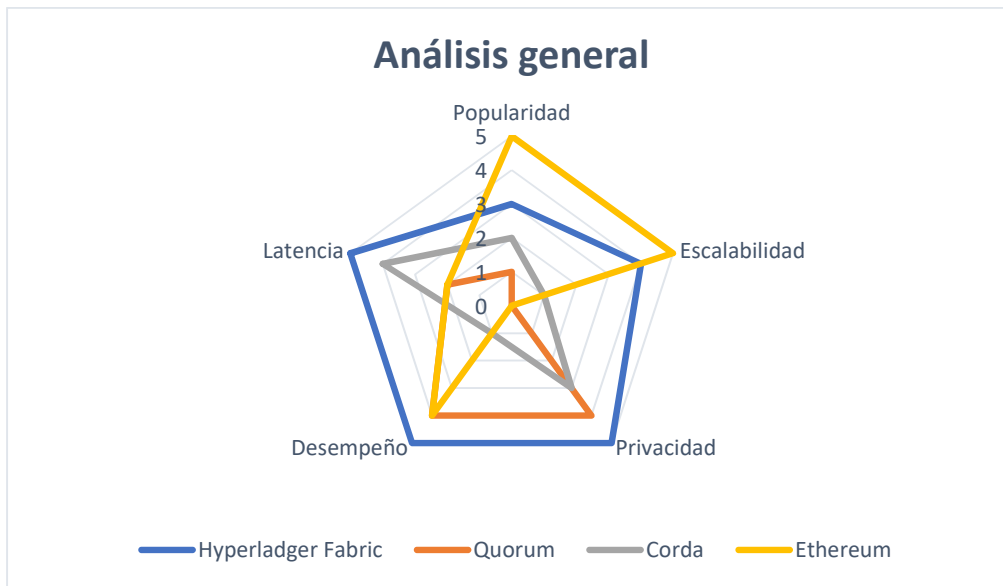


Ilustración 20 Resultado de la evaluación general de las redes

Fuente: Elaboración propia con base en (Polge et al., 2021).

8.1.2 Características de la red de Blockchain seleccionada

Hyperledger Fabric (HF), creado por la Linux Foundation en el 2015, es una plataforma para operar e implementar arquitecturas de Blockchain de código abierto y orientada principalmente a la industria y usos particulares. Esta herramienta permite construir aplicaciones de acuerdo con las necesidades de cualquier interesado, contando con mecanismos de consenso y contratos inteligentes que dictan las condiciones de la implantación o el caso de uso. En el caso de proyectos, los mecanismos de consenso se relacionan con los cambios de fechas de actividades en el cronograma, y los contratos inteligentes involucran, por ejemplo, los entregables de determinado participante (Andrade, 2020). Los contratos inteligentes (chaincode), definen la lógica o la forma como se generan nuevos datos o información para agregarlos a la cadena de bloques (Ledger).

El chaincode define una serie de reglas, datos, funciones o procesos que caracterizan el modelo y la forma como interactúan las partes interesadas en las transacciones o solicitudes. Define también la forma como se accede a la información del Ledger, el cual está conformado por el Blockchain que lleva registros inmutables de las diferentes solicitudes y el Word State que contiene los valores actualizados de la cadena (Graf et al., 2020).

Los nodos en este tipo de red son entidades que se comunican por medio de un canal definido en la estructura y cada uno cumple con un rol específico. Existen diferentes tipos de nodos, clientes, pares y ordenadores. Los **Cientes** (*clients*), son las aplicaciones asignadas a los usuarios finales que permiten proponer las diferentes transacciones y la comunicación con el Blockchain, por ejemplo, el envío de una solicitud de retroalimentación a un cronograma de actividades. Los **Nodos Pares** (*Peers*), mantienen el estado de la red y almacenan una copia de los contratos inteligentes y de la cadena de bloques (Andrade, 2020).

Existen dos tipos roles: nodos validadores (*endorsers*), los cuales simulan y validan las transacciones propuestas, y los nodos verificadores (*committers*), quienes se encargan de verificar las propuestas de transacciones y validan el resultado de las transacciones antes de grabarlas en la cadena de Blockchain.

Por último, están los **nodos ordenadores** (ordering service), los cuales juegan un papel crítico en la operación y la seguridad de la red. Estos nodos reciben las transacciones propuestas y se encargan de ordenarlas en un bloque antes de enviarlas a los nodos verificadores para su validación. Además, tienen la importante tarea de llevar a cabo el proceso de consenso, que es la verificación de la transacción entre las partes interesadas o integrantes de la red. Es importante destacar que la función de los nodos ordenadores puede variar en función de la implementación específica de la red (Morgera, 2021). La ilustración 20 proporciona una representación visual de los diferentes tipos de nodos ordenadores y sus características.

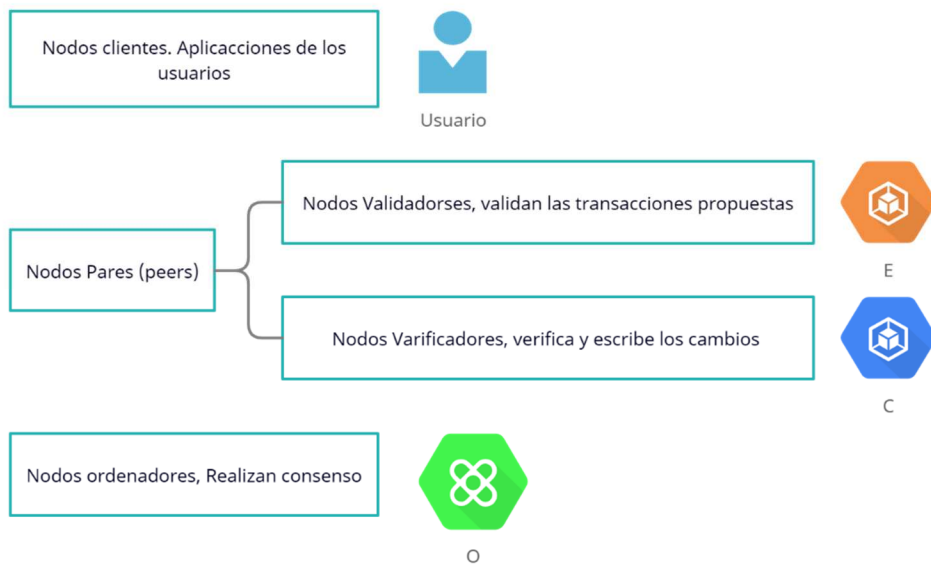


Ilustración 21 Definición iconos de tipos de nodo.

Fuente. Elaboración propia

El *Ledger*, por su parte, mantiene el registro de todas las transacciones y acciones que se realizan dentro del Blockchain, permitiendo tener el historial de cambios, a través de la función *hasch* que almacena la información (Andrade, 2020).

En cuanto al mecanismo de consenso, que es la aprobación, validación y ordenamiento de las transacciones, inicia cuando los clientes envían la propuesta de transacción a los nodos de validación (*endorsers*), a través de una interface web o móvil (APP) (Liang et al., 2020).

Estos pares validan que la transacción esté bien realizada, que no haya sido enviada con anterioridad y que el usuario esté autorizado y pueda realizar la transacción. La transacción o propuesta tiene asociada información de entrada para los contratos inteligentes o *chaincode*, el nodo organiza la estructura de escritura y lectura, para luego ser procesada y la enviada de nuevo a la aplicación con la autorización requerida para el siguiente paso.

La aplicación cliente recopila todas las respuestas de todos los pares que respaldan la red y las envía al nodo ordenador, verificando de acuerdo con lo solicitado. El nodo ordenador prepara el bloque y lo transmite a todos los nodos correspondientes y cada nodo agrega el bloque al Blockchain y valida la transacción, para luego asignar información a la base de datos o libro mayor (Beckert et al., 2018). En la ilustración 21, se puede observar de manera gráfica el flujograma del mecanismo del consenso.

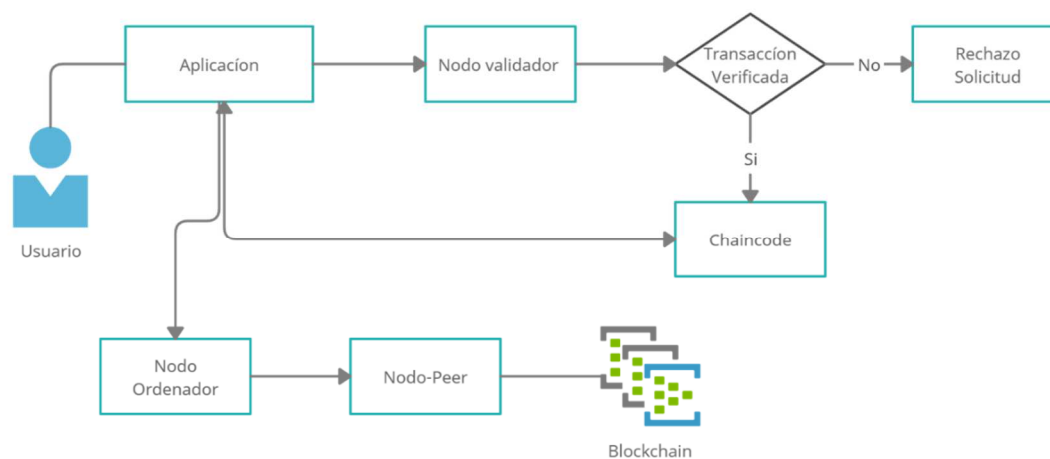


Ilustración 22 Proceso de aprobación de transacciones y creación de históricos por bloques

Fuente. Elaboración propia

A continuación, se describe el paso a paso del proceso para llegar a un consenso:

1. El usuario o cliente envía una solicitud de transacción a través de una aplicación.
2. Esta es enviada a través de los elementos de red y el canal a un nodo validador.
3. El nodo validador (Nodo Par tipo *endorsers*) verifica lo siguiente:
 - Que la transacción está bien realizada.
 - Que no haya sido enviada con anterioridad.
 - Que el usuario este autorizado y pueda realizar la transacción.

4. La transacción o propuesta tiene asociada información de entrada para los contratos inteligentes o *chaincode*, los cuales son enviados a estos y a la aplicación, en paquetes de entradas y salidas.
5. La aplicación verifica las solicitudes de escritura y lectura de acuerdo con lo que fue solicitado.
6. La aplicación transmite la transacción con el conjunto de lectura y escritura al nodo ordenador.
7. El nodo ordenador prepara el bloque y lo transmiten a todos los nodos correspondientes (Nodo Par tipo *committers*).
8. Cada nodo agrega el bloque al Blockchain y valida la transacción, para luego asignar información a la base de datos.

Para desarrollar una aplicación en Hyperledger Fabric, En primer lugar, se debe definir quiénes serán los participantes en la red de Hyperledger Fabric. Esto implica determinar las organizaciones y los usuarios que tendrán acceso y participación en la red, así como sus respectivos roles y permisos. Luego, se procede a diseñar la arquitectura de la red, la cual debe estar en línea con los requerimientos específicos de la aplicación que se va a desarrollar.

Dentro de una organización se pueden tener varias redes para contextos diferentes, o varias organizaciones pueden compartir redes en común. Todo esto conlleva a que se pueda estructurar la arquitectura de acuerdo con la necesidad subyacente y buscando que sea configurable y escalable (Morgera, 2021).

En la ilustración 22 se muestra un ejemplo en el que varias organizaciones tienen sus respectivos nodos que interactúan en una red o canal común. Cada uno de estos nodos, identificados como P1, P2, P3, P4, P5 y P6, corresponden a usuarios de las partes interesadas en la aplicación de la red de Blockchain

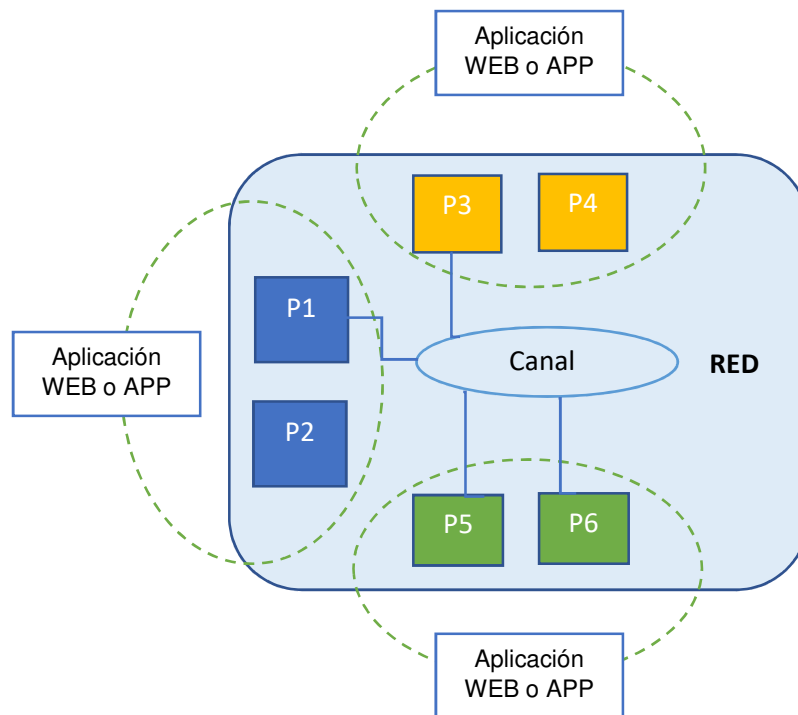


Ilustración 23 Flujo de mecanismo de transacciones entre partes interesadas. Fuente: elaboración propia

El grupo de P1 y P2 corresponde a una organización específica, por ejemplo, determinado proveedor de servicios. El grupo de nodos P3 y P4, corresponden por ejemplo a un proveedor de materiales, y los nodos P5 y P6 corresponderían a la organización central dueña del proyecto. Cada uno de estos nodos son los encargados de realizar la gestión de las diferentes solicitudes o transacciones (Xu et al., 2020).

Para implementar una red se debe identificar los requerimientos específicos y necesidades para diseñar la arquitectura. Definir cada uno de los elementos, los nodos, el canal, los contratos inteligentes y cada *Ledger*. Es necesario especificar también cuáles son las reglas o la lógica del flujo de las diferentes solicitudes o transacciones de la red, y la forma como interactúan en el sistema para dar solución al requerimiento. Todo debe estar definido de manera clara y concreta para lograr un desempeño de la red apropiado para los requerimientos (Ammi et al., 2021).

8.2 Propuesta de la arquitectura

La gestión y el control de actividades de los procesos, es parte fundamental para el logro de los objetivos estratégicos de una organización. El objetivo es que sea continuo, y que pueda detectar desviaciones de manera temprana para ser corregidas y lograr enfocar los resultados. El objetivo es concentrar los esfuerzos para optimizar los resultados de los integrantes estratégicos de la cadena de valor, y así garantizar los objetivos y permanecer en el mercado. Un sistema de seguimiento y control utiliza la medición para monitorear el resultado de manera continua y reducir los niveles de incertidumbre y disminuir las brechas de lo planeado frente a lo obtenido. El control tradicional enmarcado en la dificultad para actuar en ambientes complejos y dinámicos, reduce la capacidad de reacción y respuesta, categorizando a una organización como rígida e ineficiente, por tanto se debe implementar herramientas que respondan de manera ágil y enmarcada en lógicas distintas para no limitar la capacidad de repuesta de las organizaciones (Bohórquez, 2011).

Lo evidenciado a través de las consultas realizadas, obedece a sistemas de seguimiento y control tradicionales, los cuales no permiten adaptarse a las condiciones y necesidades actuales, donde se debe responder rápidamente a las exigencias del entorno. Se requiere mayor agilidad para la toma de decisiones, y sistemas de estas características donde no se tiene certeza de los datos, debido a la falencia en el control y la validación, resultan ineficientes para la toma de decisiones. Una gestión por medio de herramientas aseguradoras y confiables como lo es *Hyperladger Fabric*, garantiza información confiable en todo momento, sin la necesidad de verificación posterior, garantizan control y validación constante, permitiendo dinamismo como método de seguimiento y control.

En la gestión de proyectos se requiere la gestión y el control de las actividades de manera dinámica (Merchán, 2012). Dada las exigencias de los proyectos de crecimiento en empresas mineras, que dependen del relacionamiento con el

entorno y las partes interesadas debido al impacto que pueden generar, requieren gestionar y controlar los resultados garantizando la participación de las partes interesadas (Ospina et al., 2021).

La gestión de la imagen corporativa y la confianza juegan un papel importante en los proyectos de crecimiento, por lo que esta actividad debe estar controlada y acompañada de transparencia. Por tal motivo, es necesario construir confianza para entablar buenas relaciones y las empresas mineras en Colombia, han estado caracterizadas por la desconfianza, este es uno de los principales retos en se enfrentan debido a los conceptos que se han construido a lo largo de la historia y el desarrollo de la minería en las regiones (Eslava et al., 2014).

Por lo anterior, el reto está en cumplir con los objetivos de la dinámica del entorno empresarial de la actualidad y las exigencias en la construcción de la confianza. En el cruce de estos dos elementos principales resulta como alternativa de solución la red de Blockchain de Hyperladger Fabric. Con esto se busca la estandarización de un modelo definido de seguimiento y control, garantizando la calidad, transparencia y confianza.

8.2.1 Estructura de gestión de proyecto

De acuerdo con la estructura básica recomendada y las buenas prácticas de proyectos, estructuradas y definidas en el PMBOK del PMI, las partes de un proyecto están compuestas por el inicio, la planificación, la ejecución, el seguimiento, el control y el cierre; adicional, contar con una buena gestión y trazabilidad con el objetivo de aumentar las posibilidades de lograr los objetivos de un proyecto (Guevara et al., 2017). El Anexo 2 describe el flujograma de proyectos usado en la empresa minera bajo estudio.

En primer lugar está la conceptualización de la idea, donde se realizan las diferentes propuestas de las diferentes fuentes (acciones de mejora, solicitud formal, voz a voz, órdenes de trabajo, revisión con las gerencias, banco de ideas y desarrollo, decisiones internas) y posteriormente es realizada la valoración de acuerdo con

criterios de evaluación (p.ej. nivel de impacto, costos, etc.) para así considerarlo como un proyecto e iniciar con el proceso formal; posterior a esto, pasa al inicio donde es asignado el líder responsable de la ejecución y el control, así mismo inicia la recolección de opiniones (y expectativas) de las partes interesadas, y se da por informado a los participantes.

La selección del líder depende de los requerimientos y del tipo de proyecto, que en consecuencia determinan las habilidades necesarias para el desarrollo y la gestión.

A continuación, inicia la planeación del proyecto, que concreta y estructura el alcance, los entregables y el cronograma, estos tienen asociados documentación que debe ser controlada y validada por las partes interesadas. Después de tener todos los elementos necesarios para la ejecución, inicia el proyecto de acuerdo con lo planteado y acordado, y así ejecutar las tareas de ingeniería de detalle, las adquisiciones (acuerdo entre partes) y el control del cronograma.

Cabe considerar que durante la ejecución es posible realizar cambios o modificaciones al alcance o cronograma, los cuales deben estar debidamente controlados y avalados por todos los interesados. Para finalizar y validar los entregables propuestos de acuerdo con lo pactado, se realiza la puesta en marcha y la entrega final del proyecto con la recepción y el cierre.

8.2.2 Requerimientos y especificaciones

Con el propósito de diseñar la arquitectura basados en la estructura de proyectos presentada, es necesario definir roles y funciones que serán los principales elementos que interactuarán en la lógica de operación. Desde la iniciativa se define el **generador de ideas**, que es rol encargado de proponer la iniciativa de las diferentes fuentes, esto está enmarcado en la participación abierta de los integrantes de la organización. El **evaluador técnico**, encargado de la valoración técnica de la propuesta, es decir la viabilidad desde lo práctico y la implementación metódica.

El **evaluador financiero** que realiza la valoración económica del proyecto (p.ej. la tasa de retorno, periodo de recuperación, impacto económico, presupuesto) y el **validador de la iniciativa**, que realiza la validación de acuerdo con las proyecciones, la estrategia y los intereses de la organización, y de acuerdo con esos criterios aprueba para el inicio del proyecto. Estos roles están más orientados a la evaluación técnica de la propuesta, roles que se definen de acuerdo con la experticia y experiencia en la compañía y deberían ser los responsables directos de convertir las ideas en iniciativas de negocio.

En el proyecto se definen diferentes roles relacionados con la estructuración del proyecto. El planeador, encargado de hacer diseño, seguimiento y control. El gestor del proyecto, que realiza gestión general, el cual es asignado como líder. El gestor general, es el director que realiza las aprobaciones de presupuesto y valida finalmente el inicio del proyecto. El planeador contable es el encargado de realizar seguimiento presupuestal del proyecto. El diseñador tiene como rol validar y gestionar todo lo relacionado con los diseños, mientras que el comprador es el encargado de la adquisición de bienes y servicios. El controlador es el encargado de evaluar la ejecución, y el ejecutor es el encargado de ejecutar acciones del proyecto, entre los que están los entregables.

8.2.3 Especificaciones y requisitos

Luego de describir los roles y funciones basados en la estructura de gestión propuesta, a continuación, se definen de manera categórica, los elementos necesarios para el diseño de la arquitectura, estos hacen parte de las especificaciones y requisitos de la arquitectura. Cabe aclarar que las funciones o procesos que conforman toda la secuencia de gestión y control están compuestos por elementos de entradas y elementos de salidas, que son procesados de acuerdo con las especificaciones. Cada una ellas (generación de iniciativa, asignación de responsable, validación de control de cambio, etc.) le corresponden una gestión propia reflejada y controlada en la documentación del proyecto.

Toda la documentación que surge de los procesos definidos debe estar controlada y gestionada en relación con los acuerdos establecidos y descritos anteriormente. Los controles de cambios deben ser validados por las partes interesadas con los controles específicos del acuerdo. Cada una de estas acciones (transacciones) a lo largo del proyecto debe quedar registradas y respaldadas con elementos de seguridad, trazabilidad, confianza y transparencia. Es decir que los cambios y modificaciones deben estar validados por las partes interesadas o definidas (García, 2018).

En relación con los requerimientos expuestos, toda la información del proyecto debe quedar respaldada de manera segura con mecanismos asociados de gestión de acuerdo con los requerimientos de los usuarios. El detalle de los procesos puede ser consultado a continuación en la tabla 5:

Proceso	Entradas	Salidas
Generación iniciativa	-Descripción de la iniciativa -Usuario creador de la iniciativa -Fecha de creación -Costo aproximado -Nombre de la iniciativa	Estructura completa de la iniciativa
Evaluación técnica de iniciativa	Descripción e impacto de la iniciativa	Evaluación de la iniciativa Aprobada - No aprobada
Evaluación financiera de iniciativa	Costo aproximado de la implementación	Valoración desde lo financiero, Aprobada - No aprobada
Validación de la iniciativa	Resultado de la evaluación técnica y financiera Observaciones: En este componente se debe validar el contexto de la organización, dependiendo de las expectativas y la estrategia	Validación de ambos componentes
Aprobación de la iniciativa	Resultado de la validación de la iniciativa Observaciones: En este punto se decide y define si pasa a ser un proyecto y el paso siguiente es la asignación de recursos.	Aprobación final por parte de la gerencia
Asignación de responsable	Tipo de iniciativa Observaciones: Esto relaciona las competencias que debe tener el responsable, de acuerdo con la naturaleza del proyecto, ya sea de naturaleza metalúrgica, mecánica, eléctrica o civil, entre otras	Responsable del proyecto.

Proceso	Entradas	Salidas
	especialidades. Es el líder quien será el encargado de gestionar todo lo relacionado con el proyecto	
Generación de Acta de inicio	Descripción de la iniciativa	Acta de inicio
	Observaciones: El acta de inicio es el documento que oficializa el responsable e inicio del proyecto.	
Identificación partes interesadas	Tipo de iniciativa e impacto	Identificación de las partes interesadas del proyecto
	Observaciones: De acuerdo con el impacto se selecciona los interesados en la ejecución del proyecto, por ejemplo, si de tipo social, impactaría algunas autoridades o entidades públicas.	
Definición del Alcance	El tipo de iniciativa, el impacto y la descripción del proyecto	Documento con el detalle del alcance
	Observaciones: Este debe ser elaborado conjunto con las partes interesadas.	
Definición del Alcance	-Tipo de iniciativa -El impacto -Descripción del proyecto	Documento con el detalle del alcance
	Observaciones: Este debe ser elaborado conjunto con las partes interesadas.	
Elaboración de los EDT	La definición del alcance	Detalle de los entregables del proyecto (EDT)
	Observaciones: el alcance es el detalle de lo que se espera por parte de los interesados	
Generación del Cronograma	El detalle del alcance y los entregables	Cronograma del proyecto
	Observaciones: Este es un documento de gran importancia porque en este se fijan las fechas y la duración de las diferentes actividades	
Elaboración de Contratos y términos de referencias	Alcance, ingeniería de detalle y cronograma	Esta transacción o paso, es donde se realizan los acuerdos entre partes, contrataciones de servicio o la compra de materiales y se fijan los tiempos de entrega y las condiciones.
	Observaciones: En esta parte se realizan los contratos inteligentes de la red de blockchain	

Proceso	Entradas	Salidas
Seguimiento y control de actividades	Cronograma y acuerdos	Indicador de cumplimiento y el estado de la ejecución
Validación de control de cambios	Propuestas de cambios de cronograma	Entregas o acuerdos pactados
	Observaciones: esto debe ser validado por las partes interesadas; salida: ajustes a cronograma o alcance	
Ejecución del comisionamiento	Estado del cronograma	Resultados de las pruebas y verificaciones de todos los entregables
	Observaciones: En este punto se hacen verificaciones y validaciones en compañía de las partes interesadas	
Generación de acta de comisionamiento y entrega	Resultado pruebas de comisionamiento	Acta de entrega, de acuerdo con los resultados de las pruebas se realiza la entrega final del proyecto
	Observaciones: se genera el acta final de entrega para el cierre del proyecto.	

Tabla 5 Descripción de procesos con las respectivas salidas y entradas

Fuente: Elaboración propia

8.2.4 Arquitectura

En la ilustración 23 se visualiza por medio de diagrama de bloques el flujograma de proyectos a partir de lo propuesto y detallado en el Anexo 2, complementado con elementos de gestión de información (documentación y datos) relacionados con el proyecto. Esto está construido a partir de los requerimientos y requisitos de confianza y transparencia.

En esta alternativa el usuario o parte interesada puede interactuar para realizar consultas, solicitudes y modificaciones que son las llamadas transacciones. La arquitectura básica propuesta permite procesos de validación (gestión de usuarios), procesos de almacenamiento (información relacionada con el proyecto), gestión de

información (consultas y modificaciones) e interacción con cada parte del proyecto (inicio, planificación, ejecución, seguimiento y cierre).

Para cumplir con los requerimientos mencionados, es necesario implementar una arquitectura que sea capaz de garantizar ciertas propiedades importantes, tales como la transparencia, la trazabilidad, la seguridad y la inmutabilidad. Además, esta arquitectura debe incorporar mecanismos de verificación y consenso para asegurar la integridad y la calidad de los datos y la información.

Esto conlleva a una arquitectura que fortalece el modelo de aprendizaje de bucle doble en la organización. Esto se logra al facilitar los cambios necesarios para actuar en la corrección de desviaciones de manera acertada y evitar las barreras de aprendizaje organizacional. En resumen, una arquitectura bien diseñada puede marcar una gran diferencia en la calidad y el éxito de cualquier iniciativa de aprendizaje de bucle doble (Castaño, 2009).

Por medio de la gestión de información se realizan las operaciones o transacciones relacionadas con la información del proyecto, y consecuentemente el almacenamiento de la misma, con el propósito de asegurar la trazabilidad y la resolución de consultas. Esto debe estar controlado, validado y verificado para cada usuario y complementado con la gestión de acceso y permisos.

En este sentido se comprende, que todo converge a la gestión del proyecto de manera sistemática y estructurada, y en consecuencia es posible compartir información entre las partes interesadas, garantizar la confiabilidad de los datos y la información, verificar y validar los cambios para la transparencia, trazabilidad, inmutabilidad y la confidencialidad, fortaleciendo así la cultura organizacional.

Desde este planteamiento, se puede observar que uno de los mayores desafíos de las tecnologías digitales es garantizar la confianza y transparencia en las transacciones que se realizan en línea. Las redes blockchain, con sus características únicas, son una solución a este problema.

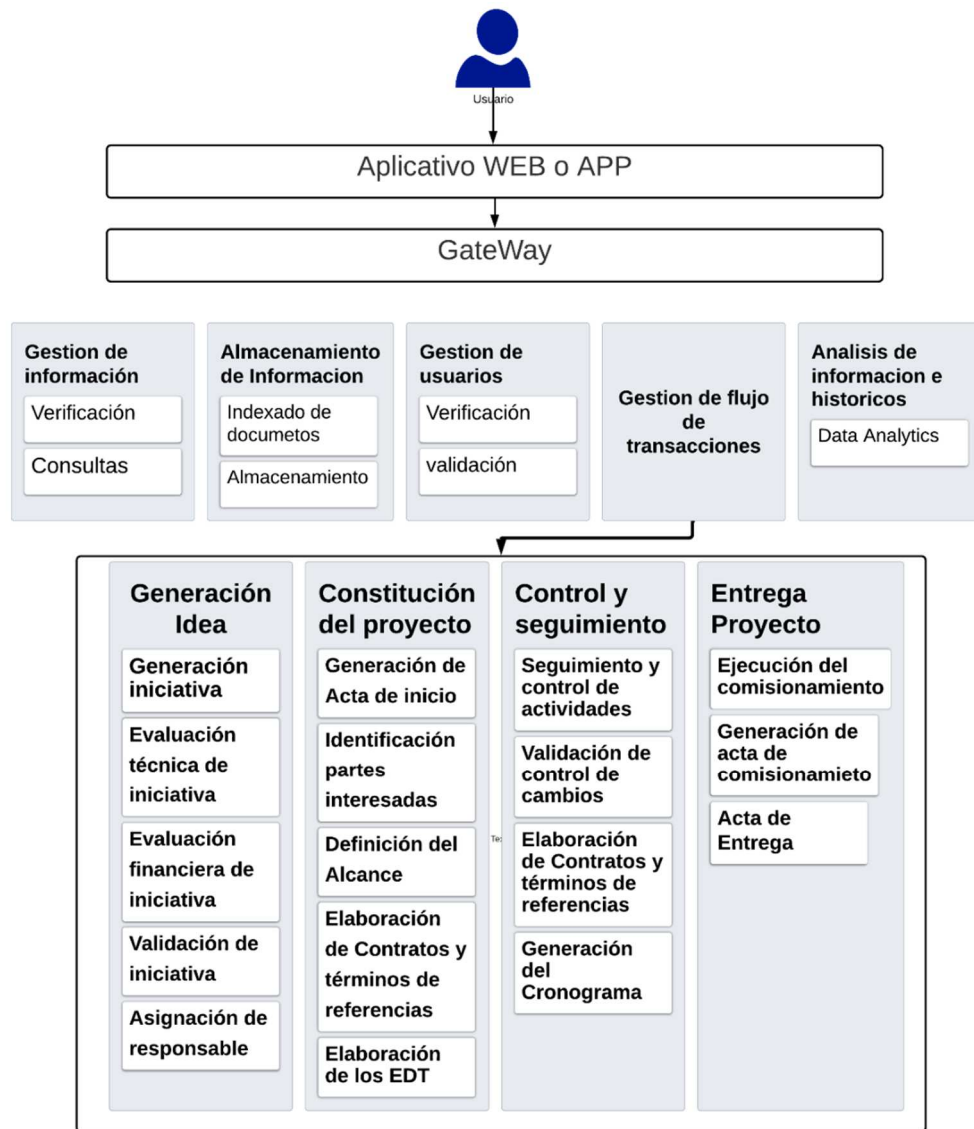


Ilustración 24 Diagrama de bloques del flujo de ejecución de proyectos e información

Fuente. Elaboración propia

La red en Hyperladegr Fabric cumple con las especificaciones necesarias para garantizar los requerimientos solicitados, a modo ilustrativo la ilustración 24 contiene la arquitectura típica de una red Hyperladger, donde claramente se observa los componentes necesarios para la operación.

Cada elemento cumple con una función específica dentro de la red, estos elementos llamados nodos contienen copias actualizadas de los contratos

inteligentes y la red (Ledger), el nodo ordenador que permite coordinar el orden de las transacciones y el mecanismo de consenso, y los respectivos usuarios que envían las solicitudes a través de las aplicaciones y los Gateway de enlace (Androulaki et al., 2018).

La información fluye por el canal de acuerdo con el mecanismo de consenso mostrado en la ilustración 24. La arquitectura planteada está diseñada con el propósito de cumplir con lo definido en el flujo de proyectos propuesto, donde se deben especificar los componentes conforme a la estructura de la red del Blockchain. Esta contiene los mecanismos de verificación y mantiene el orden y flujo requeridos de la necesidad (Hyperledger Fabric, 2021).

Se debe definir los componentes que son los contratos inteligentes (chaincode), las organizaciones la cual pertenecen los usuarios, y los bloques o ledger que son los que mantienen la información del histórico de las transacciones actualizada.

En relación con la problemática expuesta, el objetivo principal es estructurar lo definido e ilustrado en el anexo 2, que corresponde al flujograma de proyecto escogido, en una red de blockchain de Hyperladger Fabric, cumpliendo con los requerimientos definidos, donde cada elemento interactúa con la lógica y el flujograma de la red, es decir, adaptar el esquema de proyectos propuesto a una red de Blockchain.

8.2.4.1 Definiciones para la implementación

En relación con los requerimientos de diseño, se definen los siguientes Ledger: **Iniciativa** (L1) que contienen todo lo relacionado con las evaluaciones, validaciones, estado de aprobación y responsable, **Acta de inicio** (L2) que es donde se realiza la primera socialización y contiene las partes interesadas, **Alcance** (L3), que es el detalle del alcance y los entregables (EDT), **Cronograma** (L4) que es el detalle de las actividades y las fecha de inicio y finalización, **Acta de entrega** (L5),

que es la oficialización de la entrega de los proyectos, contiene las aprobaciones de los interesados, y para los **contratos de bienes o servicios** se define un bloque (L6).

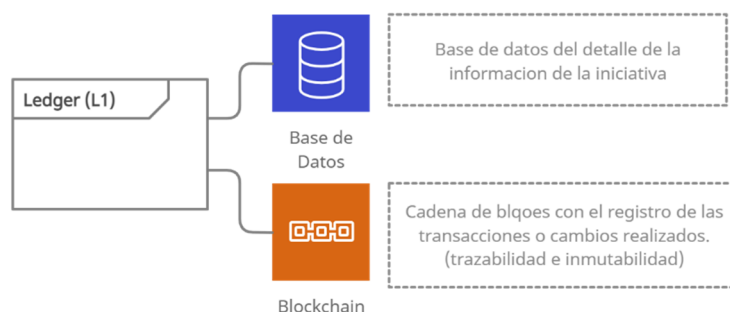


Ilustración 25 Características Ledger o bloque de datos.

Fuente: Elaboración propia

Para la ejecución de las diferentes solicitudes o transacciones, se deben especificar las condiciones y los requisitos, por ejemplo, niveles de aprobación o partes interesadas que deben validar. Esto es la definición de los procesos, y es lo que se conoce como contratos inteligentes (reglas del caso de negocio) o chaincode (S) para el caso de Hyperledger Fabric. Cada contrato indica las condiciones de las modificaciones de la información de cada Ledger y las reglas de funcionamiento de la red. Este contiene las reglas para la modificación de la información almacenada en cada Ledger y posteriormente queda el registro en la cadena de bloque con su copia respectiva, con la característica esencial que es la trazabilidad e inmutabilidad, es decir registro de cada transacción o modificación (Morgera, 2021), el ilustración 25, se observa el modelo de Ledger.

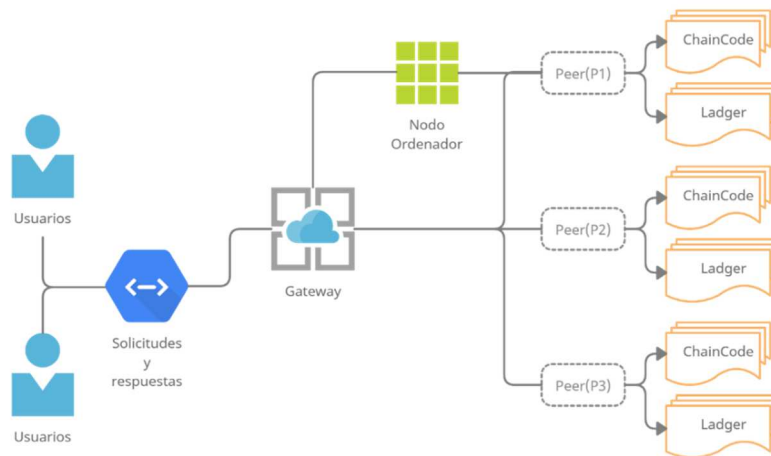


Ilustración 26 Diagrama resumido de arquitectura Hyperladger.

Fuente: elaboración propia

Se definen los chaicodes siguientes: **Iniciativa (S1)** contiene la información detallada del flujo de valoración, validación, aceptación de la propuesta y la asignación del responsable o líder seleccionado, como se mencionó contiene la lógica de las transacciones posibles para definir o estructurar la descripción del proyecto. **Acta de inicio (S2)** define las partes interesadas y el inicio del proyecto, se asigna los interesados de acuerdo con el tipo de iniciativa y el grado de responsabilidad de cada integrante, es decir los niveles de aprobación o consulta. **Alcance (S3)**, corresponde al detalle de los entregables con las características específicas, es decir que quedan plasmadas en las expectativas de los actores interesados y debe incluir el trabajo necesario para completar el proyecto. **Cronograma (S4)**, es la construcción del detalle de las actividades con sus respectivas fechas de inicio y entrega, es el plan de la secuencia de las diferentes acciones que apuntan al cumplimiento del alcance. **Entrega (S5)**, esta es la aceptación final y donde se da por cerrado el proyecto, esta valida y verifica la entrega del proyecto al cliente final, y evidencia la recepción final. **Control de cambios (S6)**, define los mecanismos para el control de cambios requeridos durante la ejecución del proyecto, valida la aceptación por las partes interesadas y

permite ejecutar las modificaciones respectivas, en este se detallan las transacciones que realizan ajustes o cambios de los diferentes entregables o fechas de entregas.

Esta acción resulta cíclica a lo largo del proyecto, y dada su importancia cuenta con un su respectivo mecanismo de consenso. **Adquisiciones (S7)**, plasma todos los contratos de bienes y servicios requeridos para la ejecución del proyecto, en este se encuentran todas las negociaciones realizadas con proveedores externos o internos, esta corresponde a tiempos de entrega, características del bien o servicio o todo lo específico de la negociación.

Un ejemplo específico de un chaicode (contrato inteligente) es mostrado en la ilustración 26, este corresponde a un diagrama de bloques del control de cambios básico del proyecto (Beckert et al., 2018). Esto indica que para aceptar un cambio debe ser validado por las partes interesadas correspondientes, y luego de esto se actualiza la información respectiva y se almacena la transacción en el bloque (Ledger).

La implementación del contrato inteligente se realiza a través de listado de instrucciones (código) que ejecutan acciones de acuerdo al estado de las entradas (Uddin, 2021). Luego de definir las cadenas de bloque y los contratos inteligentes, la estructura de un nodo (peer) queda definido de acuerdo con la ilustración 27, donde se observa claramente la conexión con cada contrato inteligente y cada bloque definido para la respectiva modificación o consulta. Cada nodo puede realizar las respectivas transacciones de los usuarios, definidas con cada uno de los elementos. Mediante el consenso se realizan las modificaciones al proceso del proyecto con todas las propiedades mencionadas del Blockchain. Cada nodo tiene una copia actualizada de cada elemento, y los nodos ordenadores son los encargados de realizar la sincronización respectiva en todos los nodos, es decir que esta estructura se replica a los otros de manera idéntica, que es lo que finalmente conlleva a la descentralización del sistema.



Ilustración 27 diagrama de bloques control de cambio

Fuente: Elaboración propia

Luego de definir los elementos de la red, la estructura de cada nodo se deben definir las organizaciones que van a interactuar. Se define tres organizaciones: organización gerencial, organización operativa y organización contratista (Xu et al., 2020). Cada una tiene una tiene los nodos correspondientes para la validación, verificación y actualización, con sus usuarios respectivos. Cada usuario a través de una herramienta web o móvil propone las transacciones a la red (Mukherjee et al., 2020). Luego por medio de los mecanismos de consenso se valida y verifican las transacciones propuestas por cada usuario de cada organización (Ronquillo, 2021). En toda esta operación interactúan los contratos inteligentes y la cadena del Blockchain incluida en cada nodo como se puede apreciar en la ilustración 27. Cada que se realiza una solicitud y esta es aprobada por el consenso, queda registrada en la cadena de bloques (Morgera, 2021).

Según la arquitectura propuesta, cada usuario, de acuerdo con su rol, puede realizar las operaciones requeridas para gestionar los proyectos. Basados en los resultados de la consulta realizada a algunos integrantes relacionados con el control, seguimiento y planificación de proyectos (Anexo 2), se propone una arquitectura que permite y proporciona al sistema la trazabilidad e inmutabilidad con los elementos registrados en la cadena de bloques y confianza con las propiedades de los contratos inteligentes.

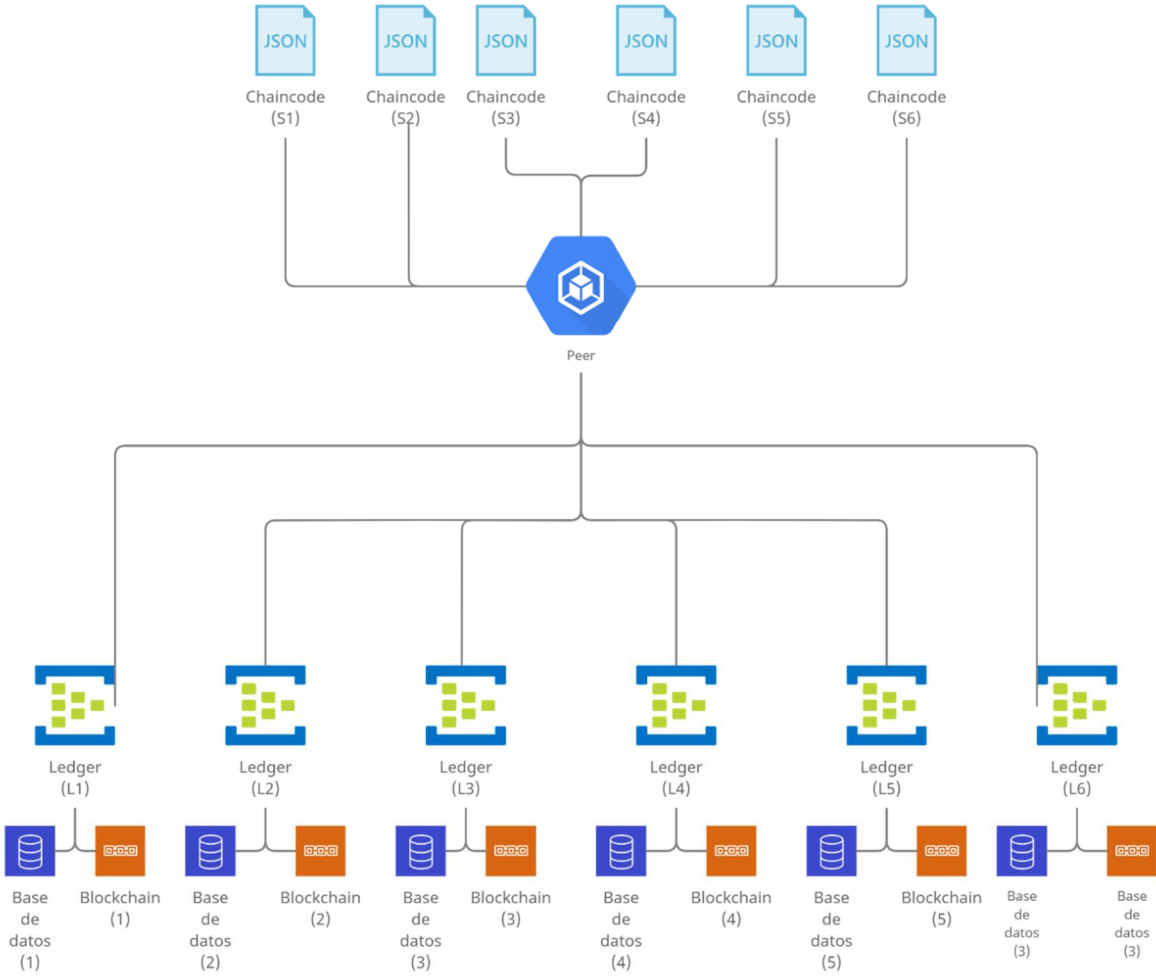


Ilustración 28 Diagrama de bloques de nodo con los contratos inteligentes y los ledgers.

Fuente: Elaboración propia

La arquitectura propuesta contiene todos los componentes para la implementación de código abierto y de entorno empresarial (Androulaki et al., 2018), la cual permite con las descripciones realizadas y los conceptos definidos, desarrollar una herramienta para la gestión integral de proyectos en empresas mineras, con todas las características de las redes de bloques (Dolader et al., 2017), esta puede ser observada gráficamente en la ilustración 28. Allí se ilustra el flujo de proyectos con los respectivos usuarios que son identificados como roles, los cuales fueron definidos anteriormente.

De esta manera cada rol cumple con unas funciones específicas que son descritas en los contratos inteligentes. Cada contrato contiene las condiciones de aprobaciones definidas y permite hacer las modificaciones que quedan incluidas en cada bloque. Para el caso de la constitución del proyecto, este solicita al sistema por medio de una transacción la elaboración de la iniciativa, cuyos detalles se encuentran en el contrato inteligente S1.

Una vez es enviada la solicitud, el nodo autentica al usuario y las características de la transacción, según las funciones asignadas al rol. Se inicia con el generador de idea, que tiene un rol básico con permisos solo de escritura, luego este solicita la creación de una iniciativa. Una vez validada y verificada por el sistema con el respectivo mecanismo de consenso, se escribe en el Ledger 1 y modifica la cadena de bloque asignada. Luego otro usuario con otro rol solicita la modificación del Ledger, que básicamente corresponde a la evaluación técnica de la iniciativa, este con los permisos necesarios, realiza la modificación pertinente, para darle paso a la siguiente aprobación.

Después de las diferentes transacciones y aprobaciones realizadas de acuerdo con el flujograma de proyecto, la escritura del Ledger 1 finaliza con la asignación del responsable del proyecto. De esta manera interactúa la arquitectura propuesta en la tecnología de Blockchain con el flujograma definido para los proyectos. Cada iniciativa sigue una serie de transformaciones descritas en los diferentes contratos inteligentes, y respaldadas en la red de manera confiable y segura.

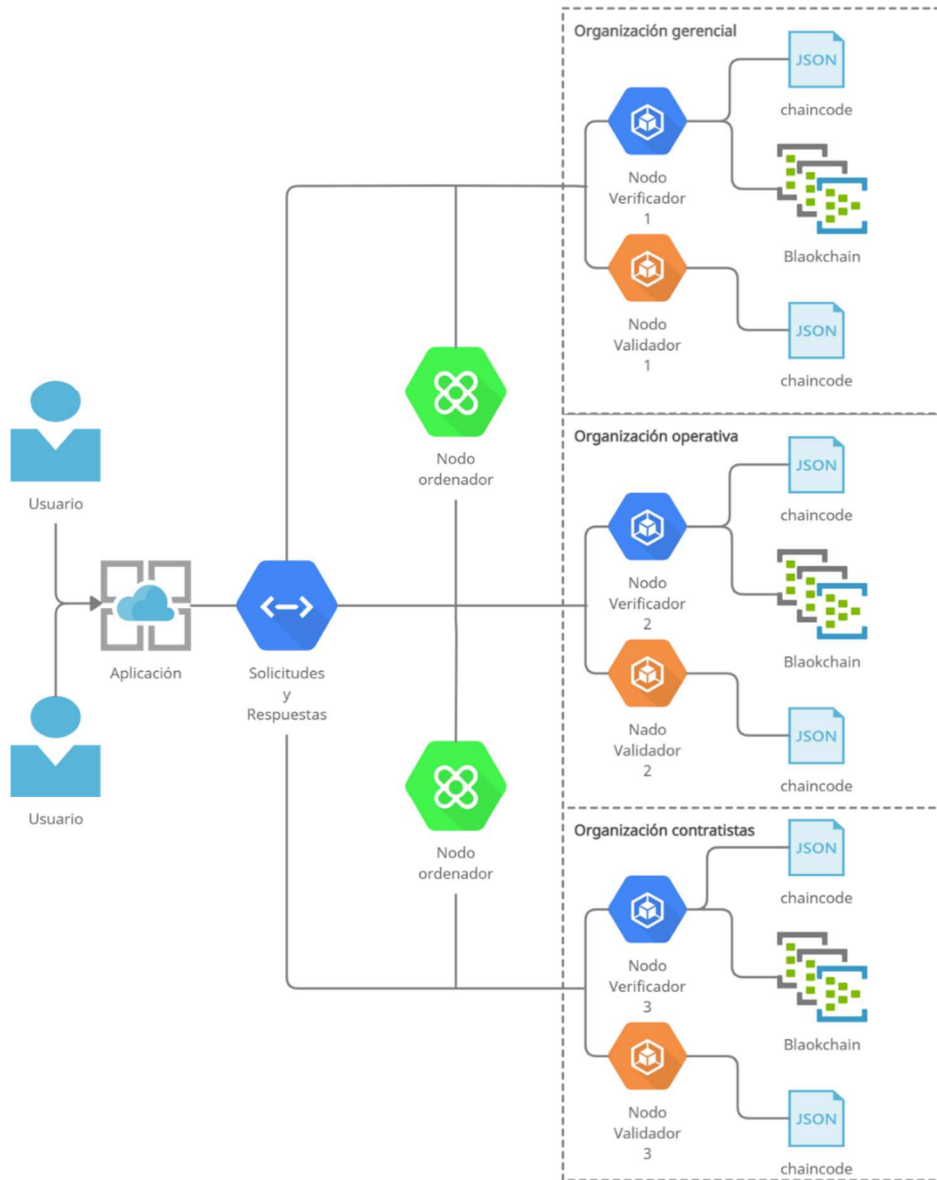


Ilustración 29 Arquitectura Propuesta

Fuente: Elaboración propia

Mediante el uso de esta herramienta cuya estructura se encuentra detallada en la ilustración 29, es posible realizar consultas sobre el estado actual de las iniciativas y proyectos, así como de iniciativas previas. Además, la información plasmada no es susceptible a alteraciones o modificaciones con el paso del tiempo, quedando un registro histórico de las diferentes transacciones y aprobaciones validadas mediante

los mecanismos de consenso. De esta manera, se garantiza la integridad de la información almacenada y se asegura la transparencia en todo el proceso.

También queda la evidencia del desempeño de cada líder y los resultados obtenidos con cada proyecto, por medio de las evidencias al cumplimiento del cronograma, cumplimiento de fechas de hitos importantes, el número de controles de cambios realizados, el desempeño de la planificación vs el control y seguimiento, todo queda plasmado e inalterado en la red de blockchain (Otiz & Pardo, 2021). En tal sentido, esta herramienta puede ser útil para informar sobre el desempeño de las personas que interactúan en los proyectos, y ser parte de la evaluación que identifica, de manera cuantitativa, las fortalezas y las áreas de oportunidad de forma detallada, y no dejarlo solo a las consultas por medio de encuestas que es la herramienta principal utilizada en este tipo de evaluaciones (Leal, 2020).

Se podrían evaluar competencias y habilidades praxeológicas como lo son la planificación y la toma de decisiones; habilidades epistemológicas, como la capacidad de formular y evaluar proyectos; y ser parte del desarrollo organizacional de la compañía (Bédard, 2003).

8.2.5 Grupo focal para validación de arquitectura

Con el propósito de conocer la opinión acerca de la arquitectura propuesta, fue realizado un grupo focal con la participación de un **director de proyectos**, un **jefe de planeación**, un **líder de proyectos** y un **gestor de proyectos**, correspondiente a un grupo homogéneo relacionado directamente con el control y la gestión de proyectos, con la principal característica de ser conocedores directos de las necesidades y requerimientos. Con este grupo se realizaron sesiones de divulgación de la arquitectura de blockchain, donde fue explicado el propósito de la estructura de la red, de forma detallada. Luego se procedió con el envío de las encuestas a través de la plataforma de Gogle Form, con las preguntas incluidas en el Anexo 3. Con esta herramienta cada participante envió las respuestas de cada una de las preguntas.

Todas las respuestas quedaron en formato Word y Excel para facilitar el procesamiento y el análisis de la información. La información es organizada y estructurada en tablas para facilitar el análisis (J. Vargas & Ibáñez, 2008).

A cada pregunta se le definió una etiqueta de clasificación, de acuerdo con el concepto presentado, y así identificar patrones o ideas comunes. Se clasificaron y codificaron 10 conceptos a lo largo de las respuestas enviadas. En la ilustración 30 se observan por medio de nube de palabras los conceptos registrados a lo largo de los documentos y en la tabla 6 el porcentaje de participación de los más representativos.

Proyecto	Conceptos sobre la gestión de proyectos	16%
Control	Alternativa de control aceptada	13%
Herramienta	Se identifica la propuesta como una herramienta	9%
Tecnología	Se identifica como alternativa tecnológica apropiada	7%
Trazabilidad	Alternativa apropiada para la trazabilidad de información	6%
Aprobación	Alternativa para la aprobación de cambios	4%
Gestión	Apropiada para la gestión de proyectos	4%
Información	Herramienta aseguradora de la información	4%
Versión	Control de versiones de la documentación	4%
Beneficio	La Propuesta entrega un beneficio	3%
Total de la información extraída de las encuestas		70%

Tabla 6 Principales conceptos comunes identificados

Fuente: elaboración propia a partir de las respuestas del grupo focal

Adicional también se extraen palabras comunes utilizadas en las diferentes respuestas entregadas, estas están relacionan el mismo concepto o idea. Las palabras más utilizadas están: **Proyectos** con un uso del 31% (contexto general), **Control** con el 15% (ofrece confianza y transparencia), **Herramienta** con el 13% (aceptación como herramienta), **Segura** con el 13% (herramienta confiable) y **Dispuesto** con el 13% (aceptación). En total el 54% son palabras de apoyo y aceptación de la propuesta. En la ilustración 31 se puede observar los resultados de las frecuencias de palabras más usadas.

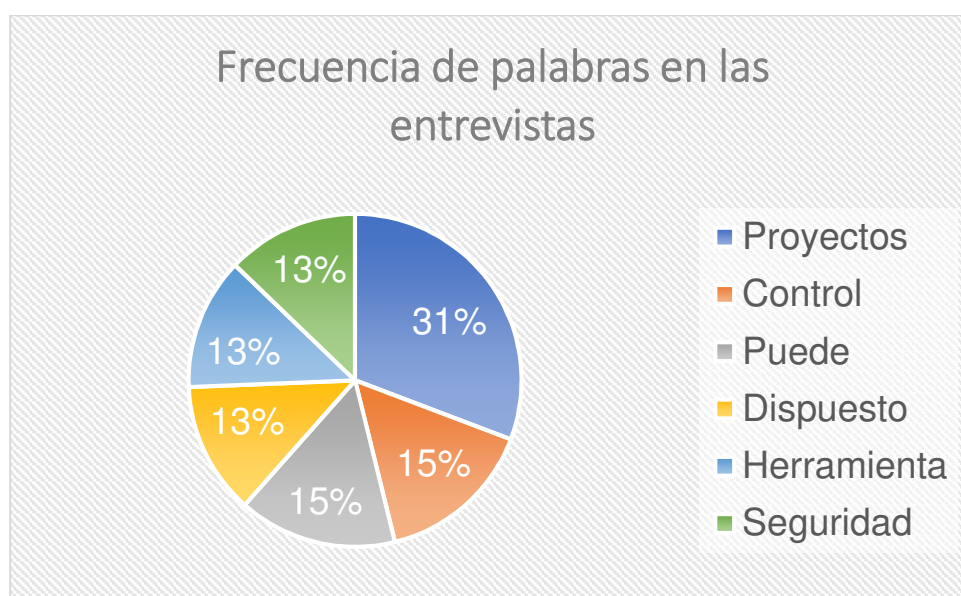


Ilustración 31 Análisis semántico de palabras

Fuente: Elaboración propia a partir de las respuestas del grupo focal

Luego se realiza una concatenación entre los conceptos y las palabras más utilizadas, para extraer las opiniones o ideas que fueron el común denominador entre los entrevistados. Precisamente estos mecanismos de grupo focal, conlleva a la participación abierta, de la idea propuesta por el moderador.

Los conceptos fueron reunidos de acuerdo a la similitud, con el objeto de concluir la percepción general de propuesta. Los entrevistado opinan que la herramienta brinda la posibilidad de implementar trazabilidad de la información; es considerada una tecnología innovadora apropiada para los requerimientos de gestión; segura y confiable para la trazabilidad de la información; en general una propuesta que cumple con los requisitos y requerimientos. En la tabla 7 se detallan las ideas sustraídas y el porcentaje de participación respecto a las respuestas entregadas. Cada una de ellas es el resultado de la opinión de los encuetados, no obedece a ningún tipo de alteración, solo es el análisis de los conceptos en común presentes en las respuestas.

Herramienta con posibilidad de implementar trazabilidad de la información	17%
Herramienta innovadora y actualizada a las tecnologías actuales	11%
Herramienta segura y confiable para la validación y verificación para el control de cambios	17%
	17%
Herramienta segura y confiable para la custodia de la información	
Aceptación de la idea, apropiada para los requerimientos solicitados	11%
Una desventaja identificada puede ser la oposición al cambio, proveniente del desconocimiento de la tecnología	6%

Tabla 7 Principales conceptos comunes identificados

Fuente: elaboración propia a partir de las respuestas del grupo focal

De la identificación general de ideas, conceptos y palabras comunes de las respuestas de los entrevistados, se sustrae en síntesis que la herramienta es apta para la trazabilidad (17%); que la herramienta tiene suficientes elementos para el control (17%); que la herramienta genera confianza (17%) y que la herramienta es actual e innovadora (11%), de lo que extrae finalmente que los entrevistados **están**

dispuestos a implementar la propuesta y la perciben como una herramienta innovadora que puede asegurar la confianza y la seguridad en la gestión de los proyectos, con una aprobación total del 73% en concepto y del 54% en palabras puntuales. No solo en las empresas mineras del grupo empresarial, también proponen implementarla en marco de la gestión general de proyectos de cualquier índole o naturaleza. En la ilustración 32 se muestra gráficamente la construcción final de la conclusión anterior; como una intersección de conceptos que confluyen a una idea de aceptación final. También se debe prestar atención en la gestión del cambio en el momento de realizar una implementación. Como oportunidad para la herramienta se identificó la necesidad de realizar una buena gestión del cambio, es decir, realizar una propuesta de formación, capacitación y sensibilización de la arquitectura planteada, a todos los usuarios.

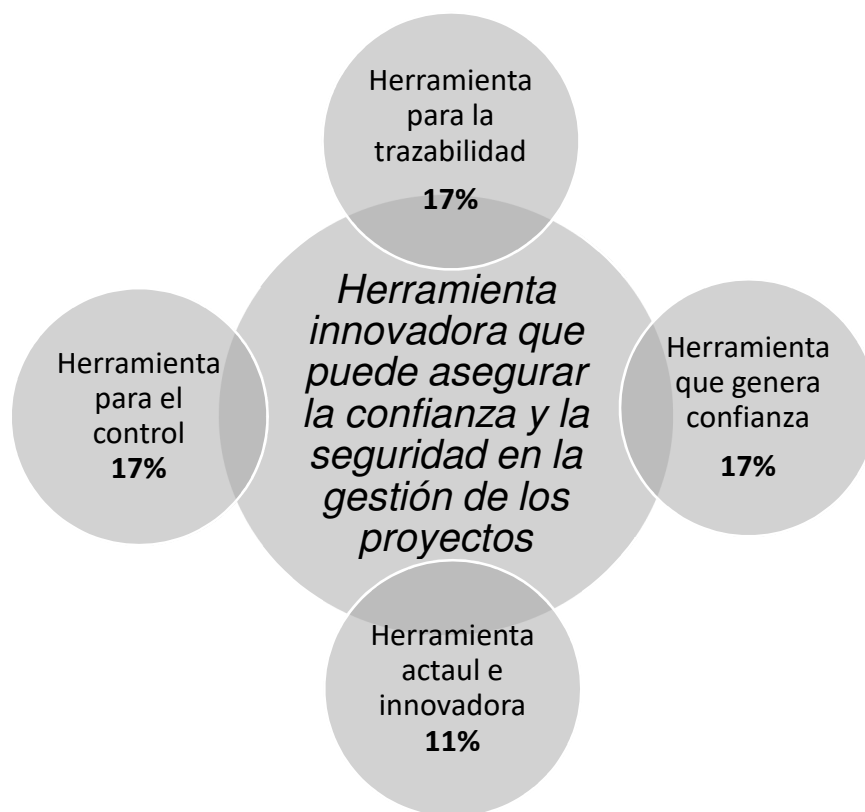


Ilustración 32 Construcción concepto general del grupo focal

Fuente: Elaboración propia a partir de las respuestas del grupo focal

Las palabras como innovadora, seguridad y herramientas fueron las más usadas para describir la propuesta de la plataforma de Blockchain, tal como se visualiza en la ilustración 33, en la nube de palabras, estas son las más usadas en las entrevistas, es decir, ratifica la percepción como una **herramienta innovadora y segura** para la gestión de proyectos mineros.



Ilustración 33 Nube de palabras del grupo focal

Fuente: Elaboración propia a partir de las respuestas del grupo focal

8. CONCLUSIONES

La tecnología del Blockchain es una opción tecnológica viable, que se está convirtiendo en una alternativa cada vez más aceptada para gestionar flujos de información que requieran de seguridad, transparencia y confianza. Más allá de su uso en el mercado de criptomonedas, son muchas las empresas que optan por este tipo de tecnología para mejorar sus procesos y proveer seguridad y confianza a los acuerdos entre partes, como por ejemplo las empresas financieras de tipo Fintech.

La gran ventaja de este tipo de redes blockchain, es la capacidad de brindar seguridad a la información debido a las propiedades relacionadas con la inmutabilidad e inalterabilidad de los datos, así como la cualidad de trazabilidad de registros de las operaciones sobre la red, que proporcionan información de cada modificación realizada en el tiempo, esto queda plasmado en la red y escrito por el chaincode y verificado por los usuarios participantes. Estas propiedades hacen de esta herramienta una alternativa eficiente y eficaz para la gestión y seguimiento de proyectos con el fin de asegurar confianza entre las partes interesadas; transparencia en los flujos de información y disminución en los tiempos entre solicitudes, durante el ciclo de vida de los proyectos. En este marco, por medio de este trabajo de grado de maestría se planteó una propuesta de herramienta para el seguimiento y control de proyectos en empresas mineras, basada en la tecnología de blockchain que garantice la seguridad y trazabilidad de la información durante el ciclo de vida de los proyectos.

El ejercicio preliminar de levantamiento de necesidades permitió identificar la necesidad de implementar herramientas de gestión segura y transparente de la información que permitan un registro histórico del desempeño de los proyectos mineros, la necesidad de generar confianza y de hacer seguimiento del desempeño y los resultados por parte de los líderes. Con base en este ejercicio y la revisión de fuentes bibliográficas, se diseñó una arquitectura que cumpliera con las expectativas y los requerimientos detectados. El análisis de factibilidad de las redes

de Blockchain disponible, permitió identificar que la red Hyperledger Fabric era la más adecuada para el control y seguimiento de proyectos, dadas las necesidades identificadas y el contexto de la empresa, necesidad de control y gestión, control de cambios controlado, y la confianza entre partes.

Partiendo desde una estructura modular definida, Hyperledger Fabric ofrece el desarrollo de aplicaciones cuyos componentes, nodos y mecanismos de consenso son escalables fácilmente y, además, tienen un diseño versátil que se adapta a múltiples necesidades de la industria.

La arquitectura propuesta proporciona mecanismos para asegurar la confiabilidad, transparencia y trazabilidad de la información de los proyectos de la empresa minera analizada; proporcionando a los directivos datos suficientes para la toma de decisiones, así como para valorar y evaluar el desempeño de una PMO. La herramienta diseñada permite, además, gestionar el conocimiento y los aprendizajes para potenciar proyectos futuros de gran envergadura, como los de crecimiento o desarrollo de minas, dado que los líderes tendrán más conocimiento del desempeño de los proyectos, tanto en términos de las debilidades más importantes como de las fortalezas del proceso de implementación de las iniciativas.

En el caso de una organización como Mineros S.A., con presencia en varios países y diferentes operaciones, resulta útil esta propuesta para el control y seguimiento de los proyectos, dado que los diferentes interesados pueden estar en lugares geográficos distantes, ayudando a superar así las dificultades para la validación de los cambios y la gestión de firmas necesarias para la aceptación y la continuidad de los proyectos

Para la implementación de la arquitectura de Blockchain diseñada en la empresa minera analizada se requieren avanzar a futuro en varias vías. En primer lugar, es necesario contar con el apoyo de la alta gerencia, tanto para financiar el desarrollo de la arquitectura como en la creación de un ambiente apropiado para su implementación y adopción, dado que la información puede repercutir en la

valoración y el desempeño de los líderes de proyectos, y es un componente que repercute en los estándares de desarrollo humano y de carrera. En segundo lugar, es necesario avanzar en el desarrollo mismo de la plataforma diseñada, adaptando la estructura lógica y programación de la red Hyperladger Fabric a las necesidades de la empresa identificadas. Para complementar el desarrollo, que se orienta a un proceso de implementación de software, resultaría muy útil aplicar un proceso de elicitation, que consiste en una herramienta para recopilar requisitos funcionales de calidad o rendimiento de sistema (Durán & Bernárdez, 2002).

En tercer lugar, es importante capacitar y sensibilizar a los actores interesados en los proyectos sobre las ventajas de adoptar la herramienta, no solo en el funcionamiento de la herramienta sino también en gestión del cambio en los equipos de trabajo. Se considera que el reto de la implementación no sólo radica su relativa complejidad tecnológica, sino también cambiar las rutinas de la empresa para gestionar los proyectos y el trabajo en equipo.

9. REFERENCIAS

- Acevedo, J. N. M. (2017). *Relación entre Top Of Mind de las marcas y reputación de corporativa de las empresas*. Universidad Externado de Colombia.
- Alvarez, L. (2018). *Análisis de la tecnología blockchain, su entorno y su impacto en modelos de negocios* [Universidad técnica Federico Santa María].
<https://hdl.handle.net/11673/47346>
- Ammi, M., Alarabi, S., & Benkhelifa, E. (2021). Customized blockchain-based architecture for secure smart home for lightweight IoT. *Information Processing and Management*, 58(3), 102482. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2020.102482>
- Andrade, G. (2020). *Análisis de factibilidad en la implementación de blockchain sobre un prototipo de infraestructura IOT-MQTT*. Escuela Politécnica Nacional.
- Androulaki, E., Barger, A., Bortnikov, V., Cachin, C., Christidis, K., De Caro, A., Enyeart, D., Ferris, C., Laventman, G., Manevich, Y., Sethi, M., Singh, G., Smith, K., Sorniotti, A., Stathakopoulou, C., Vukolić, M., Cocco, S. W., & Yellick, J. (2018). Hyperledger Fabric: A Distributed Operating System for Permissioned Blockchains. *Proceedings of the Thirteenth EuroSys Conference*, 1–15. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-7480-4_6
- Arun, J., Cuomo, J., & Gaur, N. (2019). *Blockchain for Business*. Addison-Wesley.
- Beckert, B., Herda, M., Kirsten, M., & Schiffel, J. (2018). Formal Specification and Verification of Hyperledger Fabric Chaincode. *3rd Symposium on Distributed Ledger Technology (SDLT-2018) Co-Located with ICFEM 2018: The 20th International Conference on Formal Engineering Methods, Gold Coast, Australia, November 12, 2018*, 44–48.
- Bédard, R. (2003). El Rombo Y Las Cuatro Dimensiones Filosóficas. *AD-MINISTER Universidad EAFIT*, 3, 68–88.
- Bohórquez, L. (2011). Sistemas de control estratégico y organizacional. Críticas y desafíos. *Revista Ciencias Estratégicas*, 19(26), 307–322.
- Caballero, J. (2019). *Criptomonedas, blockchain y contratos inteligentes*. Universidad Externado de Colombia.
- Calderón, J. (2020). *Aplicativos y Ventajas de la Blockchain en la industria Alimentaria*. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Cardona, V. M., & Orozco, J. (2019). *Propuesta para la aplicación de blockchain en la logística en Colombia: caso de estudio en empresa avícola*.
- Castaño, M. (2009). Del aprendizaje individual al aprendizaje organizacional. *El Cuaderno - Escuela de Ciencias Estratégicas*, 3(6), 219–233.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3175777>
- Castro, B. (2021). *Propuesta de una aplicación basada en la tecnología Blockchain y Smart Contracts para el registro de contratos de arrendamiento*. Universidad Central del Ecuador.
- Díaz, R. (2019). *Application of blockchain technology as a support to decentralize the information across the supply chain in the organic food industry for the Colombian Market*. Universidad EAN.
- Dolader, C., Bel, J., & Muñoz, J. L. (2017). La blockchain : fundamentos, aplicaciones y

- relación con otras tecnologías disruptivas. *Economía Industrial*, 405, 33–40.
- Drescher, D. (2017). Blockchain basics: A non-technical introduction in 25 steps. In *Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction in 25 Steps*. Apress. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2604-9>
- Durán, A., & Bernárdez, B. (2002). *Metodología para la Elicitación de Requisitos de Sistemas Sftware Versión 2.3 Related papers Metodología para la Elicitación de Requisitos de Sistemas Sftware Versión 2.1*. Universidad de Sevilla.
- Escobar, J., & Bonilla, I. (2009). Grupos Focales : Una Guía Conceptual Y Metodológica. *Cuadernos Hispanoamericanos de Psicología*, 9(1), 51–67.
- Eslava, A., Silva, S., Tobón, A., & Vélez, S. (2014). Oro sin sangre basado en la confianza. Ideas para una nueva economía política de la minería aurífera colombiana. *Revista Opera*, 14(14), 119–135. <http://revistas.uexternado.edu.co/index.php/opera/article/view/3843/4154>
- Frizzo-Barker, J., Chow-White, P. A., Adams, P. R., Mentanko, J., Ha, D., & Green, S. (2020). Blockchain as a disruptive technology for business: A systematic review. *International Journal of Information Management*, 51(October 2019), 102029. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.10.014>
- García, E. (2018). Luces y sombras sobre el impacto del blockchain en la gestión de documentos. *Anuario ThinkEPI*, 12, 345–351. <https://doi.org/10.3145/thinkepi.2018.58>
- García, J. (2019). *Blockchain y su aplicación práctica al marketing digital Blockchain* [Universidad de Cantabria]. <http://zaguan.unizar.es/TAZ/EUCS/2014/14180/TAZ-TFG-2014-408.pdf>
- Gómez, I. (2018). *Blockchain. La revolución de la industria - Aplicación académica*. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Graf, M., Kusters, R., & Rausch, D. (2020). Accountability in a Permissioned Blockchain: Formal Analysis of Hyperledger Fabric. *2020 IEEE European Symposium on Security and Privacy 2020 IEEE European Symposium on Security and Privacy, (Euro S&P)*, 236–255. <https://doi.org/10.1109/EuroSP48549.2020.00023>
- Granillo, R. (2011). *Conceptualización de la administración de proyectos y la importancia de los stakeholders*.
- Guevara, J. D., Bello, N. A., García, O. A., & Abuchar, A. (2017). Aproximación PMBOK a la estructura de la gestión de proyectos. *Tecnología, Investigación y Academia*, 5(1), 111–120. <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tia/issue/archive>
- Hamui, A., & Varela, M. (2013). La técnica de grupos focales. *Investigación En Educación Médica*, 2(1), 55–60.
- Hernández, L., & Bravo, B. (2020). Diseño de un procedimiento para la gestión ágil de proyectos de desarrollo de software alineados a la guía del PMBOK. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información*, 32(1), 229–241.
- Herrera, R. M. (2020). Blockchain, Una Tecnología Disruptiva Hacia El Internet De Generación De Valor. Blockchain, a Disruptive Technology Towards the Internet of Value Generation. *X Simposio Internacional de Telecomunicaciones*, 1–9.
- Hewavitharana, T., Nanayakkara, S., & Perera, S. (2019). *Blockchain as a project management platform*. November, 130–173. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9687-5.ch006>

- Hyperledger Fabric. (2021). *Hyperledger-Fabric Documentation Release master*.
https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/_/downloads/en/release-2.0/pdf/
- Jaramillo, M., Beltrán, A., & Molina, A. (2016). *Elaboración de una guía para la planeación y control de alcance, tiempo, costo y partes interesadas para proyectos de construcción. Caso práctico: Construcción Multifamiliar Rincón del Bosque - Constructora CHM S.A.S.* <http://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/459>
- Kaplan, R., & Norton, D. (2011). Poniendo el Balanced Scorecard en acción. *Harvard Business Review*, 1–65.
- Large, S. (2012). *Planificación y Control de Proyectos Lineales Repetitivos*.
- Leal, S. (2020). Competencias blandas en los gerentes de proyecto de las organizaciones. *Res Non Verba*, 10(1), 1–24.
- Liang, Z., Zhou, K., Gao, R., & Gao, K. (2020). Special equipment safety supervision system architecture based on blockchain technology. *Applied Sciences*, 10(20), 1–15.
<https://doi.org/10.3390/app10207344>
- Lopez, F., Béjar, R., Latre, M. A., Noguerras, J., & Zarazaga, F. J. (2015). GitHub como herramienta docente. *Actas de Las XXI Jornadas de La Enseñanza Universitaria de La Informática*, 66–73.
<http://subversion.apache.org/3http://mercurial.selenic.com/4http://git-scm.com/%0Ahttps://upcommons.upc.edu/handle/2117/76761>
- Lopez, J. C. (2004). Los orígenes del modelo de análisis DOFA del modelo de análisis DOFA. *Auditoria De Sistemas Informaticos*, 1–15.
- Lucas, P. (2014). Gestión de las Empresas por Procesos. In *Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona*.
- Maldonado, I. G. (2018). *Aplicación De La Tecnología Blockchain En Proyectos De Ongs*. Universidad Pontificia Comillas ICAI- ICADE.
- Mella, O. (2000). Grupos focales (“focus groups”). Técnica de investigación cualitativa. *CIDE*, 3, 1–27.
- Mendoza, M., González-Serrano, C., & Pino, F. J. (2013). Focus Group Como Proceso En Ingeniería De Software: Una Experiencia Desde La Práctica Focus Group As a Software Engineering Process: an Experience From the Praxis. *Dyna*, 80(181), 51–60.
- Merchán, C. (2012). *Implementación de mejores prácticas en la gestión del alcance de proyectos mayores*. Universidad Católica Andrés Bello.
- Merlec, M. M., Lee, Y. K., Hong, S. P., & In, H. P. (2021). A smart contract-based dynamic consent management system for personal data usage under GDPR. *Sensors*, 21(23), 1–24. <https://doi.org/10.3390/s21237994>
- Monsalve, S. (2022). *Propuesta de rediseño al servicio de programación y control de proyectos para la gerencia de minería en una empresa consultora de ingeniería*. Universidad De Chile.
- Morgera, D. (2021). *Implementación de Alastria ID en Hyperledger Fabric*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Mukherjee, P. P., Boshra, A. A., Ashraf, M. M., & Biswas, M. (2020). A Hyper-ledger Fabric Framework as a Service for Improved Quality E-voting System. *2020 IEEE Region 10 Symposium, TENSYP 2020, June*, 394–397.
<https://doi.org/10.1109/TENSYP50017.2020.9230820>
- Muñoz, M. L. (2010). *Aplicación del flujograma a una pyme y resultados de la*

- experiencia.*
[https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13078/Experimentando El Flujograma.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13078/Experimentando%20El%20Flujograma.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Nakamoto, S. (2017). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *Decentralized Business Review*, 552–557. https://doi.org/10.1162/ARTL_a_00247
- Ospina, J. D., Osorio, J. G., Henao, A. M., Palacio, D. A., & Giraldo, J. (2021). Retos y oportunidades para la industria minera como potencial impulsor del desarrollo en Colombia. *TecnoLógicas*, 24(50), 18. <https://doi.org/10.22430/22565337.1683>
- Otiz, V., & Pardo, H. (2021). *Importancia y ventajas de los kpi (key performance indicators) en los proyectos: enfoque de procesos en el sector petrolero*. Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga.
- Paredes, E. (2013). *Adaptación de modelos kanban, kaizen y 5´s en la empresa de caucho Miguel García* [Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito]. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- Parrondo, L. (2018). Tecnología blockchain, una nueva era para la empresa. *Revista de Contabilidad y Dirección*, 27(2018), 11–31. https://accid.org/wp-content/uploads/2019/04/Tecnología_blockchain__una_nueva_era_para_la_empresa_L_Parrondologo.pdf
- Pérez, K. (2021). *Análisis de los distintos tipos de cadena de blques*. Universidad Abierta de Cataluña.
- Polge, J., Robert, J., & Le Traon, Y. (2021). Permissioned blockchain frameworks in the industry: A comparison. *ICT Express*, 7(2), 229–233. <https://doi.org/10.1016/j.ict.2020.09.002>
- Preukschat, A. (2018). *Comunidad blockchain el futuro de la criptoconomía descentralizada y las ico's*. Blockchain España.
- Prieto, J., Páez, H., & Vargas, H. (2011). Sistemas de información para la gerencia de proyectos: estandarización de procesos y herramientas computacionales. *Encuentro Latinoamericano de Gestión y Economía de La Construcción, January 2011*, 8. https://www.researchgate.net/profile/Holmes-Paez/publication/283491299_Sistemas_de_informacion_para_la_gerencia_de_proyectos_estandarizacion_de_procesos_y_herramientas_computacionales/links/563a70e908aee0531dcb389/Sistemas-de-informacion-para-la-gerencia
- Quesada, F. (2019). *Introducción a la Tecnología Blockchain*. Universidad De Jaén.
- Quincho, R., Cárdenas, J., Quispe, C., Flores, I., & Inga, V. (2022). Formularios de google y elaboración de instrumentos de evaluación por competencias. *Revista Conrado*, 18(85), 424–428.
- Ramírez Hidalgo, P. D. (2013). *Modelo de gestión y administración de proyectos operacionales*. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/114497>
- Riveros, D., Martínez, G., González, J., & Cabrera, N. (2016). Diseño e implementación de tecnologías blockchain para el sector salud en Colombia. *Procede Del Padre y Del Hijo*. <https://doi.org/10.3726/978-3-0352-0094-2/1>
- Rodríguez, A. (2013). Gestión de los Stakeholders. Gestión de los Grupos de Interés. *Escuela de Administración de Negocios*, 75.
- Rodríguez, E., & Palacios, M. (2010). La integración de la dirección de proyectos con la función de compras integrada. un caso práctico. *XIV INTERNATIONAL CONGRESS*

ON PROJECT ENGINEERING, 516–525.

- Roldán, M., & Romagnano, M. (2019). *Sistema de gestión administrativa utilizando blockchain* [Universidad Nacional de San Juan]. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/77229>
- Ronquillo, G. (2021). *Propuesta de Modelo de Gestión Documental académica inteligente empleando Blockchain*. Escuela Politécnica Nacional.
- Rubén, J., Amézquita, R., Baez, E. S., Guillermo, J., Manríquez, M., Manuel, S., Soldara, M., & Gómez, G. G. (2018). La implementación del blockchain en la vida cotidiana. *Pistas Educativas Vol. 40*, 40(130), 1874–1883.
- Sánchez, M., Canal, R., & Martín, M. (2017). Estándares de uso de grupos focales para estudios internacionales en las ciencias de la salud. *Atas CIAIQ2017*, 2, 940–949.
- Schwarz, M. (2018). Blockchain en la Industria Minera : Registro de Recursos y Reservas Minerales bajo criterios de NI-43101 Max Schwarz Universidad de Lima. *Mundo Empresarial*.
- Silva, H. (2012). La importancia del comportamiento del consumidor: factor diferenciador de las organizaciones. *TEACs*, 4(9), 37–49.
- Silva, R. B. (2019). *Desarrollo de aplicación blockchain para proyectos de generación distribuida en Chile*. Universidad De CHILE.
- Suárez, J. (2015). *Evaluación de modelo para la medición del impacto de una estrategia de marketing relacional en la industria de servicios mineros*. Universidad Nacional de Colombia.
- Swan, M. (2015). Blockchain: Blueprint for a new economy. In *O'Reilly Media, Inc.*
- Tapscott, D., Tapscott, A., Por, T., & Salmerón, J. M. (2017). *La revolución blockchain Descubre cómo esta nueva tecnología transformará la economía global*. Ediciones Deusto.
- Tekreeti, A. (2019). *Using blockchain as a Project Management Device* [British University in Dubai]. <https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2019/06/using-blockchain-as-a-project-management-device/>
- Terrazas, R. A. (2009). Modelo Conceptual Para La Gestión De Proyectos. *Perspectivas*, 24, 165–188.
- Torres, M. de pilar. (2018). *Tecnología Blockchain*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Tudela, I. (2019). *Arquitectura blockchain para la securización de dispositivos IoT mediante smart contracts* [Universida de Vigo]. [http://castor.det.uvigo.es:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/345/TFG_Iago Tudela Díaz.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://castor.det.uvigo.es:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/345/TFG_Iago_Tudela_Díaz.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Uddin, M. (2021). Blockchain Medledger: Hyperledger fabric enabled drug traceability system for counterfeit drugs in pharmaceutical industry. *International Journal of Pharmaceutics*, 597, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2021.120235>
- Vallenilla, R. (2011). Redes sociales y consumidores jóvenes. *DEBATES IESA*, XVI(4), 54–59.
- Vargas, J., & Ibáñez, E. (2008). Grupos Focales En La Evaluación De Material Didáctico. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 11(3), 68–82.
- Vargas, L. (2021). *La minería en Colombia, una mirada hacia los contratos de cuentas en participación y el Joint Venture* (Vol. 5, Issue 3). Universidad Militar Nueva Granada.
- Wilcarani, H., Camargo, M., Huaco, P., & Alegre, C. (2021). *Modelo de evaluación y*

dirección de proyectos para la minera shougang hierro Perú S . A . A . Universidad Peruana De Ciencias Aplica.

Xu, J., Zhang, H., & Gong, J. (2020). Analysis for blockchain application quality. *IWESQ@ APSEC*, 35–38.

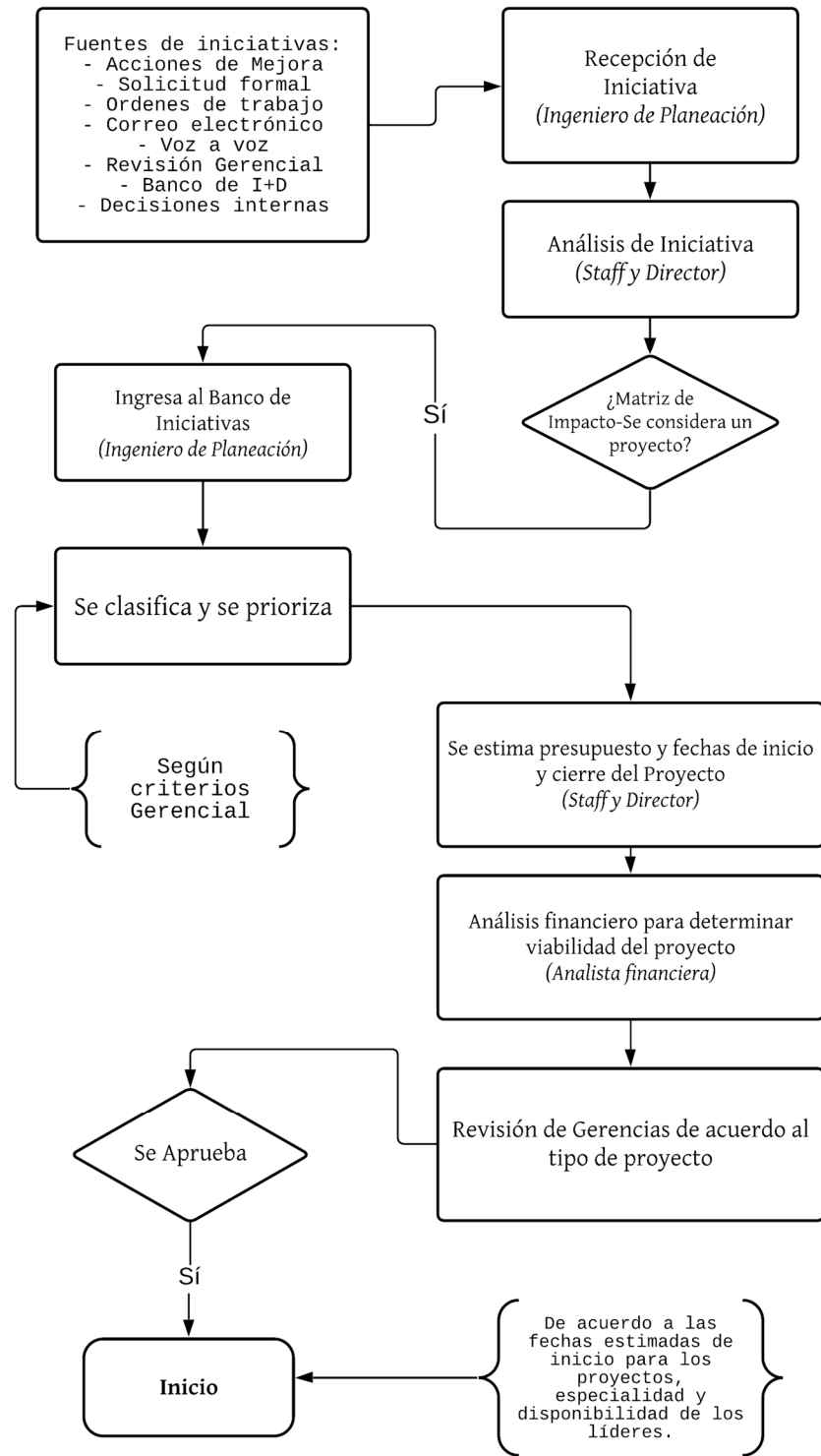
Zamorra, I. (2019). *La importancia de los proyectos en el entorno corporativo*. Universidad Militar Nueva Granada.

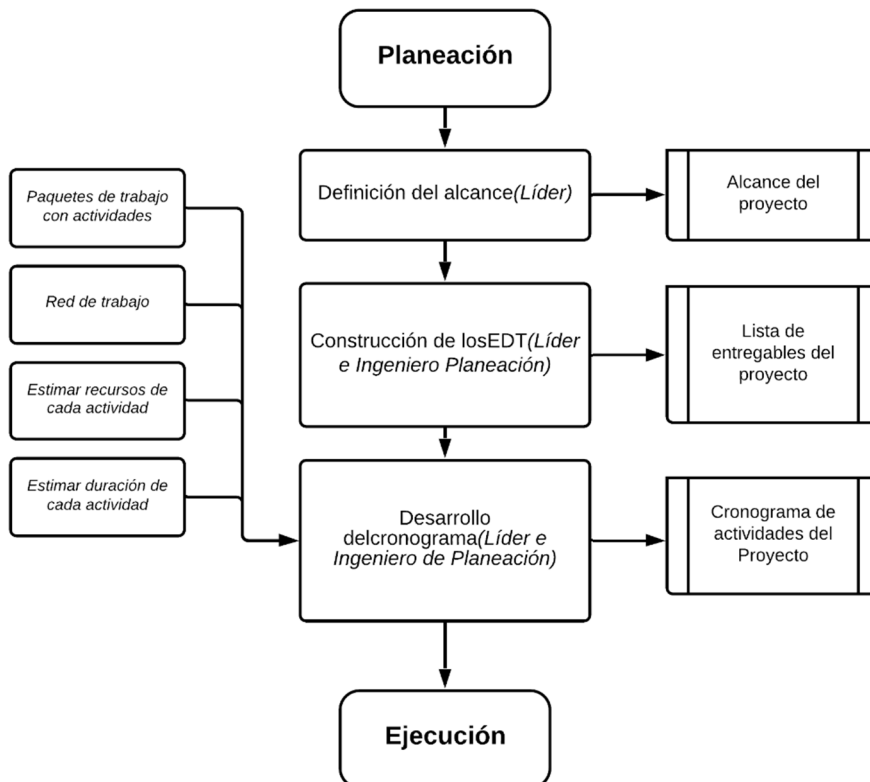
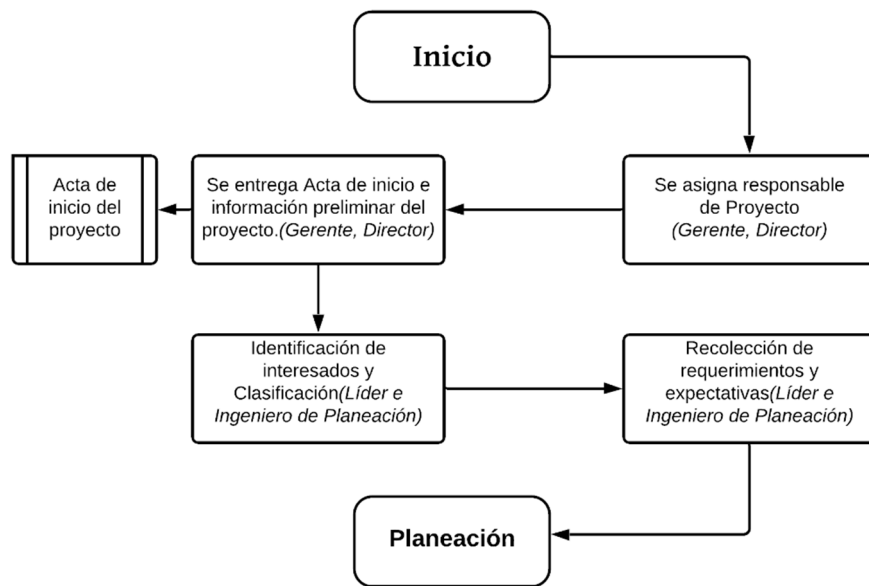
8. ANEXOS

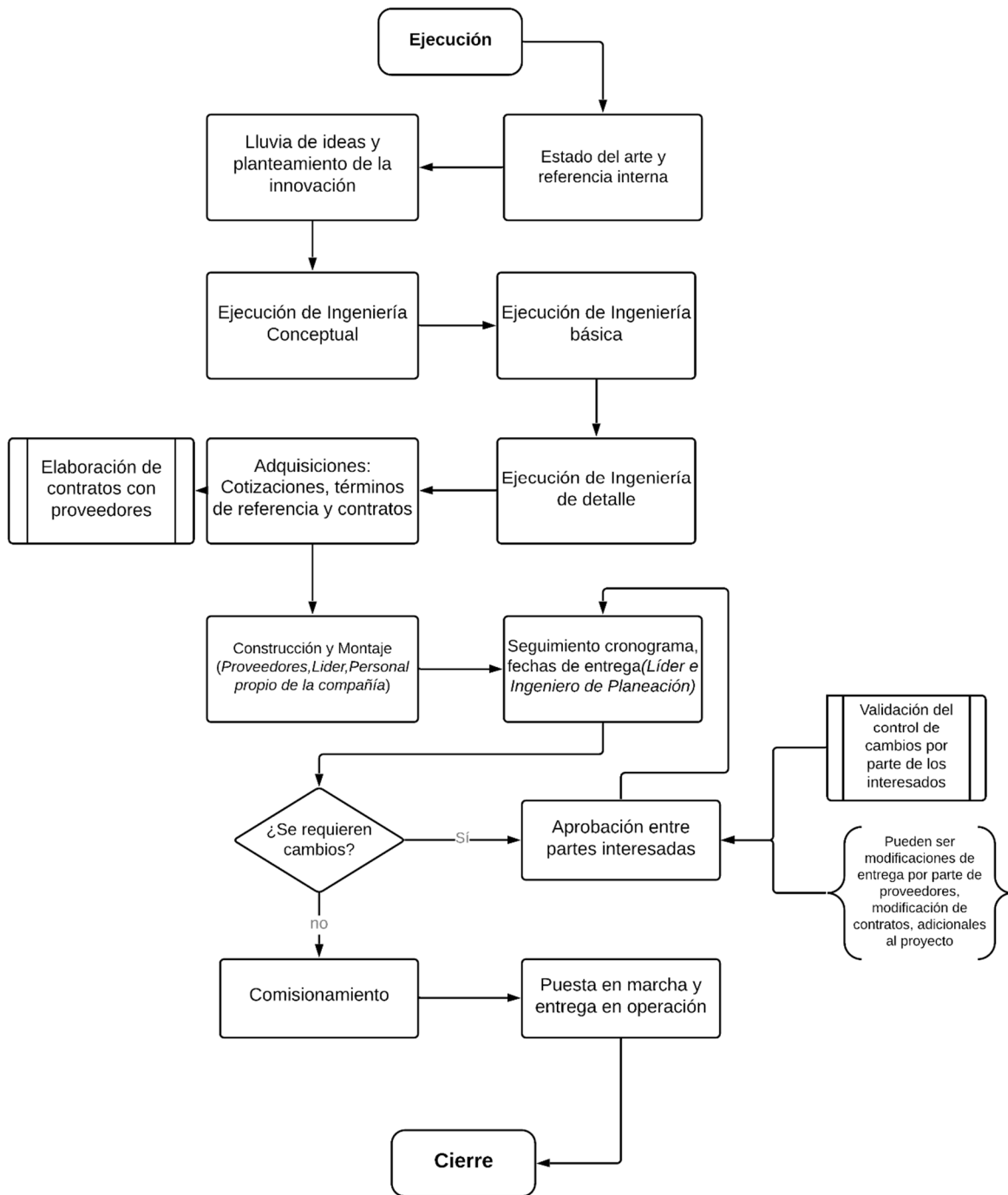
Anexo 1. Guía de la entrevista

- 1) ¿Qué herramienta conoce para el seguimiento y control de proyectos?
- 2) De las anteriormente mencionadas, ¿son estas herramientas confiables ante modificaciones que garantizan la aprobación entre las partes interesadas?
- 3) ¿Considera usted que se debe contar con una herramienta que garantice la trazabilidad de la información durante la ejecución del proyecto?
- 4) ¿Qué herramienta conoce que garantice confiabilidad y transparencia en el control de versiones de la documentación?, por ejemplo, la del cronograma o alcance
- 5) Para realizar un control de cambios, esta debe ser validada por las partes interesadas, ¿de qué manera usted realiza este procedimiento para garantizar transparencia?
- 6) ¿Cuál cree usted que el principal reto en la planificación, ejecución y el seguimiento y control de proyectos?
- 7) ¿Cuál es el principal reto en la coordinación de actividades entre diferentes departamentos, tales como mantenimiento, compras, desarrollo humano, entre otros?

Anexo 2. Flujograma proyecto







Anexo 3. Tablas de resultados grupos focales

Tabla 8 Pregunta 1 Grupo Focal

Respuesta pregunta

¿Cuál cree que es la principal ventaja de la herramienta propuesta?

La posibilidad de mejorar la trazabilidad y el control de cambios en los proyectos mineros, asimismo puede ser implementada en proyectos de cualquier tipo de industria.

Agilidad y seguridad en la aprobación en el control de cambios

Herramienta facilitadora y segura para el cumplimiento de políticas de proyectos

Trazabilidad de la información, seguridad y garantía que la información no fue alterada, transparencia dentro de la compañía

Puede facilitar el proceso de recolección de firmas en documentos de gestión de los diferentes stakeholders y el manejo adecuado de versiones, además de la disponibilidad de la última aprobada.

Información de las respuestas

Tabla 9 Pregunta 2 Grupo Focal

Respuesta pregunta

¿Cuál cree usted que es la principal debilidad de la herramienta propuesta?

Actualmente no hay muchas herramientas para implementar la filosofía blockchain, aunque se está comenzando a consolidar. También puede ser relevante que los usuarios no estemos familiarizados con esta tecnología y se pueda presentar un poco de resistencia.

El paralelismo en la modificación en línea lo cual haría que algunos interesados no pudiese cambiar su opinión con la lectura de otro interesado.

Cálculo de indicadores y seguimiento desde el STAFF con curva S, hoy está muy bien montado, esta herramienta no puede representar doble trabajo o algo adicional por hacer.

La empresa que implemente esta tecnología, ya que conoce el código y lo puede manipular, recomiendo que cada nodo tenga un hardware key.

Puede ser susceptible de que alguien que no esté, retrase los reprocesos de aprobación o que se llenen los sponsor de aprobaciones sin resolver.

Información de las respuestas

Tabla 10 Pregunta 3 Grupo Focal

Respuesta pregunta

¿Estaría dispuesto a utilizar este tipo de herramienta tecnológica para el seguimiento y control de proyectos? de ser así, ¿cuál cree que sería su mayor beneficio de acuerdo a sus expectativas?

Sí estaría dispuesto. Me aportaría a centralizar información, a facilitar el consenso en todas las partes, esto sobre todo en proyectos donde hay demasiados stakeholders.

Sí estaría dispuesto. Mejor beneficio en cuanto a seguridad y disminución de tiempos

Sí estaría dispuesto. Me gustaría iniciar con una prueba piloto en mi dirección para garantizar la seguridad en las información registrada a lo largo de los proyectos

Sí estaría dispuesto. Mayor control y seguridad de proyectos por parte de director y jefe, estado y pendientes fáciles y rápidos de visualizar. Imposible brincar etapas del proyecto

Se establece unos acuerdos iniciales donde queda estipulado en la cadena de bloques, en el cual se puede cruzar con los entregables finales para verificar que todo se puede llevar a cabalidad, otro beneficio es implementar IOT para llevar una trazabilidad en logística, ya que tener perdida o retrasos pactados, pueden afectar los entregables del proyecto, y al tener esto en blockchain, pueden mejorar los procesos.

Si estaría dispuesto. El mayor beneficio que le veo es manejo de versiones y trazabilidad.

Información de las respuestas

Tabla 11 Pregunta 4 Grupo Focal

Respuesta pregunta

¿Cuál es su concepto general acerca de la propuesta?

Interesante e innovadora. Las metodologías y herramientas tradicionales para gestión de proyectos, aunque vigentes, requieren de este tipo de componentes para adecuarse a los retos de la actualidad y que además se puede complementar con la implementación de metodologías ágiles en la gestión de proyectos.

Innovadora y segura.

Muy buena idea, es importante desarrollar un piloto, puede ser con proyectos de alta y mediana incertidumbre cuyas políticas están en construcción

Actual e innovadora, de acuerdo a las tendencias tecnológicas.

Muy bueno, ya que al tener un registro inmodificable, se pueden hacer métricas de indicadores reales, y abre el camino para incorporar otras tecnologías

Información de las respuestas

Tabla 12 Pregunta 5 Grupo Focal

Respuesta pregunta

Entre las herramientas tradicionales de seguimiento y control de proyectos, y esta nueva propuesta, ¿cuál cree más conveniente usar y por qué?

Creo que ambas tienen ventajas y desventajas. Cuando se tenga una mejor consolidación y socialización de las nuevas propuestas como ésta, seguro este tipo de iniciativas serán las más usadas y que facilitarán la interacción con todos los interesados en los proyectos.

Cualquier cambio bien estructurado es bueno. En la actualidad nuestra herramienta funciona bien, al menos desde el punto de vista procedimental, el aspecto por mejorar está relacionado con la seguridad y trazabilidad.

Considero que al concretar más la idea innovadora puede ser más viable que los métodos actuales de control.

Luego de ajustar muchas más la idea del blockchain, sería la mejor opción a utilizar

Esta nueva tecnología me parece apropiada para evolucionar e integrar las herramientas tradicionales por medio de contratos inteligentes, la desventaja es la adopción de esta nueva tecnología ya que para la mayoría de las personas no es clara

Información de las respuestas