



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Creación de Material Digital para la Enseñanza de la Tecnología Blockchain

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniería en Computación

P R E S E N T A N

Diego Andreé Mora Palacios
Sofía Malinalli Gutiérrez García

DIRECTORA DE TESIS

Dra. Rocío Alejandra Aldeco Pérez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024

Dedicatoria

A nuestras familias que nos acompañaron todos los días hasta hoy, a mi compañero/a de trabajo que sin su esfuerzo y paciencia esto no sería posible y a nuestras mascotas que estuvieron en cada momento de trabajo para hacernos compañía.

Agradecimientos

Agradecemos profundamente a la Dra. Rocío Aldeco Pérez y al Ing. Jorge Alberto Solano Gálvez, por su tiempo y guía durante este largo proceso, a la DGAPA por su apoyo para la creación de este material a través del proyecto PAPIME PE103222.

Declaración de autenticidad

Manifestamos explícitamente que la tesis presentada a continuación es un material original de sus creadores (Diego André Mora Palacios y Sofia Malinalli Gutiérrez García), a excepción de cuando se haga referencia específica al trabajo de otras personas y sólo ha sido presentada para este propósito. Este trabajo es el producto de nuestro esfuerzo y la experiencia y guía de la Dra. Rocío Aldeco Pérez y el Ing. Jorge Alberto Solano.

Diego André Mora Palacios

Sofia Malinalli Gutiérrez García

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2023

Resumen

Esta tesis presenta material en línea interactivo que permita a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería aprender los principios computacionales de Blockchain. Este material se diseñará como un Tema Selecto de 6 créditos del plan de estudios de Ingeniería en Computación.

Dicho material se integrará dentro de la plataforma Moodle incluyendo diversas actividades de enseñanza-aprendizaje, actividades de evaluación teóricas y prácticas de programación que incluirán el uso de diversas tecnologías de blockchain como son Hyperledger Fabric, Solidity, Ganache & Metamask y Ethereum.

La creación y uso de este material permitirá a los estudiantes adquirir conocimientos sobre la cadena de bloques, haciendo uso de diferentes recursos digitales que faciliten la comprensión, también podrán complementar los saberes ya ofrecidos por su plan de estudios, a través de diferentes ejercicios guiados, prácticas y un proyecto propuesto utilizando una máquina virtual.

Además, los temas incluidos en esta asignatura pueden usarse de manera independiente para complementar otras materias del plan de estudios como pueden ser Criptografía o Sistemas Distribuidos.

Finalmente, esta asignatura y su correspondiente material pueden ser propuestos como una nueva asignatura al plan de estudios de Ingeniería en Computación cuando se realice su revisión y actualización.

Palabras clave

Blockchain

Contratos inteligentes

Cadena de bloques

Nodo

Base de datos distribuída

Red punto a punto

Material educativo

Bitcoin

Etherum

Hyperledger

Prácticas

Aprendizaje en línea

Índice general

1. Introducción	14
1.1 Antecedentes	14
1.2 Descripción del problema	15
1.3 Propuesta de solución	16
1.4 Objetivo general	17
1.5 Objetivos específicos	17
1.6 Justificación	17
1.7 Alcance	18
1.8 Metodología	18
1.9 Resultados esperados	20
2. Marco teórico	22
2.1 Introducción a la Blockchain	22
2.1.1 Conceptos básicos de Blockchain	22
2.1.2 Aplicaciones de Blockchain	26
2.2 Fundamentos de Blockchain	27
2.2.1 Cómputo Distribuido	27
2.2.2 Criptografía	29
2.2.3 Protocolos de Consenso	30
2.2.4 Smart Contracts	39
2.2.5 Operación de Blockchain	40
2.2.6 Seguridad de Blockchain	42
2.3 Aplicaciones de Blockchain en la solución de problemas de la vida real	44
2.3.1 Ejemplos de aplicaciones de blockchain	44
2.3.2 Cómo aplicar blockchain a la solución de problemas	45
2.4 Diseño de material en línea, interactivo y gratuito	46
2.4.1 Principios del diseño educativo	46
2.4.2 Elementos del diseño de material en línea	47
2.5 Importancia de Blockchain en la educación superior	48
2.5.1 Importancia para estudiantes	48
2.5.2 Aplicaciones Interdisciplinarias	48

2.6 Educación en línea sobre Blockchain	49
3. Desarrollo del proyecto	53
3.1 Diseño curricular	53
3.1.1 Objetivo de la asignatura	53
3.1.2 Diseño de las unidades de aprendizaje	54
3.1.3 Diseño de la evaluación	56
3.2 Diseño instruccional	57
3.2.1 Elección de metodología didáctica	57
3.2.2 Recopilación del material y revisión bibliográfica	57
3.2.3 Diseño de actividades teóricas y prácticas	57
3.2.4 Diseño de rúbricas de evaluación	58
3.2.5 Diseño de actividades de evaluación	58
3.3 Creación de material	58
3.3.1 Crear material digital interactivo	58
3.3.2 Crear prácticas de programación	58
3.3.3 Implementación de evaluaciones	59
3.3.4 Inclusión del material en la plataforma Moodle	59
3.3.5 Descripción de material completo	59
3.4 Módulo 1, Fundamentos teóricos de blockchain	63
3.5 Módulo 2, Qué es blockchain	63
3.6 Módulo 3, Protocolos de consenso	65
3.7 Módulo 4, Aplicaciones	66
3.8 Módulo 5, Cuando usar y cuándo no usar una Blockchain	68
3.9 Evaluación con usuarios	69
3. 10 Implementar mejoras identificadas	70
4. Pruebas y Resultados	72
4.1 Diseño Curricular de la Asignatura	72
4.2 Unidad o Módulo teórico	73
4.2.1 Material Didáctico Digital Interactivo	74
4.3 UAPA	80
4.4 Evaluaciones	82

4.4.1 Autoevaluaciones	82
4.4.2 Exámenes por módulo	83
4.4.3 Banco de preguntas	84
4.4.4 Rúbricas	85
4.5 Actividades de programación	85
4.5.1 Ejercicios Guiados	86
4.5.2 Prácticas	88
4.5.3 Proyectos	90
4.6 Evaluaciones con usuarios y mejoras realizadas	91
4.7 Cronograma de actividades del proyecto completo	112
4.8 Impacto en la Formación y Desarrollo Tecnológico	115
5. Conclusiones y trabajo futuro	118
Bibliografía	123
Anexos	128
Anexo A. Material Creado	128

Índice de figuras

Figura 2.1 Algoritmo PoW

Figura 2.2 Algoritmo pBFT

Figura 2.3. Algoritmo RAFT Parte 1: Elección del Nodo Líder

Figura 2.4. Algoritmo RAFT Parte 2: Comunicación entre el nodo líder y los nodos seguidores

Figura 2.5. Estructura de Bloques en una Blockchain

Figura 2.6. Estructura del árbol de Transacciones

Figura 2.7. Ejemplo de programa especializado en Coursera; compuesto de 4 cursos independientes.

Figura 4.1 Ejemplo de la división y Organización de los recursos diseñados por módulo

Figura 4.2 Visualización de un libro digital en Moodle

Figura 4.3 Ejemplo de una presentación en los libros digitales

Figura 4.4 Ejemplo de un texto interactivo en los libros digitales

Figura 4.5 Ejemplo de un texto desplegable en los libros digitales

Figura 4.6 Ejemplo de un slideshow en los libros digitales

Figura 4.7 Ejemplo de una Memory Card en los libros digitales

Figura 4.8 Ejemplo de una imagen ilustrando un concepto en los libros digitales

Figura 4.9 Ejemplo de una imagen interactiva sin desplegable activado

Figura 4.10 Ejemplo de una imagen interactiva con desplegable activado

Figura 4.11 Ejemplo de un cuadro comparativo en un libro digital

Figura 4.12 Ejemplo de un video animado en un libro digital

Figura 4.13 Estructura y recursos del tema 4 en Moodle

Figura 4.14 Estructura general de una UAPA

Figura 4.15 Diseño de una autoevaluación en un libro digital

Figura 4.16 Diseño de la evaluación tema 1

Figura 4.17 Muestra de las evaluaciones creadas en Moodle

Figura 4.18 Diseño de la evaluación tema 3

Figura 4.19 Muestra de un banco de preguntas

Figura 4.20 Estructura de una rúbrica para prácticas del tema 4

Figura 4.21 Estructura general del documento de un ejercicio guiado

Figura 4.22 Apartado de desarrollo secuencial en un ejercicio guiado

Figura 4.23 Visualización de video con voice - over en el buscador

Figura 4.24 Ubicación de las prácticas en Moodle

Figura 4.25 Estructura de una práctica

Figura 4.26 Estructura de rúbrica de una práctica

Figura 4.27 Estructura de una propuesta de proyecto

Figura 4.28 Estructura de rúbrica de evaluación de proyectos

Figura 4.29 Estructura del cuestionario de retroalimentación en la sección de satisfacción

Figura 4.30 Gráficas de resultados de satisfacción Tema 1 y 2 Parte 1

Figura 4.31 Gráficas de resultados de satisfacción Tema 1 y 2 Parte 2

Figura 4.32 Gráficas de resultados de satisfacción Tema 3 Parte 1

Figura 4.33 Gráficas de resultados de satisfacción Tema 3 Parte 2

Figura 4.34 Gráficas de resultados de satisfacción Tema 4 Parte 1

Figura 4.35 Gráficas de resultados de satisfacción Tema 4 Parte 2

Figura 4.36 Estructura del cuestionario de retroalimentación en la sección de opinión

Figura 4.37 Gráficas de los resultados de la sección de Opinión para el tema 1 y 2

Figura 4.38 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 1 y 2, pregunta 1

Figura 4.39 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 1 y 2, pregunta 2

Figura 4.40 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 1 y 2, pregunta 3

Figura 4.41 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 1 y 2, pregunta 4

Figura 4.42 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 1 y 2, pregunta 5

Figura 4.43 Gráficas de los resultados de la sección de Opinión para el tema 3

Figura 4.44 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 3, pregunta 1

Figura 4.45 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 3, pregunta 2

Figura 4.46 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 3, pregunta 3

Figura 4.47 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 3, pregunta 4

Figura 4.48 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 3, pregunta 5

Figura 4.49 Gráficas de los resultados de la sección de Opinión para el tema 4

Figura 4.50 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 4, pregunta 1

Figura 4.51 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 4, pregunta 2

Figura 4.52 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 4, pregunta 3

Figura 4.53 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 4, pregunta 4

Figura 4.54 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 4, pregunta 5

Figura 4.55 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 1 y 2, pregunta 1

Figura 4.56 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 1 y 2, pregunta 2

Figura 4.57 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 1 y 2, pregunta 3

Figura 4.58 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 1 y 2, pregunta 4

Figura 4.59 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 1 y 2, pregunta 5

Figura 4.60 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 3, pregunta 1

Figura 4.61 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 3, pregunta 2

Figura 4.62 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 3, pregunta 3

Figura 4.63 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 3, pregunta 4

Figura 4.64 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 3, pregunta 5

Figura 4.65 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 4, pregunta 1

Figura 4.66 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 4, pregunta 2

Figura 4.67 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 4, pregunta 3

Figura 4.68 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 4, pregunta 4

Figura 4.69 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 4, pregunta 5

Figura 4.70 Diagrama de Gantt del cronograma de trabajo Parte 1

Figura 4.71 Diagrama de Gantt del cronograma de trabajo Parte 2

Figura 4.72 Diagrama de Gantt del cronograma de trabajo Parte 3

Figura 5.2. Captura de pantalla de prácticas propuestas

Figura 5.3. Retroalimentación de alumnos.

Figura 5.4. Retroalimentación de los alumnos respecto a las evaluaciones.

Índice de tablas

Tabla 3.1 Catálogo de recursos diseñados por módulo

Tabla 4.1: Calendario Curricular

Capítulo 1

1. Introducción

1.1. Antecedentes

Blockchain (cadena de bloques) es una base de datos distribuida que almacena información de forma segura y transparente (Nakamoto, 2008). La información se almacena en bloques que están vinculados entre sí mediante una función hash criptográfica (Awan & Evans, 2017).

Se trata de una cadena de bloques, cada uno de los cuales contiene información sobre una transacción o evento. Los bloques están vinculados entre sí mediante algoritmos criptográficos, lo que los hace difíciles de falsificar.

Se argumenta que es una tecnología que tiene el potencial de transformar la forma en que vivimos y trabajamos ya que puede ayudar a crear sistemas más eficientes, seguros y transparentes (Awan & Evans, 2017).

De acuerdo con Christidis y Devetsikiotis (2016), entre las principales ventajas que ofrece esta tecnología destacan la seguridad, transparencia, eficiencia y descentralización. A continuación describimos a detalle estas ventajas.

- **Seguridad:** Los datos almacenados en la blockchain se consideran inmutables ya que no es posible modificarlos o alterarlos sin el consenso en la mayoría de los nodos en la red.
- **Transparencia:** La información almacenada es pública y accesible para todos los participantes de la blockchain, facilitando la verificación de su autenticidad y reduciendo el riesgo de fraude.
- **Eficiencia:** La blockchain puede agilizar los procesos y reducir los costes al reducir intermediarios.
- **Descentralización:** La blockchain no depende de un único punto de control, sino que está distribuida en una red de nodos. Esto hace que sea más difícil atacarla o manipularla.

Por estas razones, existe la necesidad de estudiar y aplicar la tecnología blockchain. El conocimiento de esta tecnología se ha vuelto esencial para los profesionales que quieran trabajar en los sectores en los que la blockchain está teniendo un impacto, como la banca, la logística, el comercio electrónico o la administración pública, entre otros (Christidis & Devetsikiotis, 2016).

Además, la creación de profesionales que conozcan y sean capaces de implementar la tecnología blockchain es fundamental para el desarrollo de esta tecnología y su posterior adopción. Estos profesionales serán los encargados de diseñar, desarrollar e implementar soluciones basadas en blockchain que satisfagan las necesidades de las empresas y de la sociedad. Así, las habilidades relacionadas con blockchain se encuentran entre las más demandadas en el mercado laboral actual (World Economic Forum, 2021).

El estudio y la aplicación de la tecnología blockchain representa una oportunidad para los profesionales que quieran estar a la vanguardia de la innovación, según el reporte anual sobre el futuro de los trabajos emitido por el *World Economic Forum*; el puesto de desarrollador de blockchain es el onceavo perfil más demandado en el ramo de la computación y las matemáticas y esta ocupación ha tenido un crecimiento del 45% en la cantidad de vacantes disponibles. Por lo que los profesionales que dominen esta tecnología tendrán una gran demanda en el mercado laboral (que seguirá en aumento) y podrán contribuir al desarrollo de una sociedad más segura, transparente y eficiente (World Economic Forum, 2023).

En este sentido, algunos actores educativos han identificado esta necesidad de capacitar a varios sectores de la sociedad en el conocimiento de blockchain generando cursos en línea enfocados principalmente a personas con un título universitario. Estos cursos tienen un enfoque financiero y teórico, como es el curso “Fundamentos de blockchain” de Fundación Carlos Slim (Fundación Carlos Slim, 2021). Existen otros cursos que se enfocan a generar ganancias con la compra de criptomonedas o al desarrollo de contratos inteligentes sobre estas plataformas, como son los cursos de Blockchain academy, Udemy o Coursera. Ninguno de ellos es gratuito, o están enfocados a estudiantes de licenciatura ni tienen un contenido enfocado al entendimiento de los principios computacionales de Blockchain y el consecuente diseño de aplicaciones que impacten a otros sectores que no sean el financiero.

Así, en este proyecto proponemos la creación de material digital interactivo para estudiantes universitarios a costo cero y que permita entender las bases computacionales y la práctica de Blockchain.

En el desarrollo del presente trabajo buscamos que a partir del material resultante los alumnos y alumnas de la Facultad de Ingeniería, UNAM, tengan como alternativa

prepararse para ser profesionales con habilidades para diseñar e implementar soluciones basadas en blockchain, a través de un curso que estará disponible como optativa durante el transcurso de su licenciatura.

1.2. Descripción del problema

Como resultado de un mayor acceso a Internet, la oferta de servicios digitales ha crecido (CEPAL, 2021). Estos servicios digitales permiten a los ciudadanos realizar pagos, obtener información sobre cómo se invierten, gastan o asignan los impuestos, entre otros. Además, pueden incluso reducir costes y mejorar la eficiencia de estos procesos. Sin embargo, la falta de transparencia en el uso de la información por parte de estos mismos sistemas disminuye el nivel de confianza que los usuarios finales tienen en ellos. En este tipo de sistemas digitales, la confianza recae en una entidad centralizada que puede ser un gobierno o una organización privada.

Bajo esta centralización, los servicios digitales se vuelven vulnerables, ya que no queda más que confiar en la honestidad no verificable de estas entidades centralizadas. Por ello, son necesarios mecanismos que garanticen dicha transparencia para facilitar la auditoría de forma descentralizada. Blockchain ha demostrado ser eficaz al proporcionar descentralización de procesos sobre información (Da Silva & Núñez, 2021), al tiempo que permite verificar la transparencia, integridad e inmutabilidad de dicha información (Retamal, Roig & Muñoz, 2023). Las ventajas de blockchain ya han sido reconocidas por los gobiernos de diferentes países, poniendo en marcha proyectos para incorporarlo en sus servicios (IBM, s. f.). Sin embargo, sigue siendo difícil encontrar especialistas en el área de blockchain que sean capaces de diseñar e implementar nuevos sistemas basados en esta tecnología así como expertos facultados en identificar áreas de oportunidad en proyectos previamente existentes que propongan mejoras y correcciones de los mismos (Pastorino, 2022).

Por otro lado, la falta de recursos enfocados en el aprendizaje y funcionamiento de las cadenas de bloques hace casi imposible convertirse en un profesional preparado y capaz de diseñar soluciones innovadoras desde el punto de vista de la solución más óptima.

1.3. Propuesta de solución

Como solución al problema anteriormente mencionado, proponemos diseñar un curso interactivo, en línea y gratuito para asegurar que los estudiantes de la Facultad de Ingeniería tengan oportunidad de aprender los principios computacionales de Blockchain.

Dicho material se integrará dentro de la plataforma Moodle e incluirá diversas actividades de enseñanza-aprendizaje y evaluación teóricas, prácticas de programación que requerirán el uso de las tecnologías más conocidas como son Hyperledger Fabric, Solidity, Ganache & Metamask y Ethereum así como proyectos finales que engloban todo lo aprendido.

La creación y uso de este material permitirá a los estudiantes adquirir conocimientos y habilidades que complementen las ya ofrecidas por su plan de estudios y que además son altamente demandadas. Por otro lado, los temas incluidos pueden usarse de manera independiente para complementar otras materias del plan de estudios como Criptografía o Sistemas Distribuidos, de tal forma que podrá ser usado por el profesorado que ya imparte clases de éstas materias.

Finalmente, el material interactivo en línea, las prácticas, evaluaciones y proyectos pueden ser propuestos como una nueva asignatura optativa de 6 créditos al plan de estudios de Ingeniería en Computación.

1.4. Objetivo general

La creación de una asignatura optativa y su material digital interactivo que permita entender las bases computacionales de Blockchain incluyendo prácticas y proyectos donde se implementen diversas aplicaciones a través del uso de las tecnologías computacionales más importantes basadas en blockchain.

1.5. Objetivos específicos

1. Diseñar el contenido de una asignatura llamada “Principios computacionales de Blockchain”, que incluirá mapa curricular, asignación de horas, temario, contenido, material didáctico digital, recursos para el profesor, exámenes, tareas, proyectos y ejemplos prácticos.
2. Crear material digital que apoye el proceso pedagógico de enseñanza por parte del docente y facilite el aprendizaje del alumno de la asignatura diseñada.
3. Proponer prácticas de programación que apoyen el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura diseñada.
4. Establecer diferentes actividades de evaluación y autoevaluación de los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en la asignatura.

1.6. Justificación

La computación cambia de manera rápida, nuevas tecnologías emergen todo el tiempo y es vital que los planes de estudio se mantengan actualizados y a la vanguardia con el fin de poder formar profesionales que sean capaces de desenvolverse en estas tecnologías emergentes, lo cual impactará formando nuevas oportunidades laborales (World Economic Forum, 2023).

Sin embargo los procesos formales no permiten una rápida actualización y, aunque es posible actualizar temas específicos dentro de las asignaturas, cuando se trata de una tecnología completa, por su extensión se requieren de los créditos equivalentes a una asignatura completa. Para esto existen los llamados “temas selectos”. Estos requieren de un diseño curricular, una buena secuencia de temas, materiales y elementos de evaluación para que el alumnado obtenga las competencias necesarias para aplicar adecuadamente esta nueva tecnología en el mundo laboral (World Economic Forum, 2023).

Así, proponemos la creación de material digital interactivo para estudiantes universitarios que les permita aprender las bases computacionales y la práctica de Blockchain. Esto incluiría el diseño de una asignatura de temas selectos de 6 créditos para poder integrarse al plan de estudios de la Ingeniería en Computación.

De esta manera, tendríamos alumnos preparados y competitivos en esta nueva área del conocimiento. Estos alumnos, al egresar apoyarían al desarrollo tecnológico del país e incrementarían el impacto que estas nuevas tecnologías tienen en la confianza y transparencia de sistemas.

Para lograr este objetivo, se diseñarán los contenidos de la asignatura así como el objetivo de cada uno de los temas. Posteriormente, se diseñará el material didáctico digital e interactivo de cada tema. Todo esto se integrará dentro de la plataforma Moodle incluyendo diversas actividades de enseñanza-aprendizaje, actividades de evaluación teóricas y prácticas de programación que incluirán el uso de las tecnologías de blockchain Hyperledger Fabric, Solidity, Ganache & Metamask y Ethereum.

Cuando el material se tenga terminado, se revisará por parte de varios colegas del departamento y se abrirán espacios para un grupo de estudiantes. Se recibirán opiniones de los estudiantes para mejorar el contenido y el material, antes de ser ofrecido a todos los estudiantes.

1.7. Alcance

Lo que proponemos es la creación de material en línea interactivo para aprender los principios computacionales de Blockchain. Este material se diseñará como un Tema Selecto de 6 créditos del plan de estudios de Ingeniería en Computación. De esta manera se complementará la formación de los estudiantes. Los bloques dentro de está pueden usarse de manera independiente para complementar los procesos de enseñanza aprendizaje ya existentes en las asignaturas del plan de estudios como pueden ser Criptografía o Sistemas Distribuidos.

1.8. Metodología

Este proyecto consta de 5 etapas: (1) Diseño curricular, (2) Diseño instruccional, (3) Creación de material, (4) Evaluación con usuarios y (5) Implementar mejoras identificadas.

Estas etapas, aunque descritas de manera secuencial, se realizan en base a la metodología ágil. De esta manera cada unidad de aprendizaje pasará por todas las etapas y se tendrá material a ser revisado por estudiantes al finalizar cada mes. Así podemos garantizar que cuando el material se finalicé, todo este habrá pasado por un proceso de evaluación por el usuario final y un proceso de mejora. A continuación detallamos los pasos incluidos en cada una de estas etapas.

ETAPA 1. Diseño curricular.

- Diseñar el objetivo de la asignatura.
- Diseñar las unidades de aprendizaje de la asignatura.
- Diseñar la evaluación de la asignatura.
- Revisión de este diseño por parte de pares académicos del departamento.

ETAPA 2. Diseño instruccional

- Elección de metodología didáctica.
- Recopilación del material necesario para cubrir el temario incluyendo una revisión bibliográfica.
- Diseño de actividades teóricas y prácticas en base a esta metodología.
- Diseño de las rúbricas de evaluación de nuestras actividades.
- Diseño de actividades de evaluación incluyendo exámenes teóricos, prácticas de programación y proyecto final.

ETAPA 3. Creación de material

- Crear material digital interactivo que apoye el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura diseñada.
- Crear las prácticas de programación que apoyen el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura diseñada.
- Crear actividades de evaluación de los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos.
- Implementación de evaluaciones para generar los resultados para cada alumno.
- Incluir tanto el material como las prácticas y las actividades de evaluación en la plataforma educativa Moodle.

ETAPA 4. Evaluación con usuarios

- Elegir un grupo de profesores y estudiantes de los semestres objetivo que apoyen a la evaluación.
- Poner a disposición el material a este grupo buscando que realicen todas las actividades.
- Recabar la opinión de este grupo a través de cuestionarios diseñados con este propósito.

ETAPA 5. Implementar mejoras identificadas.

- Realizar las mejoras identificadas.
- Poner a disposición de la comunidad universitaria el material completo.

1.9. Resultados esperados

A continuación detallamos los resultados esperados de este proyecto.

1. Diseño Curricular de la Asignatura:
 - Desarrollo de un programa de estudios y cálculo de horas de estudio asignadas para cada tema y subtema de la asignatura.
2. Material Didáctico Digital Interactivo:
 - Creación de material didáctico digital interactivo con H5P (H5P, 2020) para cada tema de la asignatura, integrando recursos multimedia, ejercicios prácticos y evaluaciones.
 - Diseño de contenidos que faciliten el aprendizaje de principios computacionales de Blockchain mediante el uso de tecnologías como Hyperledger Fabric, Solidity, Ganache & Metamask y Ethereum.
3. Integración en la Plataforma Moodle:
 - Implementación efectiva del material en la plataforma Moodle, garantizando una experiencia de aprendizaje fluida y accesible para los estudiantes.
 - Inclusión de actividades de enseñanza-aprendizaje, evaluaciones teóricas y prácticas de programación que reflejen los principios de Blockchain.
4. Revisión y Mejora Continua:
 - Evaluación exhaustiva del material por parte de colegas del departamento, incorporando sus sugerencias y comentarios.
 - Recopilación de opiniones de un grupo piloto de estudiantes para realizar ajustes finales y garantizar la calidad y eficacia del material.

5. Oferta a la Comunidad Estudiantil:

- Lanzamiento formal de la asignatura "Blockchain: Principios Computacionales" como Tema Selecto de 6 créditos en el plan de estudios de Ingeniería en Computación.
- Disponibilidad del material para todos los estudiantes, contribuyendo a su formación académica en las tecnologías emergentes de Blockchain.

6. Impacto en la Formación y Desarrollo Tecnológico:

- Desarrollo de estudiantes competentes y competitivos en el ámbito de Blockchain, preparados para contribuir al desarrollo tecnológico del país.
- Incremento del conocimiento y aplicación de tecnologías emergentes, especialmente en relación con la confianza y transparencia de sistemas.

Capítulo 2

2. Marco teórico

En este capítulo se presentan los conceptos básicos de blockchain además de justificar la importancia de tener materias en planes de estudios que enseñan estos contenidos. También se discuten otros esfuerzos de enseñanza de estos contenidos y porque estos no son suficientes.

2.1 Introducción a la blockchain

Una Blockchain funciona como un registro histórico de todas las transacciones entre varios nodos, donde cada bloque contiene la información referente a una transacción y a su vez está ligado al bloque anterior, de tal manera que corromper un bloque o alterar la cadena que se crea con estos bloques es computacionalmente muy difícil o imposible (Dasaklis & Patsakis, 2019; Yaga, 2018; ABB, 2018).

2.1.1 Conceptos básicos de blockchain

Definición de blockchain

Blockchain (Dasaklis & Patsakis, 2019; Yaga, 2018; ABB, 2018) , traducido al español como **cadena de bloques**, es un registro único, consensuado y distribuido en varios nodos pertenecientes a una red. En otras palabras, blockchain es una base de datos distribuida que registra todas las transacciones entre los usuarios de una red.

Componentes de blockchain

Una red blockchain está conformada por nodos y cada uno de éstos nodos contiene información referente a una transacción y a su vez está ligado al bloque anterior (IJSRSET, s. f.), de tal forma que corromper el bloque actual o alterar la cadena es computacionalmente muy difícil, pues la información actual no coincidiría con la que tiene el bloque anterior.

La información más relevante contenida en estos bloques generalmente es la siguiente (Yaga, 2018):

- Número de registro o transacciones válidas.
- Información referente al bloque actual.
- Información que vincula al bloque actual con el anterior y con el siguiente bloque. Esto se logra a través del uso de funciones digesto (o *hash* en inglés) de cada bloque. Dadas las propiedades de esta función el resultado de su aplicación es único para cada bloque.

La estructura de una blockchain particular, así como sus elementos fundamentales, pueden diferir según su aplicación, no obstante, una cadena de bloques comparte elementos genéricos, estos son los que a continuación se describen (Retamal, Bel & Muñoz, 2017):

Red punto a punto

Una blockchain utiliza la topología de comunicación punto a punto (o *peer to peer* en inglés), donde cada punto o *peer* es un nodo que pertenece a esta red de *Blockchain* (Retamal, Bel & Muñoz, 2017).

Direcciones

Son identificadores únicos usados en las transacciones de la blockchain. Con las direcciones se reconoce el emisor y el receptor de dichas transacciones (Retamal, Bel & Muñoz, 2017).

En una blockchain la dirección es usualmente una llave pública o un derivado de una. Una dirección puede ser reutilizada por el mismo usuario, sin embargo, la dirección en sí es única. Normalmente un usuario no reutiliza las direcciones, sino que genera una nueva para cada transacción.

Transacción

Representa la transferencia de valores, información o datos de una dirección a otra (Yaga, 2018).

Nodo

Un nodo que pertenece a la red blockchain es una entidad física reconocida como miembro de la cadena de bloques (Yaga, 2018). Puede realizar varias funciones, dependiendo del rol que tenga dentro de la blockchain; puede proponer y validar transacciones, es capaz de minar para facilitar el consenso y la seguridad de la red, entre otras dependiendo el tipo de blockchain y el tipo de nodo.

Nodo minero

Es un nodo que participa en el proceso de creación (escritura de los datos) de los bloques que serán agregados a la cadena de bloques, esto a cambio de una recompensa. El proceso de escritura se llama “minar” y el bloque resultante sólo puede ser añadido tras ser revisado y acordado su ingreso a la cadena de bloques si otros nodos lo avalan (Retamal, Bel & Muñoz, 2017; Yaga, 2018).

Ledger

Se trata de una red digital (base de datos) que registra datos e historial de transacciones de activos en nodos descentralizados (Yaga, 2018).

Bloque

Un bloque (Retamal, Bel & Muñoz, 2017) es la unidad de información contenida en la *blockchain*. Está compuesto de múltiples transacciones, cada transacción tiene un apuntador al *hash* del bloque anterior, una la marca de tiempo -de cuando fue realizada la

transacción-, la información referente al bloque actual y el número aleatorio *Nonce* -utilizado para calcular los hashes-.

Tipos de blockchain

Las redes *Blockchain* pueden clasificarse dependiendo de su modelo de permisos, esto determina quién puede desempeñar acciones propias de la *blockchain* (cómo añadir bloques).

Si cualquier usuario puede añadir un nuevo bloque se dice que la red blockchain es “*Permissionless* o Pública”. Por otro lado, si sólo usuarios determinados pueden añadir nuevos bloques, la red se denomina “*Permissioned* o Privada” (IJSRSET, s. f.). En otras palabras, una blockchain *permissioned* es aquella que tiene controles y roles de usuarios, funciona como una red privada, en la que sólo las personas autorizadas pueden acceder, mientras que una *blockchain permissionless* funciona como una red pública (Internet, por ejemplo), dónde cualquiera puede participar.

Blockchain pública o *Permissionless*

Este tipo de *Blockchain* manejan plataformas de ledgers descentralizados (Yaga, 2018), es decir, está abierto a que cualquiera publique un bloque (sin necesitar permiso de ninguna autoridad), esto deriva en que cualquiera pueda leer la cadena de bloques también, es decir, cualquier usuario de la *blockchain* puede leer y escribir en el ledger.

Al estar abierta a todos los participantes es posible que algunos usuarios maliciosos intenten corromper la cadena publicando bloques no válidos, por ello, este tipo de blockchain intenta mitigar este ataque al utilizar diversos algoritmos de consenso (para verificar la autenticidad de la transacción) que demandan un gasto de recursos de aquel que quiere añadir su bloque. Algunos ejemplos de este tipo de algoritmos son *Proof of Work* (PoW) y *Proof of Stake* (PoS) .

Estas blockchain poseen trazabilidad de las operaciones realizadas y su almacenamiento de datos es distribuido. Regularmente son de código abierto.

Bitcoin (Retamal, Bel & Muñoz, 2017) y Ethereum son ejemplos de blockchain *permissionless*, lo que significa que cualquiera se puede unir a la red, leer los ledgers y participar en la validación de transacciones y bloques ejecutadas por un nodo. Las transacciones en los ledgers que son *permissionless* son pseudo anónimas (Waldman, 2018) por diseño ya que las transacciones están vinculadas a direcciones que corresponden a claves públicas derivadas de claves privadas mantenidas por el usuario, no por nombre de usuario o contraseña. Las transacciones se cifran y almacenan en varios dispositivos o nodos de todo el mundo. Esta naturaleza descentralizada, transparente y ampliamente verificable hace que sea casi imposible manipular los datos, incluso si se tiene pseudo anonimato.

Blockchain privada o *Permissioned*

En este tipo de *Blockchain* el usuario que quiere añadir un bloque debe ser autorizado por alguna figura de autoridad o entidad de confianza (esta última en caso que sólo una entidad sea la responsable de la adición de bloques) (Yaga, 2018). Esta figura de autoridad puede ser centralizada o descentralizada. Ya que sólo los usuarios permitidos son capaces de realizar operaciones dentro de la red de la cadena de bloques, es posible restringir actividades y delegar permisos que permitan que sólo ciertos nodos tengan acceso a la lectura de transacciones, quienes pueden realizar transacciones, etc. Del mismo modo pueden retirarse o negarse permisos si alguno de los miembros de la *Blockchain* incumple las normas. Pueden tener la misma trazabilidad que una red *permissionless* y los datos pueden encontrarse distribuidos. Usan también algoritmos de consenso, sin embargo, estos suelen ser más rápidos y computacionalmente menos caros que los que se usan en *permissionless*. Estas blockchain pueden utilizar código abierto o código propietario.

Algunos ejemplos de este tipo de blockchain son: quorum o *hyperledger* (como corda, fabric y sawtooth).

Los bancos y otras corporaciones con una necesidad fundamental de transacciones privadas actualmente son más propensas a usar cadenas de bloques privadas o *permissioned*. En las *blockchains permissioned*, las transacciones son anónimas para el público general y utilizan la misma tecnología que las *permissionless*, pero requieren de autorizaciones específicas para leer, acceder y escribir información sobre ellas. Por lo tanto, el acceso se puede restringir y la información se puede cifrar para proteger la confidencialidad.

Evolución de la tecnología blockchain

Blockchain nace como un componente de la estructura de bitcoin (Yaga, 2018), ya que es el sistema principal que maneja la información de la criptomoneda, sin embargo, pronto fue evidente el potencial que tenía esta tecnología en otras áreas y las múltiples aplicaciones que se le podían dar más allá del área financiera (por ejemplo, en el Internet de las cosas).

Por ello, la historia de Blockchain se divide en cuatro etapas, de acuerdo con el uso y aplicaciones que se le dió a la cadena de bloques durante esos periodos (ABB, 2018):

- *Blockchain* 1.0: La era de las criptomonedas. La cadena de bloques fue utilizada en aplicaciones referentes a las criptodivisas y las transacciones electrónicas de dinero, remitentes y sistemas de pago digitales.
- *Blockchain* 2.0: La era de los *contratos inteligentes*. El uso de blockchain se extendió a toda el área económica, mercados y áreas financieras, las aplicaciones no se limitaban sólo a las transacciones de dinero, también abarcaban acciones, bonos, préstamos, hipotecas, títulos, propiedad inteligente y contratos inteligentes.

Los contratos inteligentes (*Smart Contracts*) son programas anidados dentro de la cadena de bloques, son autónomos (su ejecución es automática) y contienen condiciones previamente definidas para la verificación, ejecución y validación de

una transacción. La *blockchain* hace imposible modificar las condiciones del *smart contract*, por lo que estos siempre se llevarán a cabo como fueron concebidos, por ello, reducen el costo de verificación, supervisión y prevención de fraude y permiten una definición y cumplimientos transparente para las partes involucradas. *Ethereum Blockchain* tiene auge en este momento histórico, pues uno de sus principales enfoques fue la de incluir funcionalidad mediante *smart contracts*.

- *Blockchain 3.0*: Las aplicaciones de *Blockchain* se diversifican con el auge de las aplicaciones descentralizadas (DApps). La cadena de bloques es utilizada en áreas diferentes a la económica y financiera, destacan el área gubernamental, de la salud, ciencia, cultura y arte. Cambia la forma de concebir las aplicaciones y, en aras de expandir redes y aumentar la seguridad, se implementa *Blockchain* con almacenamiento y comunicación descentralizada en una red punto a punto, de tal forma que cada componente de la DApp puede estar en lenguajes de programación diferentes y aun así ser capaces de comunicarse los otros componentes.
- *Blockchain 4.0*: Se refiere a utilizar las soluciones y enfoques establecidos por la tecnología *blockchain* en la industria 4.0 (es decir la automatización, planificación de recursos e integración de sistemas de ejecución a corto plazo) con el fin de satisfacer demandas comerciales y proveer una mayor protección a la privacidad manteniendo un alto grado de confianza. Por ejemplo, incluyendo la tecnología *Blockchain* en sistemas de TI se puede alcanzar un nivel de integración empresarial que habilita el uso de procesos comerciales conocidos como “*Cross-System*” o “*Cross-Blockchain*” donde las máquinas pueden realizar pedidos de manera segura y autónoma en el caso de necesitar un cambio de partes.

En resumen podemos decir que *Blockchain 4.0* significa hacer uso de *Blockchain 3.0* en escenarios comerciales que puedan satisfacer las necesidades de la industria.

2.1.2 Aplicaciones de blockchain

Estas son algunas de las industrias donde se prevén muchos beneficios con la implementación de sistemas descentralizados basados en *Blockchain* gracias a la simplificación de las transacciones comparadas con la contraparte tradicional o centralizada, que no necesariamente es digital (CB Insights, 2021).

- Logística: Visibilidad en tiempo real con eficiencia mejorada, menores costos, transparencia y verificabilidad.
- Registros de propiedad: Digital pero infalsificable con menos disputas, transparencia y verificabilidad con menor costo.
- Mercado de Capitales: Tiempos de liquidación más rápidos con mayor disponibilidad de crédito con transparencia y verificabilidad.

2.2 Fundamentos de la blockchain

En esta sección presentamos los fundamentos teóricos que tienen las tecnologías subyacentes a blockchain, es decir, las tecnologías ya existentes usadas para el funcionamiento correcto de esta nueva tecnología.

2.2.1 Cómputo distribuido

Un Sistema Distribuido (SD) es una colección de entidades que cooperan para resolver un problema que no puede ser resuelto por una sola entidad. (López, 2015)

En computación, un sistema distribuido es un conjunto de elementos de *hardware* y *software* conectados a través de una red de datos, capaz de comunicarse y coordinar sus acciones únicamente mediante el paso de mensajes.

De acuerdo con Francisco de Asis López (López, 2015) las características principales de un sistema distribuido son:

- **Concurrencia:** Dado que la norma dentro de un sistema en red es la ejecución concurrente de programas, es necesario planificar la coordinación de dichos programas al compartir recursos.
- **Ausencia de un reloj global:** Si los programas necesitan cooperar deben coordinarse por el paso de mensajes. Los procesos de alta coordinación dependen de la idea compartida del tiempo en que ocurren los eventos dentro de los programas.
- **Independencia de fallos:** Cada componente del sistema puede fallar, mientras los demás siguen activos.
- **No comparten memoria:** Esta característica es usual en SD, sin embargo, es posible tener memoria común a través de la construcción de “memoria compartida distribuida”.
- **Separación geográfica:** Los elementos que conforman un SD pueden estar conectados a través de una red WAN o LAN, es decir, existe separación física entre los diferentes componentes.
- **Autonomía y heterogeneidad:** Los elementos de un SD están débilmente acoplados (es decir, operan a diferentes velocidades y con diferentes sistemas operativos), y estos normalmente no son un sistema dedicado.

De la misma manera los objetivos de un sistema distribuido son los siguientes:

- **Compartir Recursos:** El usuario (humano o programa) puede acceder a los recursos (*hardware*, *software*, datos o documentos) remotos de la misma manera que a los recursos locales de manera confiable.
- **Transparente para el usuario:** Un SD es capaz de ocultar a los usuarios qué procesos y recursos de los sistemas están distribuidos en múltiples entidades, de tal manera que para el usuario estos parezcan un único sistema de cómputo.

- Apertura: Un SD se denomina abierto cuando ofrece la inclusión de nuevos servicios para compartir recursos sin perjudicar ni duplicar a los ya existentes.
- Escalabilidad: Un SD se dice escalable si es capaz de manejar una cantidad creciente de trabajo añadiendo recursos al sistema, siendo esto transparente para usuarios y entidades del mismo sistema.
- Heterogeneidad: El SD puede usar distintos servicios de red, *hardware*, *software*, lenguajes de programación e implementaciones por diferentes programadores.

Bases de Datos Distribuidas Punto a Punto (BDD)

Una base de Datos Distribuida (BDD) es una colección de múltiples bases de datos interconectadas que se extienden físicamente en varias ubicaciones y se comunican a través de una red informática. Estas bases de datos al ser un sistema distribuido, cumplen con lo explicado en los temas anteriores.

Sistema de Gestión de BDD

Un Sistema de Gestión de Bases de Datos Distribuidas (o *Distributed Database Management System* en inglés -DDBMS-) es un sistema de *software* centralizado (Tecnologías - Información, 2018) encargado de administrar una BDD como si ésta se encontrara en una sola ubicación.

Características:

- Sirve para la creación, recuperación, actualización y eliminación de BDD.
- Se encarga de sincronizar la BD de manera periódica.
- Proporciona mecanismos de acceso a la BD de manera que la distribución se torna transparente para los usuarios.
- Cuando se realice la modificación de datos se asegura de que estos se mantengan uniformes y actualizados a través de toda la BDD.
- Se utiliza en áreas de aplicación donde una cantidad importante de usuarios necesiten acceder a altos volúmenes de datos de manera simultánea.
- Proporciona Confidencialidad e Integridad de los datos en la BD.

Funcionamiento de las BDD (Kunz, 1998):

Su funcionamiento se basa de acuerdo a los dos tipos existentes de DDBMS comerciales que son:

1. Los que establecen la comunicación entre diferentes manejadores de datos utilizando compuertas.
2. Los formados por un diccionario de datos, un DBMS (glosario), un componente de comunicación y un DDBMS.

En el primer tipo de DDBMS los DBMS diferentes pueden trabajar con una misma interfaz, de tal manera que las comunicaciones de manejador a manejador sean transparentes para el usuario de la BDD. Las computadoras mediante las que se conectan las computadoras se encargan de manejar los protocolos para el intercambio de información entre los diferentes DBMS trabajando como un despachador relacional que es capaz de efectuar proposiciones de SQL no planeadas de tal manera que provee correspondencia entre los tipos de datos entre las dos bases de datos, el diccionario de la BDD hace corresponder las instrucciones y consultas entre ambos manejadores, funciona como un protocolo a dos pasos, y se asegura que los datos que requieran un bloqueo sean bloqueados.

En el segundo tipo cada componente se encarga de una tarea diferente. El DBMS controla la base de datos local; un diccionario de datos contiene toda la información sobre la ubicación de los datos en la BDD; el componente de comunicación que sirve como la interfaz de las terminales; y el DDBMS que se encarga de controlar todo el intercambio de información entre todas las distintas BDs.

2.2.2 Criptografía

La criptografía juega un papel fundamental en la seguridad y robustez de la tecnología *Blockchain*. En esencia, la criptografía es el arte y la ciencia de garantizar la confidencialidad, integridad y autenticidad de la información mediante el uso de técnicas matemáticas avanzadas. (Menezes, Oorschot & Vanstone, 1997) En el contexto de la *Blockchain*, la criptografía se utiliza para asegurar transacciones y mantener la inmutabilidad de los bloques (Narayanan, Bonneau, Felten, Miller & Goldfeder, 2016).

Una de las aplicaciones clave de la criptografía en la *Blockchain* es el uso de funciones *hash*. Un *hash* es una función matemática que toma una entrada (o 'mensaje') y produce una cadena de caracteres alfanuméricos única de longitud fija. Es importante destacar que una pequeña alteración en la entrada resulta en un *hash* completamente diferente. Esta propiedad se conoce como resistencia a colisiones y es esencial para la integridad de la *Blockchain*.

En la *Blockchain*, cada bloque contiene su propio *hash*, que se deriva de la información del bloque anterior, creando así una cadena de bloques interconectados. Este proceso se conoce como "función *hash* criptográfica unidireccional". Si alguien intenta alterar un bloque, el *hash* cambiará, y esto afectará a todos los bloques subsiguientes, alertando a la red sobre la inconsistencia. Así, la función *hash* proporciona una capa adicional de seguridad y confianza, asegurando que cualquier cambio malicioso sea fácilmente detectable.

2.2.3 Protocolos de consenso

Una de las principales características de *Blockchain* es la posibilidad de trabajar sin depender de ninguna otra entidad o de terceros. Esto lo logra apoyándose en la comunidad conformada por sus propios usuarios (o nodos) para verificar si las transacciones que se realizan son genuinas. La forma en la que se realizan dichas verificaciones varía de red a red, pero en general se utilizan los protocolos de consenso (Maldonado, 2021).

Una *blockchain* se compone de nodos, los cuales tienen como una de sus funciones verificar las transacciones en la red, es por esta razón que una *blockchain* es un Sistema Descentralizado. Como resultado, cualquiera puede enviar información para ser almacenada en la *blockchain* y, por lo tanto, es importante que existan procesos que aseguren que todos los nodos estén de acuerdo en qué información se agrega y cual se descarta. Este procedimiento se conoce como protocolo de consenso. Los protocolos definen la forma en que se verifican las transacciones y ayudan a mantener la red segura.

En una red *Blockchain*, el protocolo de consenso proporciona un método específico para verificar si una transacción es válida o no. Es decir, brinda un método de revisión y confirmación de qué datos se deben agregar al registro de una cadena de bloques. Debido a que no existe una autoridad centralizada que dicte qué datos o información debe ser válida y cuáles no, todos los nodos de la *blockchain* deben estar de acuerdo en el estado de la red siguiendo los protocolos y reglas predefinidos.

A continuación definimos los protocolos de consenso más usados en las diferentes tecnologías *blockchain*.

Proof-of-Work (PoW)

El algoritmo de consenso de prueba de trabajo es el mecanismo de consenso más antiguo y popular. Descrito inicialmente junto con la primera criptomoneda Bitcoin (Learn, 2020). La razón de su popularidad es su capacidad de promover la honestidad en el ecosistema descentralizado. Aunque puede haber otros algoritmos, PoW sigue siendo el mejor para alcanzar el objetivo de tener un sistema tolerante a fallas bizantinas (BFT) y tolerante a caídas (CFT).

El uso de árboles de hash evita modificaciones no autorizadas de bloques. Para cambiar un bloque, los mineros necesitan crear un nuevo bloque con el mismo predecesor, en el cual se requiere volver a generar a todos los sucesores y rehacer el trabajo que poseen. Por lo tanto la cadena de bloques es inmutable y de solo concatenación.

Participantes en Proof-of-Work

- Nodos mineros: Son aquellos que buscan resolver problemas matemáticos con el objetivo de generar recompensas (tokens) y añadir nuevos bloques a la *blockchain*.

- Operadores completos de nodos: Utilizan las pruebas criptográficas y las reglas de consenso de la Blockchain para actuar como los validadores finales del estado de la red. También pueden ejercer la función de mineros.

Algoritmo

1. Existen dos tipos de nodos: los que realizan transacciones y los nodos que verifican estas transacciones, estos últimos son llamados “nodos mineros”.
2. Los nodos mineros compiten por ser los siguientes en verificar una transacción realizada por el resto de los nodos. Para ganar esta oportunidad deben de resolver un problema matemático complejo. El minero que resuelva primero este problema será el siguiente en validar una transacción.
3. El nodo ganador recibe el permiso para elegir el siguiente bloque que será añadido a la blockchain, mientras que todos los demás nodos que obtuvieron la respuesta correcta (también llamados líderes de bloques) sirven como verificadores del resultado del ganador que además reciben como recompensa tokens de acuerdo al poder de procesamiento, la velocidad y la precisión aportada en la resolución del problema. Por ejemplo, en la red Bitcoin la recompensa está dada en BTCs (Bitcoins).
4. Los operadores completos de nodo validan el estado final de la red.

A continuación se puede observar de manera gráfica el funcionamiento del algoritmo PoW

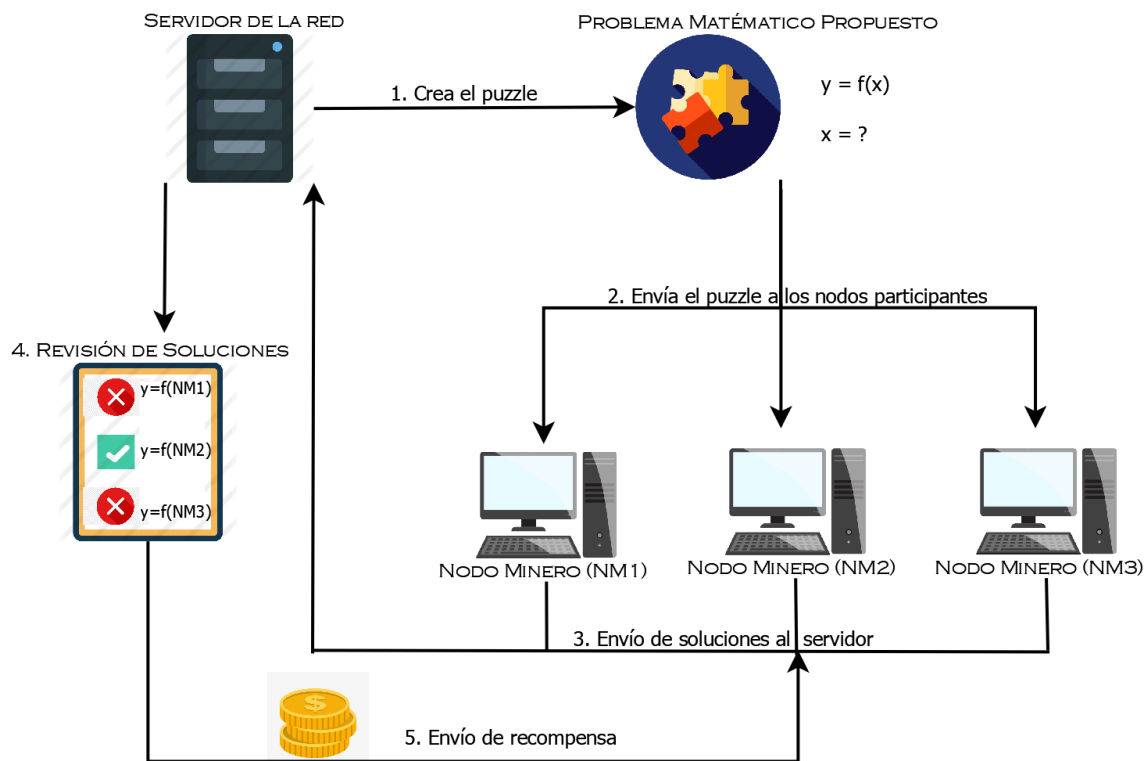


Figura 2.1. Algoritmo PoW

Usos

- PoW es utilizado para validar transacciones de los nodos mineros en Blockchain.
- La prueba de trabajo se utiliza para prevenir el ataque de 51% o los gastos dobles.
- Sirve como un protocolo de barrera de contingencia para asegurar la red en un ataque *Denial of Service* (DoS) que requiere un orden definido. En lugar de resolver una función, se encarga más bien de determinar la causa raíz.

Actualmente, la criptomoneda más popular que utiliza el PoW es *Bitcoin* pero hay otras varias que también utilizan este algoritmo como: *Litecoin*, *DASH*, *Monero*, *Bitcoin Cash*, *ZCash* y *Ethereum Classic*.

Proof-of-Stake (PoS)

El concepto de Prueba de Participación (Proof of Stake en inglés) establece que un nodo puede validar transacciones según el número de monedas que posea (“Criptomonedaz”, s. f.). Esto significa que cuantas más monedas posea un validador, más posibilidades de ser el siguiente en validar un bloque tendrá. Se considera un protocolo más inclusivo ya que permite que una persona ordinaria pueda participar en la verificación de transacciones y algunas ganen tarifas gracias a ello.

Participantes en *Proof of Stake*

- Nodos validadores o forjadores (*forgers* en inglés): Son aquéllos que participan en el protocolo de consenso realizando una “apuesta” o depósito en una cartera digital especial, tras la cual posteriormente tendrán permitido validar las transacciones.

Pasos en la Validación PoS (Lindsey, 2018):

1. Los participantes realizan su “apuesta”.
2. El algoritmo selecciona al siguiente forjador o validador al azar basándose en las apuestas actuales.
3. El forjador procesa el siguiente bloque de transacciones.
4. Cuando termina de procesarlas, la red agrega esa información al bloque.
5. El forjador entonces toma su tarifa de transacción.

Usos

- PoS es utilizado para validar transacciones utilizando al forjador seleccionado.
- La selección de forjadores se basa en el tamaño de la apuesta y en cuánto tiempo ha mantenido una criptomoneda. En el segundo caso, se aumenta la prioridad a un usuario que ha mantenido su criptomoneda por al menos 30 días y para evitar manipulación existe un tope máximo de 90 días.
- Sirve como un protocolo de barrera de contingencia para asegurar la red en un ataque DoS que requiere un orden definido. En lugar de resolver una función, se encarga más bien de determinar la causa raíz.

Delegated Proof-of-Stake (DPoS)

Como su nombre lo indica, funciona de forma similar al PoS. Pero, en lugar de usar la probabilidad, los titulares de criptomonedas son capaces de emitir votos proporcionales a su participación con el fin de nombrar testigos conocidos como delegados (Rhodes, 2020). Estos delegados aseguran y validan la cadena de bloques, no necesitan su propia criptomoneda, pero necesitan votos para realizar decisiones importantes para toda la red.

En este caso, las *Blockchains* que utilizan la prueba de participación delegada dependen de un sistema de reputación basado en votaciones para llegar a un consenso.

Proof-of-Authority (PoA)

Se trata de un algoritmo diseñado con el propósito de llegar a un consenso distribuido como en el caso de PoW o PoS (Inside Cryptocoins, 2019). La prueba de autoridad (*Proof of Authority* PoA en inglés) se puede considerar como un caso particular del PoS, pero en lugar de poder participar con una apuesta o depósito financiero, se participa apostando la identidad del nodo. Los nodos en la red PoA se designan como validadores que son

seleccionados de manera democrática por otros validadores existentes y entonces, como nuevos nodos participantes podrán trabajar junto a otros validadores y ser recompensados por validar transacciones en la red.

Para verificar formalmente la identidad de una persona participante se requiere de una licencia notariada oficial expedida por el gobierno tras una verificación extensiva. Entonces la identidad del validador será comparada con la información notariada y la información que introdujeron originalmente en la *blockchain*.

La identidad de los validadores se mantiene anónima mediante un cifrado y es asegurada criptográficamente, pero puede ser expuesta a todos los demás participantes como un refuerzo negativo si un validador procesa una transacción que sea fraudulenta o maliciosa y entonces se arruinaría su reputación.

Participantes en *Proof of Authority*:

- Validadores cuya identidad se mantiene anónima y su reputación intacta mientras no procesen transacciones maliciosas.

Algoritmo (Bit2Me Academy, 2019):

1. Se eligen validadores de forma aleatoria. La inclusión y selección de nuevos nodos se lleva a cabo mediante una votación realizada por nodos previamente autorizados. De esta manera se puede evitar la inclusión de nodos maliciosos que puedan afectar el funcionamiento de la red.
2. El validador revela de forma voluntaria su identidad para que sea validada y se pueda facilitar el establecimiento de responsabilidades y su funcionamiento en la *blockchain*.
3. Cada validador puede firmar una sola serie de bloques consecutivos durante su turno de validación.
4. Tras validar las transacciones el sistema elimina los posibles actores maliciosos y expone su identidad.

Usos

- Validación confiable de transacciones asegurada por la identidad y reputación de un nodo.

Practical Byzantine Fault Tolerance (pBFT)

El concepto de Tolerancia a Fallas Bizantinas (por sus siglas en Inglés BFT), como su nombre lo indica, se deriva del Problema de los Generales Bizantinos, y se refiere a la capacidad que posee un sistema de cómputo distribuido para llegar a un consenso a pesar de la presencia de nodos maliciosos que provoquen fallas en el sistema o envíen información incorrecta (Crush Crypto, 2018).

El pBFT es un algoritmo encargado de optimizar la protección BFT y ha sido implementado en varias plataformas de Blockchain como: *Hyperledger*, *Stellar* y *Ripple* (Malviya, 2017). Típicamente se utilizan en combinación con otros algoritmos de consenso.

Participantes en pBFT:

- Nodos ordenados secuencialmente considerando a un nodo como “líder” y a los demás como “nodos de respaldo”. Todos los nodos en el sistema se encuentran interconectados y se comunican entre todos con el objetivo de que los nodos “honestos” puedan llegar a un acuerdo respecto al estado del sistema a través de la decisión de la mayoría.

Algoritmo pBFT Para el correcto funcionamiento de un sistema pBFT, el número de nodos maliciosos debe ser menor que la tercera parte de todos los nodos en el sistema en un escenario de vulnerabilidad dado. De manera similar al mecanismo de consenso de PoW, entre más nodos existan en una red pBFT, más segura será la red (Crush Crypto, 2018; Malviya, 2017).

A cada ronda del algoritmo de consenso pBFT se le llama vista (*view* en Inglés) y dicha vista se divide en 4 fases:

1. Un cliente envía una petición al nodo líder para invocar una operación de servicio.
2. El nodo líder entonces transmite la petición a los nodos de respaldo.
3. Los nodos ejecutan la petición y hacen una confirmación de la misma y la envían a los demás nodos para posteriormente enviar una respuesta al cliente.
4. El cliente finalmente espera $f + 1$ respuestas de diferentes nodos con el mismo resultado, donde f representa el número máximo de nodos potencialmente defectuosos.

El nodo líder cambia durante cada vista y es reemplazado mediante el uso de un protocolo llamado “cambio de vista” (*view change*) si una cierta cantidad de tiempo ha transcurrido sin que el nodo líder transmita la petición. También mediante la mayoría de los nodos honestos se puede determinar cuando un nodo líder es defectuoso y lo pueden reemplazar con el siguiente nodo líder en cola.

En la Figura 2.2 se muestra un ejemplo de funcionamiento del algoritmo pBFT dónde un cliente cualquiera hace una petición a un líder designado, dónde comienza una vista.

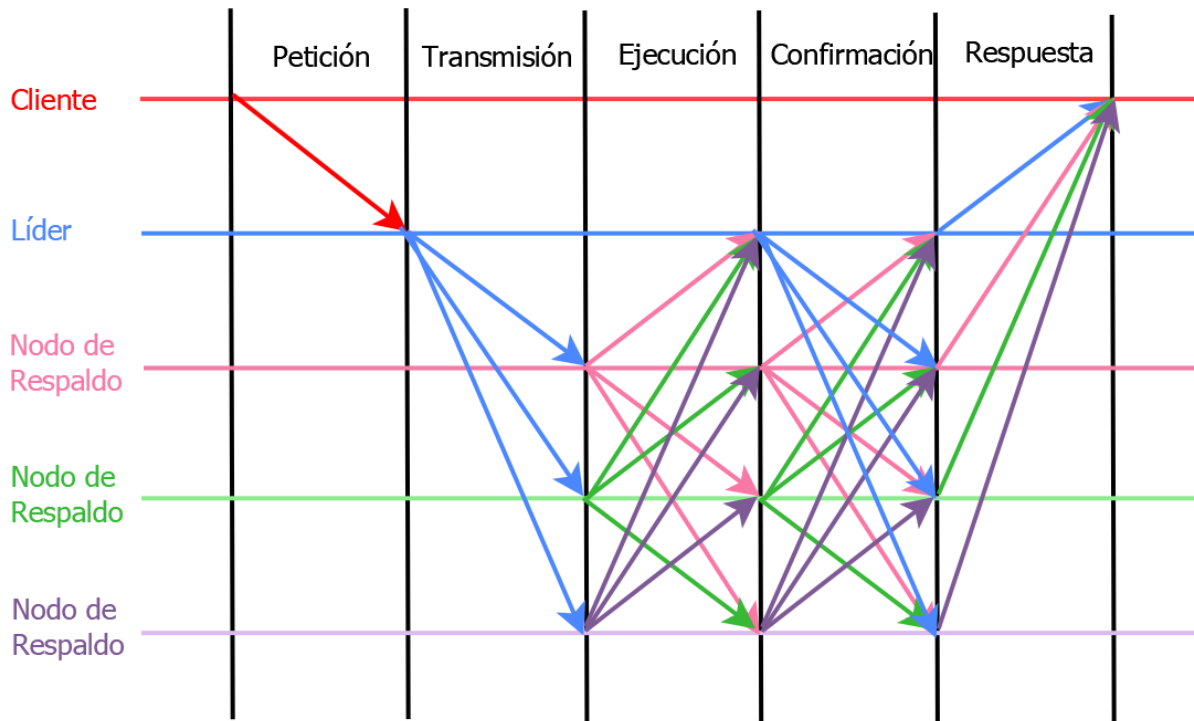


Figura 2.2 Algoritmo pBFT

Usos (Crush Crypto, 2018):

- Garantizan una comunicación segura ya que no sólo tienen que probar que un mensaje proviene de un nodo específico, sino que también deben verificar la integridad del mensaje durante la transmisión.
- Actualmente 2 proyectos utilizan el pBFT que son Hyperledger Fabric y Zilliqa.
- Hyperledger Fabric es un ambiente colaborativo para proyectos de blockchain que utiliza una versión permitonada (permissioned) de pBFT para su plataforma. Ya que las blockchains permitonadas usan grupos de consenso con pocos participantes y no necesitan la misma descentralización que las blockchains públicas, entonces el pBFT es efectivo para proporcionar transacciones de alto rendimiento. También al ser una blockchain privada y operada por entidades conocidas, ya existe un elemento de confianza entre los participantes lo cual permite a la red operar con todos los beneficios de pBFT sin las desventajas del mismo.

Raft

Raft es un algoritmo de consenso (*Raft Github*, s. f.) diseñado para ser muy sencillo de entender. Es equivalente a Paxos (*Geeks for Geeks*, 2018) (un algoritmo utilizado para alcanzar un consenso entre un grupo distribuido de computadoras conectadas mediante una red asíncrona) en su tolerancia a fallos y rendimiento. La diferencia es que en Raft el

consenso se descompone en subproblemas que son relativamente independientes uno de otros y todas las piezas principales en las que se divide se abordan de manera distribuida para tener un sistema más práctico. Esto lo hace dividiendo una máquina de estados (Webopedia, 2020) a través de un cluster de sistemas computacionales, asegurando que cada nodo en el cluster esté de acuerdo en la misma serie de transiciones de estado incluso ante la ocurrencia de fracasos.

Participantes en Raft

- Servidores en el cluster de computadoras, de los cuales uno se designa como “líder” y el resto como “seguidores”, que a su vez pueden considerarse como “candidatos” en caso de que el líder no se encuentre disponible en un determinado momento.
- Líder: Sólo este servidor puede interactuar con el cliente. Todos los demás servidores se sincronizan a sí mismos con el líder. En cualquier momento, sólo puede existir un líder.
- Seguidor: Sincroniza su copia de información con la del líder al transcurrir intervalos regulares de tiempo.
- Candidato: Son seguidores que al fallar un líder pueden tomar su lugar participando en una elección. Durante ésta los servidores pueden solicitar votos a los demás para convertirse en candidatos válidos. Por defecto, todos los servidores tienen el estado de candidato (*Geeks for Geeks*, 2018; Webopedia, 2020).

Algoritmo RAFT funciona eligiendo un líder en el cluster. Éste se encarga de administrar los registros de replicación de los otros servidores y es quien recibe y acepta las peticiones de los clientes y las distribuye. Entonces al realizar transmisiones, el flujo de información se lleva a cabo en una sola dirección partiendo del líder a los otros servidores. Un líder siempre se mantendrá como líder mientras no presente una falla o se desconecte, en dicho caso, sería reemplazado por un “candidato”, el cual puede solicitar votos a otros servidores utilizando “llamadas de procesos remotos” (Por sus siglas en inglés RPCs) para llevar a cabo la función “*RequestVotes*” (pedir votos) y así convertirse en el siguiente líder (Webopedia, 2020).

En la Figura 2.3 se muestra el proceso mediante el que un nodo seguidor se propone como nuevo líder y se muestra cómo es el proceso para los nodos seguidores y el actual líder.

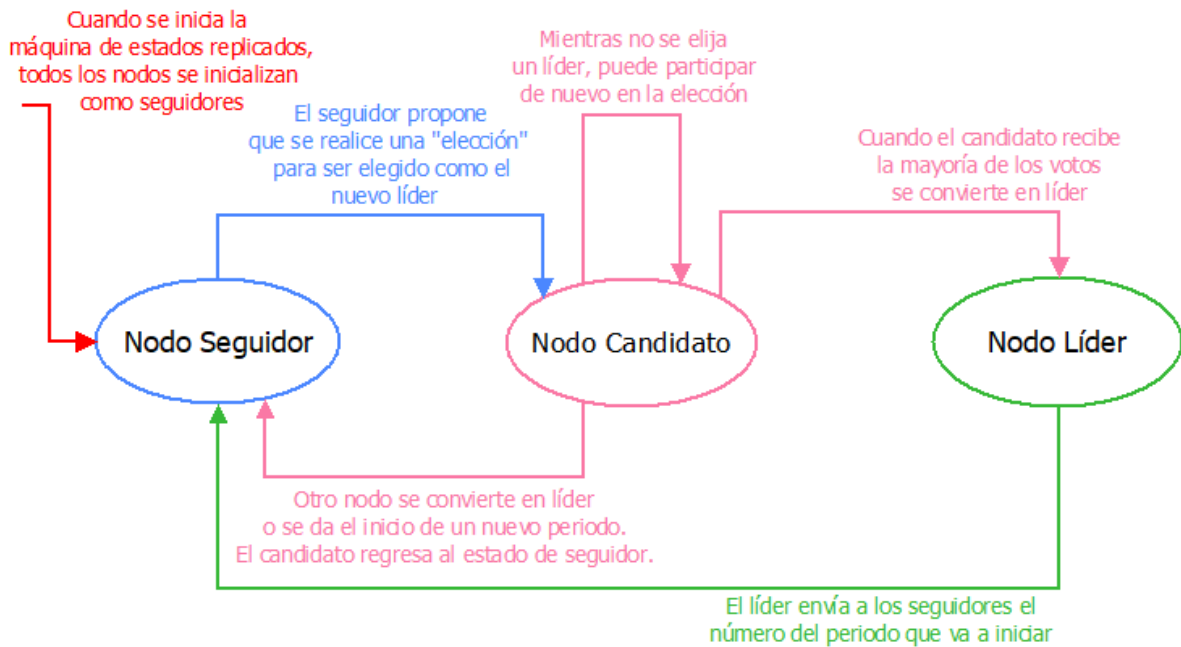


Figura 2.3. Algoritmo RAFT Parte 1: Elección del Nodo Líder

En la Figura 2.4, se muestra como el líder se encarga de enviar la petición del cliente a todos los seguidores, recibe sus respuestas, replica la mejor y la reenvía a todos los nodos con el fin de que estén sincronizados y, finalmente, envía la mejor respuesta al cliente para cumplir con la solicitud inicial.

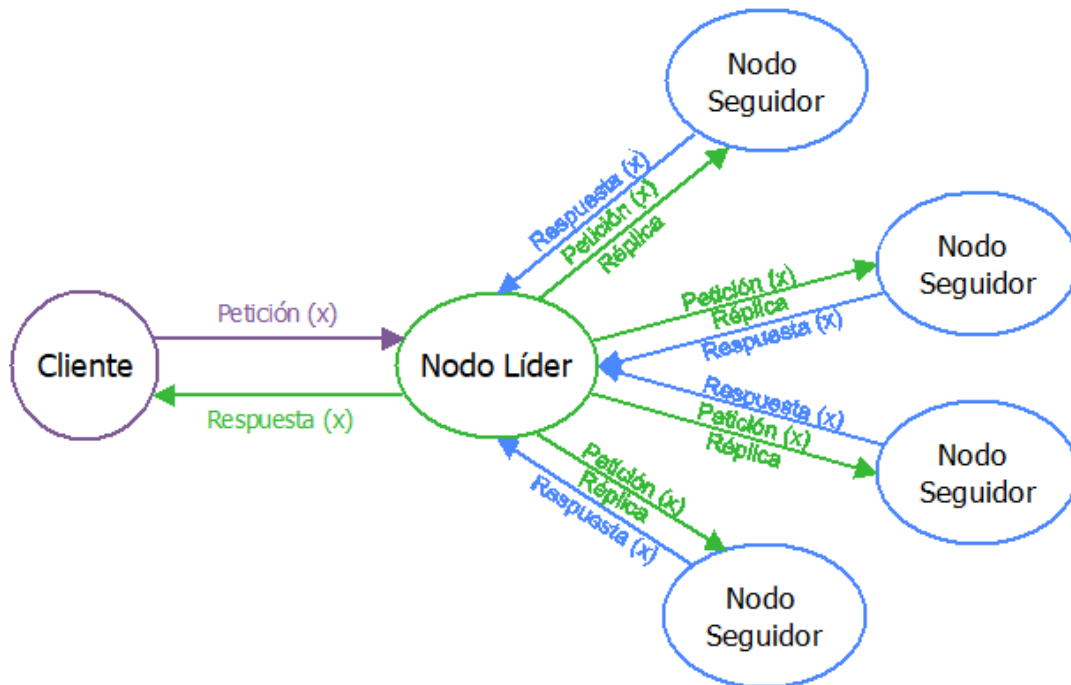


Figura 2.4. Algoritmo RAFT Parte 2: Comunicación entre el nodo líder y los nodos seguidores

RAFT descompone el proceso de alcanzar un consenso en 3 subproblemas independientes que son:

1. Elección de un líder: Ya que cuando el líder actual presenta un fallo, otro se elige para reemplazarlo.
2. Replicación de registros: A través de la cual el líder necesita mantener su propio servidor sincronizado con los registros de todos los demás servidores.
3. Seguridad: Principalmente manteniendo y asegurando la integridad y consistencia de los registros además de asegurar que la máquina de estados ejecute los mismos comandos.

Usos

- Se puede utilizar para replicar sistemas distribuidos con el fin de crear sistemas más robustos y consistentes sin tener que sacrificar desempeño o precisión.
- Las Bases Distribuidas como TiDB y YugabyteDB utilizan RAFT para la elección de servidores líderes y replicación.
- NewSQL utiliza RAFT para la administración de la base de datos.
- Otras compañías como MongoDB y HashiCorp lo utilizan (*Geeks for Geeks*, 2018; Webopedia, 2020)

2.2.4 Smart contracts

Smart Contracts (en español contratos inteligentes), sustituyen el papeleo legal de los contratos convencionales (Preukschat, 2017) (BBVA, 2016). Los *Smart Contracts* son aplicaciones almacenadas en la blockchain que definen la lógica de negocio (reglas) para ser utilizadas en las transacciones que realiza una aplicación descentralizada.

El *Smart Contract* puede definir las reglas de operación y consecuencias (como lo haría un contrato tradicional), la diferencia con estos últimos radica en que un Contrato Inteligente puede recibir información de entrada, operar con ella según las reglas de negocio establecidas y definir las acciones consecuentes de forma automática e inalterable (gracias a que se almacena en la *Blockchain*).

Los contratos inteligentes pueden ser programados en múltiples lenguajes de alto nivel como *Solidity*, *Viper*, *Mutant*, *LLL* o *Serpent*, para posteriormente ser compilados y transformados a bytecode (lenguaje de bajo nivel) y finalmente interpretados por la EVM (*Ethereum Virtual Machine*).

En este trabajo abordaremos el lenguaje Solidity (Lenguaje de programación orientado a contratos) (Solidity Github, s. f.; Soliditylang, s. f.): Es un lenguaje de programación orientado a objetos y de alto nivel influenciado por C++, Python y JavaScript que fue diseñado para el desarrollo de contratos inteligentes que puedan ejecutarse en la Máquina

Virtual de Ethereum. Como se mencionaba anteriormente, los contratos inteligentes son programas que se ejecutan dentro de redes punto a punto de Ethereum donde nadie tiene ningún tipo de autoridad o control especial sobre su ejecución, lo que permite la implementación de tokens de valor, propiedad, votación u otros tipos de lógica.

2.2.5 Operación de blockchain

Una vez ya definidos los componentes básicos ahora describiremos cómo todos estos se interconectan para operar juntos.

2.2.5.1 Creación de bloques

La creación de un bloque (Nakamoto, 2008) en la blockchain es un procedimiento mediante el cual se consolida un conjunto de transacciones pendientes, denominado mempool, en una estructura de datos denominada bloque. Este bloque se caracteriza por contener, además de las transacciones, información contextual esencial, incluyendo el *hash* del bloque anterior, un sello de tiempo y un valor *nonce*.

La creación de un bloque es un componente esencial en la arquitectura de la *blockchain*, proporcionando una base sólida para la seguridad, transparencia y confiabilidad de la red.

2.2.5.2 Estructura de bloques

En la Figura 2.5, se muestra la estructura de los bloques y se detalla el contenido (Yaga, 2018):

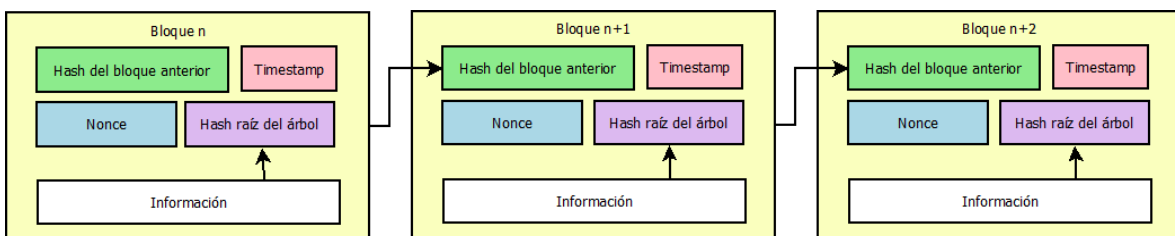


Figura 2.5. Estructura de Bloques en una Blockchain

- Información (Retamal, Bel & Muñoz, 2017): Contenido referente a la naturaleza de la aplicación de la cadena de bloques, varía de blockchain a blockchain. Por ejemplo, en Bitcoin la información es la transacción realizada con la criptomoneda.
- Timestamp (Retamal, Roig & Muñoz, 2017): También conocido como Marca de tiempo, permite identificar el momento en que el bloque fue creado.
- Nonce (Retamal, Bel & Muñoz, 2017): Valor resultante del Algoritmo de consenso, obtenido por fuerza bruta por el minero. Este número busca que el hash de todo el bloque actual (incluyendo el *nonce* que se prueba) tenga una complejidad aceptable para la red.

- *Hash* del bloque anterior (Waldman, 2018; Yaga, 2018): Se aplica la función *hash* a toda la información contenida en el bloque anterior, dando como resultado una cadena, esa cadena se agrega como parte de la información del bloque actual, de esta forma el bloque actual queda vinculado al anterior, formando la estructura de cadena.
- *Hash* del árbol (Waldman, 2018; Retamal, Bel & Muñoz, 2017): Las transacciones realizadas en la cadena de bloques forman una estructura que al desarrollarse se comporta como un árbol (en la mayoría de los casos se busca que sea binario), como se muestra en la Figura 2.6.

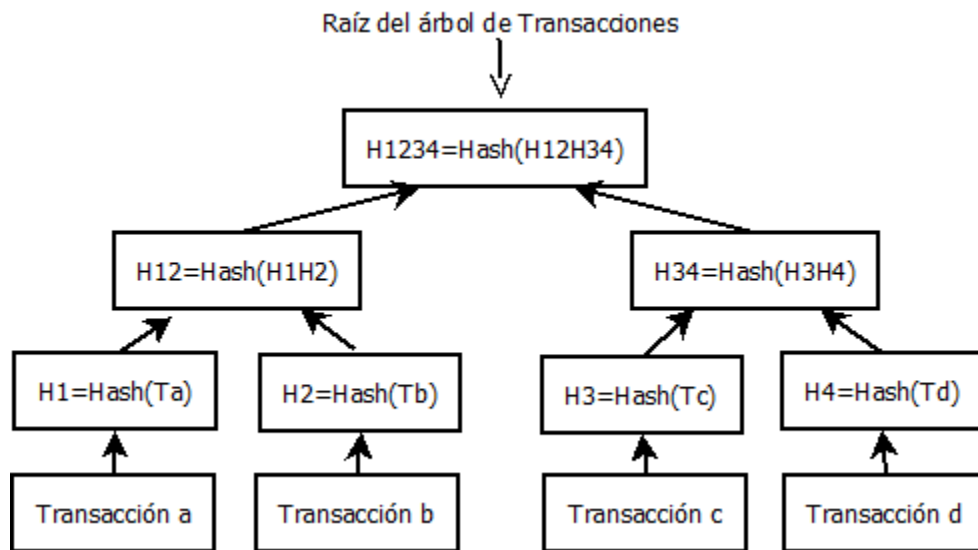


Figura 2.6. Estructura del árbol de Transacciones

De esta forma, un nivel superior es el resultado del *hash* de dos valores concatenados del nivel inferior (en caso de ser un árbol binario). Hasta llegar al nodo raíz que es el *hash* resultante de todos los valores en el árbol.

El bloque actual realiza el *hash* de la raíz hasta el momento en que se realizó la transacción que se solicite. De esta forma se referencia toda la información del bloque con el valor del árbol, asegurando la integridad en la cadena, además de hacer posible la búsqueda de un dato sin tener que recorrer toda la información del árbol.

2.2.5.3 Adición de bloques a la cadena y validación

En la *blockchain* existe un *ledger* distribuido que está basado en un protocolo P2P que sirve para organizar la validación de las transacciones y que sean agregadas al *Ledger* o *Blockchain*.

Cuando un nodo realiza una transacción, obtiene su *hash* y lo quiere agregar a la cadena, debe comenzar un proceso de validación. Para esto les pide a otros nodos (51%) que validen su transacción, al terminar envían su respuesta al nodo que realizó la petición y si el resultado fue positivo, lo agrega a la cadena como un nuevo bloque.

Dependiendo del tipo de *Blockchain* (C. B. Insights, 2021), se pueden tener diferentes formas de validación. La validación se efectúa por otros nodos de la red y debe ser aprobada por la mayoría.

La cadena de bloques que se genera a partir de las operaciones o cambios de estado trabaja bajo las siguientes reglas:

- Registro solo para agregar: Cada operación agrega un "bloque" de transacciones válidas (tx) al registro con las transacciones anteriores. Los bloques anteriores o que ya se encuentran en la cadena no pueden ser modificados.
- Contenido verificable: El contenido del registro se puede verificar a partir del elemento más reciente ya que las entradas de registro forman una cadena *hash*. Con esto se mantiene la continuidad de operaciones y la dependencia entre ellas con un orden definido.

$$ht \leftarrow \text{Hash} ([tx1, tx2, \dots] || ht-1 || t).$$

Por lo anterior, cada bloque tiene un lugar específico e inalterable dentro de la cadena de bloques que además de asegurar la integridad de cadena de bloques con es uso de funciones *hash*, también se busca que cada nodo participante almacene una copia exacta de la cadena. Esto con el propósito de que en caso de lograr alterar la cadena o que haya un error que comprometa la integridad de la cadena, al comparar la cadena corrompida de un nodo con la cadena almacenada en el resto de los nodos pertenecientes a la *blockchain*, pueda notarse el error y sea posible la recuperación de dicho nodo, sin comprometer la cadena original.

A medida que se agregan nuevos bloques, estos son verificados y validados por todos los nodos de la red antes de agregarlos y al verificar que la transacción fue correcta, es añadida a un bloque y enlazada en la cadena.

Junto con la estrategia de consenso, la validación es otro de los grandes problemas con los que se enfrenta *Blockchain* como solución descentralizada. Como ya se mencionó, existen varios protocolos que se pueden utilizar como lo son la Prueba de Trabajo (PoW) y BFT.

2.2.6. Seguridad de blockchain

2.2.6.1 Servicios de seguridad

Se definen los objetivos específicos a ser implementados a través de mecanismos de seguridad. Es una característica que debe tener un sistema para satisfacer una política de seguridad (lo que se desea).

- Confidencialidad
- Autenticación
- Integridad
- Control de Acceso
- No repudio

2.2.6.2 Mecanismos de seguridad

Consisten en la funcionalidad específica para cumplir con un servicio de seguridad. Es un procedimiento concreto utilizado para implementar el servicio de seguridad (el cómo).

- Código de detección de modificaciones
- Código de autenticación del mensaje
- Firma digital
- Número de secuencia del mensaje
- Cifrado
- Control de acceso
- Relleno de tráfico
- Control de encaminamiento
- Certificación
- *Hash*

2.2.6.3 Autenticación y PKI

El servicio de autenticación asegura que las entidades que se comunican son quienes reclaman ser. El servicio usa información para establecer la validez de procedencia o privilegios de una entidad, individuo o sistema en la red, proveyendo protección ante estos.

Puede ser aplicada a todas las capas del modelo OSI, solicitando credenciales de acceso a cada nivel, aunque comúnmente sólo la vemos en la capa de aplicación.

2.2.6.4 Public Key Infrastructure (PKI) o Infraestructura de Clave Pública

Es un sistema que permite establecer comunicaciones seguras utilizando certificados digitales, permite autenticar el huésped y el usuario en una comunicación, para ello combina *hardware*, *software*, políticas y procedimientos de seguridad.

Permite a los usuarios autenticarse frente a otros usuarios utilizando las llaves privadas y públicas para cifrar y descifrar información, mensajes, firmar digitalmente, garantizar el no repudio, etc, de tal manera que solo alguien que posee la clave privada puede descifrar con éxito cualquier mensaje cifrado por la clave pública (Attachmate, s. f.).

Una operación que utiliza PKI tiene al menos la intervención de los siguientes actores (Sabolansky, 2010):

1. Usuario que inicia la operación
2. Sistemas y/o servidores que constatan la ocurrencia de la operación y aseguran la validez de las llaves implicadas (autoridad certificadora o de registro y sistema de marca de tiempo)
3. Destinatario de los datos firmados o cifrados.

Debido a que los algoritmos de cifrado utilizados por PKI son conocidos y accesibles para todos, la seguridad que provee PKI está condicionada con la confidencialidad de la llave privada (que puede estar protegida o administrada por políticas de seguridad según la entidad).

2.3 Aplicaciones de blockchain en la solución de problemas de la vida real

En esta sección desglosamos aplicaciones de la tecnología blockchain en diferentes sectores de la industria donde se utiliza esta tecnología.

También abordamos la forma y el orden en que se debe aplicar blockchain para solucionar diferentes tipos de problema donde esta tecnología puede ser pertinente.

2.3.1 Ejemplos de aplicaciones de blockchain

Banca y finanzas

La tecnología blockchain ha transformado la industria bancaria al ofrecer soluciones eficientes para la gestión de transacciones, pagos internacionales y contratos inteligentes. La descentralización y la seguridad inherentes a la *blockchain* optimizan la velocidad y la transparencia en las operaciones financieras (Mougayar, 2016; Swan, 2015).

Logística y transporte

En el sector logístico, la *blockchain* se utiliza para mejorar la trazabilidad de productos, la gestión de la cadena de suministro y la autenticación de documentos. La transparencia y la inmutabilidad de la información garantizan una mayor eficiencia y confianza en toda la cadena logística (Tapscott & Tapscott, 2016; Iansiti & Lakhani, 2017).

Administración pública

En la administración pública, la *blockchain* se puede emplear para garantizar la integridad de los registros, reducir la burocracia y mejorar la transparencia. Se puede utilizar contratos inteligentes y registros descentralizados para contribuir a la eficiencia y la seguridad en la gestión gubernamental (Swan, 2015; Narayanan, Bonneau, Felten, Miller & Goldfeder, 2016).

Salud

En el ámbito de la salud, la *blockchain* se puede emplear para garantizar la seguridad de los datos médicos en el historial de pacientes, facilitar el intercambio de información entre entidades de salud y mejorar la trazabilidad de productos farmacéuticos (Mettler, 2016; Yli-Huumo, Choi, Park & Smolander, 2016).

Educación

En el sector educativo, la *blockchain* se puede utilizar para verificar credenciales académicas, mejorar la autenticidad de certificados y facilitar la trazabilidad de registros

académicos. Esto reduce la posibilidad de fraudes y agiliza procesos de verificación (Clift, 2017; Tapscott & Tapscott, 2016).

Medio ambiente

En el ámbito ambiental, la *blockchain* se implementa para rastrear la procedencia de productos, certificar prácticas sostenibles y transparentar las cadenas de suministro. Esto fomenta la responsabilidad social y ambiental (Chen, Ding, Mao, Xiao & Qian, 2018).

2.3.2 Cómo aplicar blockchain a la solución de problemas

En esta sección abordamos la metodología general sobre cómo se aplica la tecnología blockchain en la solución de problemas a través de los beneficios que esta tecnología provee en cuanto a la identificación y análisis de los problemas para posteriormente apoyarse de blockchain en el diseño de soluciones con base en diferentes problemas identificados.

Identificación de problemas

La identificación precisa de problemas se beneficia de la capacidad de la *blockchain* para crear registros inmutables e inalterables, proporcionando un historial transparente de eventos. Los registros descentralizados permiten una trazabilidad efectiva de eventos, facilitando la identificación de problemas en diversas industrias. En la banca, por ejemplo, la *blockchain* facilita la identificación de transacciones fraudulentas al ofrecer una pista de auditoría completa (Swan, 2015; Tapscott & Tapscott, 2016).

Análisis de los problemas

El análisis de problemas se ve mejorado gracias a la transparencia y la accesibilidad de datos proporcionados por la *blockchain* de manera estructural. La capacidad de compartir datos de manera segura y eficiente facilita un análisis más profundo y preciso de los problemas. Los participantes autorizados pueden acceder a la información relevante, lo que permite un análisis más profundo. En el sector de la salud, por ejemplo, la *blockchain* puede facilitar el acceso seguro a los registros médicos, mejorando la precisión del diagnóstico (Narayanan, Bonneau, Felten, Miller & Goldfeder, 2016; Mougayar, 2016).

Diseño de soluciones blockchain

La *blockchain* se puede utilizar para diseñar soluciones que aborden diferentes tipos de problemas identificados. Por ejemplo, en el campo de la logística se puede diseñar una solución al problema de la eficiencia y la seguridad en el rastreo de envíos mediante el uso de contratos inteligentes que automaticen el proceso administrativo de todos los pedidos y el registro del traslado de los productos enviados, reduciendo la pérdida de productos y optimizando la cadena de suministro (Antonopoulos, 2014; Zheng, Xie, Dai, Chen & Wang, 2017).

2.4 Diseño de material en línea, interactivo y gratuito

En esta sección se presenta la importancia del diseño de material en línea considerando los diferentes principios del diseño educativo que provee dicho material, además de abordar la importancia que proveen los diferentes tipos de elementos del diseño con el objetivo de que el material digital creado apoye el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura diseñada.

2.4.1 Principios del diseño educativo

En la planificación y ejecución de estrategias pedagógicas efectivas, es imperativo fundamentarse en principios del diseño educativo que respalden la creación de entornos de aprendizaje propicios para el desarrollo cognitivo y la adquisición significativa de conocimientos. Estos principios, fundamentados en teorías pedagógicas sólidas, se erigen como pilares estructurales que orientan la creación y ejecución de programas educativos en diversos niveles (Bonwell & Eison, 1991; Ausubel, 1963; Tomlinson, 2001).

La presente sección explorará tres principios clave del diseño educativo: Aprendizaje Activo, Aprendizaje Significativo y Aprendizaje Personalizado. Cada uno de estos principios aporta una perspectiva única sobre cómo optimizar la experiencia educativa, incentivando la participación activa, la comprensión profunda y la adaptabilidad a las necesidades individuales de los estudiantes.

Aprendizaje activo

En el principio de aprendizaje activo se debe enfatizar la participación de los estudiantes durante el proceso educativo, promoviendo, de esta manera, la construcción continua del conocimiento (Bonwell & Eison, 1991; Prince, 2004).

Este enfoque se centra en la realización de actividades prácticas, incentivar discusiones y críticas, la resolución de problemas y la elaboración de proyectos que involucren a los estudiantes de manera directa. El aprendizaje activo no solo sirve para mejorar la retención del contenido, sino que también fomenta el desarrollo de habilidades críticas como el pensamiento analítico y la toma de decisiones.

Aprendizaje personalizado

El aprendizaje personalizado se adapta a las necesidades individuales de cada estudiante, reconociendo que cada uno tiene un estilo de aprendizaje único y un ritmo diferente. Utiliza enfoques como la diferenciación y la tecnología educativa para proporcionar experiencias de aprendizaje más relevantes de manera individual. La personalización se refiere no sólo al contenido, sino también a la forma de evaluación y la retroalimentación proporcionada, lo que permite a los estudiantes progresar a su propio ritmo (Tomlinson, 2001; Hattie & Timperley, 2007).

Aprendizaje significativo

El aprendizaje significativo se basa en la teoría de Ausubel, que sostiene que los nuevos conocimientos se incorporan en la estructura cognitiva existente de los estudiantes a través de experiencias relevantes. Implica conectar la nueva información con conceptos previos, experiencias y valores, lo que resulta en una comprensión más profunda y duradera. Este enfoque valora la comprensión en lugar de la memorización y fomenta la aplicación práctica del conocimiento adquirido (Ausubel, 1963; Novak, 2010).

Conceptos relevantes del diseño educativo

Proceso Enseñanza-Aprendizaje: Se definen como las interacciones que existen entre estudiantes y docentes. Por la parte de la enseñanza, se debe de planificar siguiendo los planes de estudio y basarse en las necesidades identificadas mediante un proceso de evaluación y se concreta a través de la capacitación de los docentes (INEE, 2024).

Programa de estudio: Es un documento que organiza la enseñanza que realizará el docente que además permite el diálogo con los estudiantes acerca del contenido y las actividades que se llevarán a cabo para el aprendizaje y la evaluación del curso (IPN, 2021).

Plan de estudios: Es el esquema estructurado que hace referencia a las áreas obligatorias y fundamentales de áreas optativas con sus respectivas asignaturas que forman parte del currículo de los establecimientos educativos. Un plan de estudios debe contener los siguientes aspectos: Intención e identificación del contenido, Distribución del tiempo y secuencia del proceso de aprendizaje, los conocimientos que los estudiantes deben alcanzar, la metodología aplicable a cada área, y las metas de calidad (Ministerio de Educación Nacional, 2020).

2.4.2 Elementos del diseño de material en línea

El desarrollo de materiales en línea para el entorno educativo actual requiere una consideración cuidadosa de varios elementos clave que contribuyen a la eficacia del proceso de enseñanza y aprendizaje. Cada uno de estos elementos juega un papel fundamental en la creación de una experiencia educativa rica y significativa. A continuación, revisamos y destacamos cuatro elementos clave del diseño de contenidos online, destacando su importancia y proporcionando ejemplos de cada elemento.

Contenido

El contenido constituye el núcleo del diseño educativo en línea. La claridad, relevancia y organización del contenido influyen directamente en la comprensión y retención de información de los estudiantes. El contenido incluye todo el material de: lecturas, videos

explicativos y simulaciones interactivas, que sirven para presentar los conceptos y temas de manera accesible y atractiva (Bates, 2015; Mayer, 2009).

Interactividad

La importancia de la interactividad yace en fomentar la participación activa del estudiante, facilitando un aprendizaje más profundo y significativo. Permite la adaptabilidad a diferentes estilos de aprendizaje. El material interactivo incluye, por ejemplo, todas las actividades de “Arrastrar y soltar”, simulaciones prácticas y foros de discusión y crítica en línea (Anderson, 2003; Clark, 2013).

Multimedia

La integración de diferentes elementos multimedia, como imágenes, infografías, presentaciones interactivas, audios y videos, tiene la función de enriquecer la presentación del contenido, además de proporcionar al material en línea de cierto nivel de personalización con el fin de proveer al estudiante una experiencia de aprendizaje significativa (Mayer, 2001; Guo, Kim & Rubin, 2014).

Evaluación

Una evaluación efectiva tiene como objetivo medir la comprensión del estudiante sobre el contenido y material proporcionando retroalimentación. También permite personalizar la instrucción del contenido para abordar las necesidades individuales de cada estudiante y evaluar si se cumplen los objetivos del aprendizaje. Las evaluaciones en línea se pueden realizar a través de exámenes interactivos, así como de tareas prácticas y rúbricas de evaluación (Pellegrino, Chudowsky & Glaser, 2001; Brookhart, 2013).

2.5 Importancia de *Blockchain* en la educación superior

Blockchain es una tecnología que originalmente fue diseñada con el fin de respaldar las criptomonedas. Sin embargo, recientemente ha emergido como una innovación de gran importancia que se extiende más allá del ámbito financiero.

En la educación superior representa una evolución significativa en el desarrollo académico de los estudiantes. Este análisis aborda la importancia de que los alumnos adquieran conocimientos sobre *Blockchain*, destacando sus beneficios y aplicaciones interdisciplinarias en diversos campos de aprendizaje.

2.5.1 Importancia para los estudiantes

Desarrollo de competencias tecnológicas

Aprender sobre *Blockchain* proporciona a los estudiantes habilidades prácticas en una tecnología innovadora. La comprensión de los conceptos fundamentales de *Blockchain*, como la descentralización y la seguridad criptográfica, mejora la competencia tecnológica esencial en la era digital (Swan, 2015).

Preparación para el Mercado Laboral

La adquisición de conocimientos en *Blockchain* prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos y oportunidades en un mercado laboral en constante evolución. Muchas industrias, como finanzas, salud y logística, están adoptando *Blockchain*, y los empleadores valoran a los candidatos con habilidades en esta tecnología (Mougayar, 2016).

2.5.2 Aplicaciones Interdisciplinarias

Cripto Economía y Finanzas

Entender cómo funciona *Blockchain* es esencial para comprender la criptoconomía. Los estudiantes pueden explorar aplicaciones en finanzas descentralizadas (DeFi), contratos inteligentes y emisión de tokens, expandiendo su conocimiento en áreas económicas y financieras (Narayanan, 2016).

Ciberseguridad y Criptografía

Blockchain presenta desafíos únicos en seguridad y criptografía. Los estudiantes pueden profundizar en estos campos al comprender cómo la cadena de bloques utiliza algoritmos criptográficos para garantizar la integridad y confidencialidad de la información (Zheng, Xie, Dai, Chen & Wang, 2018).

Ética y Descentralización

La descentralización inherente a *Blockchain* plantea cuestiones éticas y sociales. Los estudiantes pueden explorar los aspectos éticos de la tecnología, incluidas las implicaciones de la privacidad y la equidad, contribuyendo así a una comprensión más completa de la ética en la tecnología (Casey & Vigna, 2018).

La educación en *Blockchain* en la educación superior no solo proporciona habilidades técnicas avanzadas, sino que también prepara a los estudiantes para una variedad de campos interdisciplinarios. Desde la economía hasta la ética, los conocimientos en *Blockchain* son fundamentales para cultivar una nueva generación de profesionales capaces de abordar los desafíos y oportunidades en la era digital.

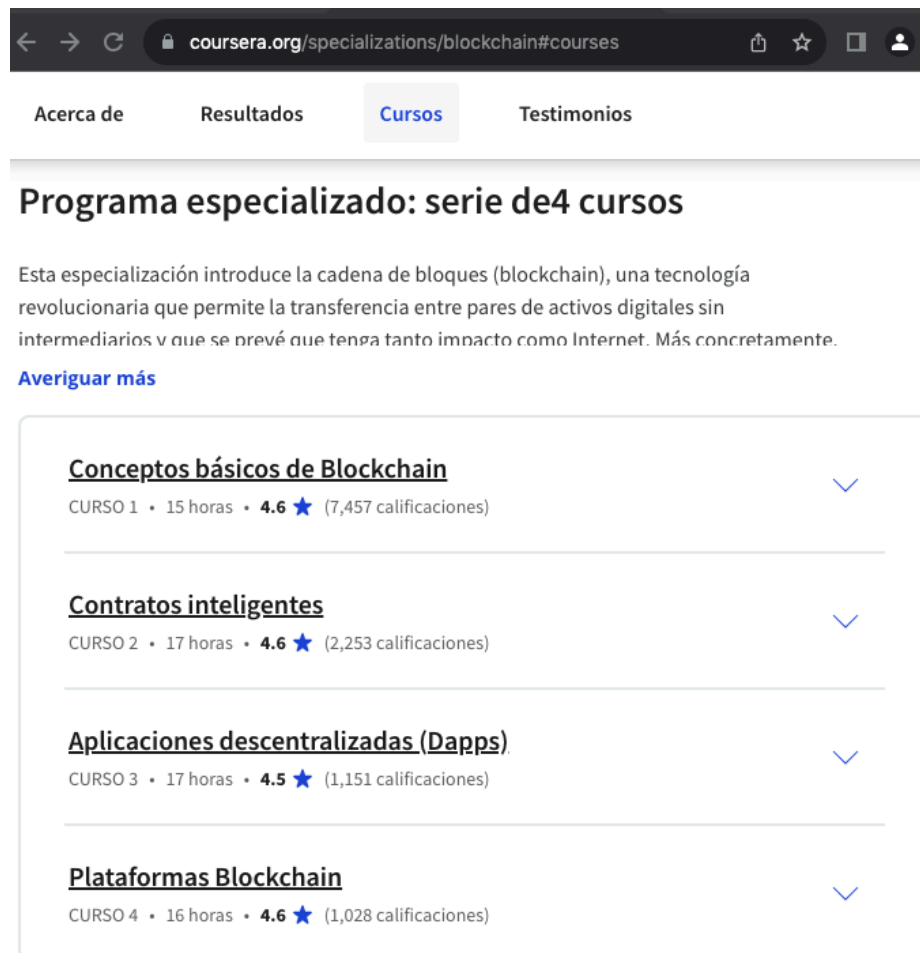
2.6 Educación en línea sobre Blockchain

La educación en línea sobre *Blockchain* ha experimentado un crecimiento significativo a nivel mundial, ofreciendo a estudiantes y profesionales oportunidades para adquirir conocimientos especializados en esta tecnología emergente, sin embargo actualmente no existe un curso que aborde un temario tan completo como el propuesto en el proyecto de “Creación de Material Digital para la Enseñanza de *Blockchain*”. A continuación, se presenta una revisión del estado actual de la educación en línea sobre Blockchain en México y el mundo, con énfasis en cursos ofrecidos por instituciones reconocidas.

- Coursera

En la plataforma Coursera hay materiales impartidos por instituciones como la Universidad de Princeton y la Universidad de Buffalo, al compararlos con el temario propuesto en esta tesis, puede notarse que el contenido de cada curso en Coursera abarca sólo uno de los subtemas de la tesis presente “Creación de Material Digital para la Enseñanza de *Blockchain*”, es decir, que es esta plataforma para obtener un conocimiento “completo” del tema, es necesario comprar y tomar los cursos por separado.

En la Figura 2.6, se puede ver el ejemplo de un programa para aprender Blockchain, que comprende una serie de 4 cursos, cada uno tiene un costo, duración y disponibilidad diferente y, aunque no es necesario tomar uno para poder tomar el siguiente, en el curso posterior se asume que los participantes tienen el conocimiento del curso predecesor.



← → ↻ coursera.org/specializations/blockchain#courses

Acerca de Resultados **Cursos** Testimonios

Programa especializado: serie de 4 cursos

Esta especialización introduce la cadena de bloques (blockchain), una tecnología revolucionaria que permite la transferencia entre pares de activos digitales sin intermediarios y que se prevé que tenga tanto impacto como Internet. Más concretamente.

[Averiguar más](#)

- Conceptos básicos de Blockchain**
CURSO 1 • 15 horas • 4.6 ★ (7,457 calificaciones)
- Contratos inteligentes**
CURSO 2 • 17 horas • 4.6 ★ (2,253 calificaciones)
- Aplicaciones descentralizadas (Dapps)**
CURSO 3 • 17 horas • 4.5 ★ (1,151 calificaciones)
- Plataformas Blockchain**
CURSO 4 • 16 horas • 4.6 ★ (1,028 calificaciones)

Figura 2.7. Ejemplo de programa especializado en Coursera; compuesto de 4 cursos independientes.

En Coursera la mayoría de materiales disponibles, se centran en la implementación de contratos inteligentes, la inversión en Bitcoins y conceptos muy básicos de la cadena de bloques.

- edX

Presenta cursos en colaboración con instituciones académicas líderes como el MIT, la Universidad de Columbia o la Universidad de Berkeley. Es importante destacar que la mayoría de los cursos son presentados en inglés, están disponibles para inscripciones cada cierto tiempo, es decir, que no es posible tomarlos en cualquier momento, sólo cuando se abre el periodo de inscripciones.

Si bien algunos de estos cursos (los que ofrecen preparación para certificaciones) tienen como parte de los objetivos de aprendizaje conocer acerca de protocolos de consenso o alguna otra característica de *blockchain* (generalmente no comprenden todas las propiedades y funcionamiento de las cadenas de bloques ni de los *smart contracts*, sino que se concentran en uno o dos elementos); los cursos no contienen los conocimientos ni saberes previos para entender dichos conceptos, sino que tienen como prerrequisitos cierto nivel de conocimientos teóricos y prácticos de otros temas como criptografía, seguridad informática, sistemas distribuidos, bases de datos, entre otras (saberes que sí se incluyen en el material propuesto).

En la plataforma, también están disponibles materiales de universidades mexicanas como la Red de Universidades Anáhuac que en colaboración con la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia con opción de obtener una certificación, no obstante están dirigidos a un público que desea aprender conceptos de *Blockchain* y bitcoin en situaciones empresariales (mantiene el tema general, sin profundizar en el funcionamiento de la tecnología) por un precio de \$1431 MXN que con descuento por temporadas puede costar \$1288 MXN.

- Udemey

La plataforma Udemey alberga una amplia gama de cursos sobre Blockchain, cuyos precios alcanzan un costo de \$1500 MXN, cabe resaltar que ninguno de estos se llega a encontrar de manera gratuita y sólo una limitada selección por temporadas es puesta en descuento con precios no menores a \$129 MXN.

Entre sus cursos ofertados de contratos inteligentes, destacan los que promueven aprender Solidity, sin embargo, una gran mayoría de acuerdo con su información de resumen se centran únicamente en la implementación y sintaxis del lenguaje y no en su funcionamiento y fundamentos (teoría que se aborda en el material propuesto en esta tesis), además, los cursos más “completos” y mejor calificados son impartidos

en inglés. Por otro lado, los cursos propuestos de blockchain promocionan una breve introducción a Blockchain, concentrando el curso en implementaciones o en cómo invertir en cripto divisas.

- Fundación Carlos Slim / Capacítate para el empleo

La plataforma Capacítate para el empleo de la Fundación Carlos Slim tiene como objetivo formar profesionales en diferentes ramos, por lo que promete que al tomar el curso que proponen llamado “Fundamentos de *Blockchain*” y plan de capacitación, cualquier persona puede dedicarse a desarrollar la tecnología, sin embargo, los vídeos de los que consta el material, son meramente informativos, no se profundiza en el aspecto técnico ni en las implementaciones, es información general acerca de la tecnología de las cadenas de bloques.

Aunque cuenta con evaluaciones, son cuestionarios de preguntas abiertas que no tienen retroalimentación para el usuario, por último, el plan de capacitación no está disponible.

En conclusión, las instituciones en línea mencionadas presentan las mismas ventajas y desventajas, las cuáles se abordan a continuación:

Ventajas:

- Diversidad de cursos de Blockchain impartidos por universidades de prestigio.
- Flexibilidad para aprender a ritmo propio.
- Opciones de certificación para mejorar credenciales.

Desventajas:

- Algunos cursos pueden tener costos asociados.
- Se tiene que tomar un curso diferentes de acuerdo a cada tema en específico, ningún curso por si solo engloba por completo todos los temas fundamentales de Blockchain.
- Los cursos propuestos están más orientados a la implementación sin abordar a fondo la comprensión del funcionamiento de la tecnología de la cadena de bloques.

Capítulo 3

3. Desarrollo del proyecto

La realización de este proyecto se llevó a cabo en 5 etapas:

1. Diseño curricular
2. Diseño instruccional
3. Creación del material
4. Evaluación con usuarios
5. Implementación de mejoras identificadas

Las etapas se encuentran descritas como un proceso secuencial, sin embargo, como se mencionó en el apartado 1.8 Metodología, en este proyecto se usó como base una metodología ágil, por lo que se vuelve un proceso iterativo de evaluación del material e implementación de mejoras constantes y cortas. A continuación, presentaremos el material desarrollado para cada etapa del proyecto, describiendo de manera específica su estructura.

3.1 Diseño Curricular

Para el diseño de la materia se consideraron diversos elementos esenciales para garantizar la efectividad y pertinencia del aprendizaje de la materia de fundamentos de Blockchain. En este contexto, se abordan los siguientes 4 apartados:

3.1.1 Objetivo de la asignatura

El primer paso fue establecer con claridad los objetivos de la asignatura. Los objetivos establecidos incluyen:

1. Comprender los fundamentos teóricos de *Blockchain*:

- Explorar los sistemas distribuidos y entender las diferencias entre distribuido y descentralizado.
- Adquirir conocimientos sobre bases de datos distribuidas y su funcionamiento.

2. Conocer diversas implementaciones de *blockchain*:

- Estudiar las implementaciones actuales de *blockchain*, analizando sus ventajas y desventajas.

- Obtener experiencia práctica al implementar una *blockchain* utilizando las herramientas más recientes.

3.Explorar aplicaciones prácticas:

- Profundizar en el diseño y funcionamiento de aplicaciones específicas como Bitcoin, Ethereum y *Hyperledger*.
- Desarrollar habilidades prácticas mediante la creación de contratos inteligentes, aplicaciones de *Permissioned Blockchain*, entre otros.

4.Analizar cuándo utilizar o no una Blockchain:

- Estudiar casos de éxito y fracaso en el uso de *Blockchain* en diversos contextos.
- Reflexionar sobre situaciones donde el uso de *Blockchain* para la resolución de problemas es apropiado o no.

3.1.2 Diseño de las unidades de aprendizaje

El diseño de las unidades de aprendizaje de la asignatura propuesta de enseñanza de tecnología de blockchain se divide en 5 módulos secuenciales que abarcan los siguientes subtemas:

Módulo 1: Fundamentos teóricos de *blockchain*

1.1 Qué es un sistema distribuido

1.2 Diferencias entre distribuido y descentralizado

1.3 Bases de datos distribuidas punto a punto (BDD), sus retos y funcionamiento

Módulo 2: ¿Qué es *blockchain*?

2.1 Definición blockchain

2.1.1 ¿Es *blockchain* una BDD?

2.1.2 Primeros años de la tecnología *blockchain*

2.1.3 Elementos básicos y estructura de *blockchain*

2.2 Servicios y mecanismos de seguridad

2.2.1 Hash

2.2.2 Cadena de hash

2.2.3 Árbol de hash

2.2.4 Firma digital

2.2.5 Autenticación y PKI

2.2.6 Generación de bloques y funcionamiento básico

2.2.7 Tipos de *blockchain*

Módulo 3: Protocolos de consenso

3.1 ¿Qué es un protocolo de consenso?

3.2 ¿Qué hacen los protocolos de consenso?

3.3 El problema del general bizantino

3.4 Diferentes tipos de consenso

3.4.1 *Proof of Work*

3.4.2 *Proof of Stake*

3.4.2.1 *Delegated Proof of Stake*

3.4.3 *Proof of Authority*

3.4.4 *Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT)*

3.4.5 *RAFT*

Módulo 4: Aplicaciones

4.1 Bitcoin (Definición, ventajas, desventajas e historia)

4.1.1 Creación de una blockchain desde cero (con python)

4.2 Ethereum (Definición, Ventajas, Desventajas e historia)

4.2.1 Creación de un contrato inteligente con Solidity

4.3 *Hyperledger* (Definición, ventajas, desventajas e historia)

4.3.1 Creación de una aplicación de *Permissioned Blockchain*

Módulo 5: Cuando usar y cuándo no usar una *blockchain*

5.1 Casos de éxito

5.1.1 Las criptomonedas

5.1.2 Las criptomonedas alternativas

5.1.3 Las criptomonedas estables

5.1.4 DeFi

5.1.5 DApps o Aplicaciones Distribuidas

5.2 Casos de Fracaso

El temario se diseñó siguiendo una progresión lógica, comenzando con los fundamentos teóricos en el módulo 1 que permiten comprender los principios básicos y antecedentes que se deben conocer antes de abordar el tema de *Blockchain*, seguido por el módulo 2 que explica qué es una *Blockchain* en concreto y los mecanismos de seguridad que ofrece, posteriormente se definen las diferencias entre los tipos de *Blockchain* y cómo funcionan según su tipo aplicando diferentes protocolos de consenso en el módulo 3. Por último se aborda el tema de las aplicaciones que existen, profundizando en las tecnologías de Bitcoin, Ethereum y *Hyperledger* no sólo de manera teórica sino práctica para finalizar con los casos de éxito y fracaso con lo cuál se cumplen los objetivos de la asignatura.

Para el módulo 1 siendo el más corto se tienen contempladas 4 horas y media contemplando 3 hrs para la parte teórica y 1 hora y media para su evaluación; el módulo 2 conlleva un total de 12 horas igualmente dejando 1 hora y media para su evaluación y 10 horas y media para su estudio; para el tema 3 se necesitan 7 horas y media considerando 6 horas para la teoría y 1 hora y media para su evaluación; de manera subsecuente para el módulo 4 se necesitan la mayor cantidad de horas para su estudio con 18 horas en total de las cuáles hora y media es para su evaluación; y finalmente para el tema 5 son 3 horas en total sólo una sesión de hora y media para la teoría y otra para su evaluación. Para más información sobre la división de horas de estudio de la asignatura propuesta se debe consultar el apartado 4.1 correspondiente a los resultados del diseño curricular de la Asignatura en la tabla 4.1: *Calendario Curricular*.

3.1.3 Diseño de la Evaluación

Las evaluaciones buscan medir la adquisición de conocimientos y habilidades por parte de los estudiantes de la asignatura de fundamentos de blockchain desde el punto de vista teórico pero también práctico. Para llevar a cabo las evaluaciones se estructuraron bancos de preguntas disponibles para el profesorado con la finalidad de que puedan estructurar sus propias evaluaciones partiendo de estas preguntas. Una vez seleccionadas y establecido el orden de las preguntas se presentarán los exámenes en línea, uno por cada módulo principal del temario, para permitir una evaluación completa y equitativa.

Asimismo, para el módulo 4, se realizan evaluaciones prácticas que se deben realizar por subtema tras completar su libro digital y ejercicios guiados correspondientes. Cada práctica cuenta con una rúbrica específica que establece los lineamientos esperados sobre cada actividad a realizar y los entregables a presentar.

Revisión del diseño por parte de pares académicos del departamento

Durante el periodo de investigación y diseño de las unidades de aprendizaje, se realizó una revisión periódica semanal por parte de los pares académicos encargados del proyecto con el fin de garantizar la calidad y relevancia del diseño curricular. La participación de los

académicos en la revisión de los documentos aportó perspectivas críticas que enriquecieron la propuesta educativa.

3.2 Diseño instruccional

La etapa del diseño instruccional constituye la planificación y ejecución efectiva del curso de fundamentos de *Blockchain*. Además, cada una de las fases del diseño instruccional se basa en la fase anterior asegurando una progresión secuencial, coherencia y cohesión de todo el proceso del desarrollo.

A continuación, se detallan los elementos clave abordados en cada fase del diseño instruccional:

3.2.1 Elección de metodología didáctica

En esta fase se seleccionó una metodología didáctica que integra la teoría y práctica adaptándose a los objetivos de aprendizaje y el contenido específico de cada módulo del curso. Esto implica la utilización de libros digitales interactivos y autoevaluaciones para fortalecer la parte teórica, y videos con *voice-over*; ejercicios guiados para fortalecer los conceptos teóricos, prácticas, evaluaciones y culminando con proyectos propuestos para la reforzar la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos.

3.2.2 Recopilación del material y revisión bibliográfica

En esta fase se realizó una revisión bibliográfica con el fin de llevar a cabo una investigación completa basada en diferentes fuentes de información que incluían: libros, artículos electrónicos, páginas web, publicaciones académicas, UAPAs (Unidades de apoyo para el aprendizaje (B@UNAM, 2024)) y *Whitepapers* oficiales sobre tecnología *blockchain* que abordaban diferentes casos de estudio.

3.2.3 Diseño de actividades teóricas y prácticas

Cada módulo, siguiendo la estructura previamente explicada en el apartado correspondiente al diseño de las unidades de aprendizaje, se compone de actividades teóricas y prácticas relevantes para cada subtema. Las actividades teóricas involucran libros digitales interactivos, los cuales integran diferentes tipos de recursos como diagramas dinámicos, imágenes interactivas, tarjetas de memoria, actividades de relación de columnas, videos animados, *sliders* de imágenes y presentaciones, entre otros, que facilitan la asimilación de conceptos. Por otro lado, las actividades prácticas se apoyan de los ejercicios guiados y prácticas a desarrollar utilizando una máquina virtual con el sistema operativo Ubuntu que cuenta con todos los programas y componentes necesarios ya pre-instalados para la realización de los ejercicios y prácticas mencionadas.

3.2.4 Diseño de rúbricas de evaluación

Cada práctica y proyecto propuesto cuenta con rúbricas específicas que detallan sus criterios de evaluación y especifican los puntajes asignados a cada actividad y entregables a desarrollar.

3.2.5 Diseño de actividades de evaluación

Las actividades de evaluación abarcan autoevaluaciones por subtema, exámenes teóricos al final de cada tema completo, prácticas de programación al final de cada subtema basadas en ejercicios guiados específicamente para el módulo 4, y un proyecto final que el estudiante debe elegir de los 3 proyectos propuestos. Estos elementos evalúan diversos niveles de competencia, desde la comprensión conceptual mediante los exámenes y autoevaluaciones, hasta la realización de las prácticas para medir las habilidades técnicas, finalmente culminando con la elaboración del proyecto final que integra todos los conocimientos del curso en una aplicación tangible.

3.3 Creación de material

En esta etapa especificamos las fases que comprenden todo el diseño y elaboración del material interactivo encargado de transformar el diseño instruccional en recursos tangibles que sean accesibles para los estudiantes a lo largo del curso de *blockchain*. Los elementos que comprenden esta etapa son:

3.3.1 Crear material digital interactivo

Apoyándose en la fase de recopilación de material y revisión bibliográfica del diseño instruccional, una vez obtenida la información más relevante, se organizó para conformar los libros digitales interactivos que componen cada módulo y subtemas del temario propuesto. Estos libros digitales están organizados en capítulos y secciones, y hacen uso de elementos visuales como diagramas, imágenes e infografías para facilitar la comprensión de los conceptos.

3.3.2 Crear prácticas de programación

Se establecieron 4 prácticas, todas pertenecientes al Módulo 4, que corresponden a las aplicaciones de tecnología *blockchain*. Cada práctica cuenta con una estructura que incluye un objetivo, antecedentes, las actividades a realizar, una introducción que incluye los conceptos relevantes del subtema que abarca, plantea un escenario realista con un problema a tratar, un listado de los entregables y una rúbrica de evaluación que establece un puntaje de las actividades y entregables mencionados. En estas prácticas, los estudiantes pueden aplicar directamente los conocimientos adquiridos utilizando una máquina virtual con el sistema operativo Ubuntu para facilitar la implementación de sus actividades y entregables.

3.3.3 Implementación de evaluaciones

Al final de cada subtema se incluyen autoevaluaciones que tienen como objetivo verificar la comprensión de los alumnos, mientras que al final de cada módulo se realiza una evaluación completa que cubre todos los subtemas, asegurando la asimilación integral de los conceptos aprendidos. Las evaluaciones y autoevaluaciones también proveen a los alumnos retroalimentación inmediata de su desempeño y comprensión de los temas.

3.3.4 Inclusión del material en la plataforma Moodle

Todo el material, prácticas y actividades de evaluación está integrado en la plataforma educativa Moodle. De esta manera, todos los recursos creados están en un espacio centralizado de fácil acceso y alta disponibilidad en el cual se puede hacer la entrega de evaluaciones y se facilita la interacción estudiante-docente garantizando un seguimiento eficiente del progreso de cada estudiante.

3.3.5 Descripción de material completo

La creación del material completo del curso se basó en la materia propuesta de enseñanza de tecnología de *blockchain* y está dividida en cinco módulos secuenciales. La tabla 3.1 que se muestra a continuación, especifica los recursos diseñados para cada módulo dividido por subtema, clasificando su contenido de acuerdo al recurso empleado.

Considerando las siguientes abreviaciones:

- (P) Presentación
- (T) Texto
- (TI) Texto Interactivo
- (D) Desplegables
- (S) *Slideshows*
- (MC) *Memory Cards*
- (I) Imágenes (Ilustrativas)
- (II) Imágenes Interactivas
- (CC) Cuadro Comparativo
- (V) Videos
- (VA) Videos Animados
- (A) Autoevaluación
- (E) Evaluación
- (EP) Ejercicios Prácticos Guiados
- (PA) Prácticas

- (PP) Propuesta de Proyecto
- (R) Rúbrica
- (MV) Máquina Virtual

TEMAS	P	T	TI	D	S	MC	I	II	CC	V	VA	A	E	EP	PA	PP	R	MV
1																		
1.1																		
1.2																		
1.3																		
2																		
2.1																		
2.2																		
2.3																		
2.4																		
2.2																		
2.2.1																		
2.2.2																		

2.2.3																				
2.2.4																				
2.2.5																				
2.2.6																				
2.2.7																				
3	P	T	TI	D	S	MC	I	II	CC	V	VA	A	E	EP	PA	PP	R	MV		
3.1																				
3.2																				
3.3																				
3.4																				
3.4.1																				
3.4.2																				
3.4.2.1																				
3.4.3																				
3.4.4																				
3.4.5																				

4	P	T	TI	D	S	MC	I	II	CC	V	VA	A	E	EP	PA	PP	R	MV
4.1																		
4.1.1																		
4.2																		
4.2.1																		
4.3																		
4.3.1																		
5	P	T	TI	D	S	MC	I	II	CC	V	VA	A	E	EP	PA	PP	R	MV
5.1																		
5.1.1																		
5.1.2																		
5.1.3																		
5.1.4																		
5.1.5																		
5.2																		

Tabla 3.1 Catálogo de recursos diseñados por módulo

A continuación, describimos los recursos principales elaborados para cada módulo, así como los objetivos específicos de cada actividad a realizar.

3.4 Módulo 1. Fundamentos teóricos de *blockchain*.

Temario:

1. Fundamentos teóricos de *blockchain*

1.1 Qué es un sistema distribuido

1.2 Diferencias entre distribuido y descentralizado

1.3 Bases de datos distribuidas punto a punto (BDD), sus retos y funcionamiento

Recursos:

- Libros interactivos para los temas 1.1, 1.2 y 1.3: Tienen como objetivo explicar los conceptos básicos de sistemas distribuidos y sus características involucrando de manera visual y activa a los estudiantes a través de texto desplegable, actividades de *drag and drop*, imágenes interactivas y tarjetas de memoria que fomentan el aprendizaje significativo. De igual manera diseñamos un cuadro comparativo interactivo para ilustrar las diferencias entre los sistemas distribuidos y descentralizados.
- Autoevaluación: El subtema 1.3 cuenta con una breve autoevaluación de 5 preguntas para evaluar los conocimientos generales de este subtema.

Evaluación:

Al final del módulo el alumno tendrá acceso a una evaluación completa de 15 preguntas divididas en 3 secciones de acuerdo a cada subtema del módulo, de las cuáles 12 son preguntas de opción múltiple que abarcan conceptos específicos, 2 preguntas de verdadero o falso y 1 ejercicio completo contenido dentro de una pregunta que incluye conceptos básicos sobre los sistemas distribuidos y está presentado en forma de un recurso *drag and drop*.

3.5 Módulo 2. Qué es *blockchain*.

Temario:

2: ¿Qué es *blockchain*?

2.1 Definición *blockchain*

2.1.1 ¿Es *blockchain* una BDD?

2.1.2 Primeros años de la tecnología *blockchain*

2.1.3 Elementos básicos y estructura de *blockchain*

2.2 Servicios y mecanismos de seguridad

2.2.1 *Hash*

2.2.2 Cadena de *hash*

2.2.3 Árbol de *hash*

2.2.4 Firma digital

2.2.5 Autenticación y PKI

2.2.6 Generación de bloques y funcionamiento básico

2.2.7 Tipos de *blockchain*

Recursos:

- Libro interactivo para el tema 2.1: Tiene como objetivo explicar los antecedentes, historia y conceptos básicos de *blockchain* haciendo uso de videos animados para ilustrar el funcionamiento base de la tecnología de *blockchain* y definiendo su relación con una BDD. Cuenta con tarjetas interactivas de memoria que sirven para definir los conceptos de las garantías de *blockchain* así como de imágenes interactivas que facilitan el entendimiento de la estructura de *blockchain* y su evolución.
- Libro interactivo para el tema 2.2: Su finalidad es presentar los diferentes tipos de servicios y mecanismos de seguridad en la *blockchain* utilizando como principal recurso un cuadro comparativo que expone los servicios de seguridad que son necesarios y ejemplifica a través de tablas, despletables e imágenes interactivas; qué mecanismos, protocolos o algoritmos se utilizan para implementar dichos servicios.
- Autoevaluación: El subtema 2.1 tiene una autoevaluación de 12 preguntas separadas entre un ejercicio de llenar el espacio en blanco con la palabra correspondiente a cada concepto presentado así como de un ejercicio drag and drop y varias preguntas de opción múltiple. En el caso del subtema 2.2 se cuenta con 18 preguntas distribuidas en ejercicios del mismo tipo que los utilizados en el subtema 2.1.

Evaluación:

Al final del módulo el alumno deberá resolver una evaluación completa de 14 preguntas divididas en 2 secciones de acuerdo a cada subtema del módulo, siendo todas las preguntas de opción múltiple y haciendo referencias a conceptos específicos abordados en el módulo.

3.6 Módulo 3. Protocolos de consenso.

Temario:

3: Protocolos de consenso

3.1 ¿Qué es un protocolo de consenso?

3.2 ¿Qué hacen los protocolos de consenso?

3.3 El problema del general bizantino

3.4 Diferentes tipos de consenso

3.4.1 *Proof of Work*

3.4.2 *Proof of Stake*

3.4.2.1 *Delegated Proof of Stake*

3.4.3 *Proof of Authority*

3.4.4 *Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT)*

3.4.5 *RAFT*

Recursos:

- Libro interactivo para abarcar los temas 3.1, 3.2 y 3.3: Su finalidad es definir el concepto de protocolo de consenso, su aplicación en la tecnología *blockchain* y la resolución del problema del general bizantino. Los conceptos principales y funcionamiento están presentados en un video animado e imágenes descriptivas mientras que el problema del general bizantino se explica principalmente a través de un *slideshow* de ilustraciones con texto descriptivo.
- Libro interactivo para el tema 3.4: Está centrado en abarcar los tipos más importantes de consenso que existen y cuáles son utilizados comúnmente en tecnología *blockchain* actual. Para cada uno de los tipos de consenso presentados establecimos una descripción completa de su funcionamiento, así como una presentación de su historia, la descripción de los pros y contras de cada tipo e

ilustramos las diferencias entre ciertos tipos de *blockchain* mediante el uso de cuadros comparativos.

- Autoevaluación: Para el primer libro interactivo el alumno tendrá una autoevaluación de 6 preguntas sobre la base de los protocolos de consenso, mientras que para el segundo libro se tienen 11 preguntas de opción múltiple divididas entre los 5 tipos de consenso abordados.

Evaluación:

Para evaluar este módulo, el alumno deberá responder un cuestionario de 35 preguntas, divididas entre los 4 subtemas, con 15 preguntas abiertas y 20 de opción múltiple, las cuales abordan el funcionamiento general de los protocolos de consenso así como las características principales de los tipos de consenso estudiados.

3.7 Módulo 4. Aplicaciones.

Temario:

Módulo 4: Aplicaciones

4.1 *Bitcoin* (Definición, ventajas, desventajas e historia)

4.1.1 Creación de una *blockchain* desde cero (con *python*)

4.2 *Ethereum* (Definición, ventajas, desventajas e historia)

4.2.1 Creación de un contrato inteligente con *Solidity*

4.3 *Hyperledger* (Definición, ventajas, desventajas e historia)

4.3.1 Creación de una aplicación de *permissioned blockchain*

Recursos:

- Libro interactivo para el tema 4.1: Define el concepto de *bitcoin* y explica su historia, funcionamiento, ventajas y desventajas a través de cuadros comparativos, imágenes interactivas y diagramas secuenciales, además de abordar el protocolo de consenso utilizado en este tipo de aplicación de la *Blockchain*.
- Libro interactivo para el tema 4.2: Tiene como objetivo dar una introducción a la aplicación de *Ethereum*, presentando su historia mediante el uso de una línea de tiempo interactiva y diferentes cuadros comparativos y diagramas para ilustrar su funcionamiento, ventajas y desventajas.

- Libro interactivo para el tema 4.3: De manera similar a los temas 4.1 y 4.2, abarca la historia de *Hyperledger* mediante una línea de tiempo interactiva y posteriormente describe de manera simple el concepto de *Hyperledger* como *framework* de la tecnología *blockchain*, comparándolo con otros tipos de aplicaciones como *Bitcoin* y *Ethereum*, e ilustrando sus transacciones con un *slideshow* de los pasos que las comprenden.
- Autoevaluación: El primer libro interactivo cuenta con una autoevaluación de 10 preguntas de opción múltiple sobre el funcionamiento y definición principal de *Bitcoin* y la forma en la que aplica el protocolo de consenso de *PoW*; el segundo libro tiene 10 preguntas de opción múltiple divididas sobre el funcionamiento y definición de los conceptos de *Ethereum* abarcando su relación con el protocolo de consenso *PoS* y sus diferencias con *Bitcoin*; y una autoevaluación de 10 preguntas de opción múltiple para el último libro abarcando el funcionamiento del *framework* y las transacciones efectuadas de *Hyperledger*.
- Máquina Virtual de Ubuntu: Máquina virtual ejecutable con el *software* de *Oracle VM VirtualBox* que tiene como objetivo proporcionar las herramientas necesarias para la realización de los ejercicios guiados, prácticas y proyecto elegido.
- Ejercicios guiados: Son ejercicios diseñados como extensión de las lecciones teóricas presentadas en los libros interactivos. Tienen como propósito proporcionar a los estudiantes una oportunidad práctica para aplicar y reforzar los conceptos recién aprendidos. Cada documento de los ejercicios sigue la estructura de: introducción del subtema que abordan, los antecedentes y prerrequisitos necesarios para la realización del ejercicio específico, los fundamentos que debe dominar el alumno y la guía completa y ordenada por pasos que establece las instrucciones detalladas sobre cómo desarrollar la aplicación específica asociada con el subtema correspondiente.
- Videos instruccionales con *Voice-Over*: Son una herramienta complementaria creada con el fin de optimizar la comprensión y aplicación de los ejercicios prácticos. A través del *voice-over* explican de manera clara los procedimientos a seguir en la ejecución de las aplicaciones y demuestran el funcionamiento esperado de los ejemplos realizados.
- Prácticas: Funcionan como cierre de cada subtema y tienen como objetivo brindar a los estudiantes la oportunidad de aplicar de manera directa los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos (en los libros interactivos y reforzados mediante ejercicios guiados) para resolver un problema con un escenario realista.
- Rúbricas: Cada práctica cuenta con una rúbrica detallada que establece los criterios de evaluación y específica un puntaje sobre cada una de las actividades y entregables realizados.

Evaluación:

La evaluación del módulo 4 está dividida en 30 preguntas entre los 3 tipos de aplicaciones abordados durante el módulo siendo el 100% de preguntas conceptuales y de opción múltiple.

3.8 Módulo 5. Cuándo usar y cuándo no usar una *blockchain*.

Temario:

Módulo 5: Cuando usar y cuándo no usar una *blockchain*

5.1 Casos de éxito

5.1.1 Las criptomonedas

5.1.2 Las criptomonedas alternativas

5.1.3 Las criptomonedas estables

5.1.4 *DeFi*

5.1.5 *DApps* o Aplicaciones Distribuidas

5.2 Casos de Fracaso

Recursos:

- Libro interactivo para el tema 5.1 y 5.2: Tiene como objetivo ilustrar los ejemplos más significativos de casos de éxito y fracaso a través de presentaciones y cuadros comparativos, definiendo brevemente su clasificación.
- Autoevaluación: Para este módulo diseñamos una autoevaluación de 10 preguntas divididas entre los casos de fracaso y éxito abordando los conceptos básicos de los ejemplos presentados en el módulo.

Evaluación:

Para la evaluación del módulo 5 el alumno cuenta con un examen de 12 preguntas de opción múltiple, las cuáles en su mayoría abarcan la identificación de diferentes tipos de criptomoneda y conceptos básicos sobre aplicaciones distribuidas.

Proyectos propuestos

Objetivo de los proyectos:

El propósito fundamental de los proyectos propuestos es ofrecer a los estudiantes la oportunidad de llevar a cabo implementaciones prácticas basadas en los conceptos teóricos y habilidades adquiridas en el subtema de su elección entre *Bitcoin*, *Ethereum* y *Hyperledger* del módulo 4. Estos proyectos no solo consolidan el aprendizaje, sino que también fomentan la creatividad, la resolución de problemas y la aplicación efectiva de tecnologías Blockchain en escenarios propuestos.

Recursos:

- Documento de propuesta de proyecto: Para cada propuesta de proyecto diseñamos un documento estructurado de la misma manera que las prácticas del Módulo 4.
- Máquina Virtual de Ubuntu: Proporciona las herramientas necesarias para la realización del proyecto elegido.

Evaluación:

- Rúbricas: Proporcionan criterios de evaluación detallados y transparentes de lo esperado en las actividades y entregables de cada proyecto con el fin de que los estudiantes comprendan los estándares según los cuáles serán evaluados.

3.9 Evaluación con usuarios

Para la evaluación con usuarios establecimos 3 fases que permiten asegurar una revisión exhaustiva y detallada del material por parte de profesores y estudiantes de la carrera de Ingeniería en Computación, así como realizar ajustes de manera iterativa para la mejora del curso. Las fases de esta etapa son:

Elección de profesores y estudiantes para evaluar el contenido de la materia

Los profesores seleccionados para la revisión del material fueron la Dra. Rocío Aldeco Pérez, experta en el área de criptografía, y el M.C.I Jorge Alberto Solano que cuenta con experiencia en los fundamentos y la implementación de aplicaciones que utilizan la tecnología *blockchain*. Con ellos se tuvieron reuniones semanales donde abordamos recomendaciones y retroalimentación. Asimismo, se eligieron grupos de estudiantes de entre tercer y décimo semestre de la carrera de Ingeniería en Computación para representar una diversidad de perspectivas y necesidades de aprendizaje de acuerdo a su avance en determinados niveles de la carrera. La inclusión del profesorado garantiza una visión pedagógica del contenido, mientras que la perspectiva de los estudiantes de diferentes etapas de la carrera permite medir la accesibilidad del contenido y su eficiencia en el público objetivo del proyecto.

Puesta a disposición del material

El material del curso se implementó en la plataforma educativa de Moodle, proporcionando a los estudiantes un entorno virtual realista con alta disponibilidad. También, establecimos un usuario de prueba que permitía acceder con facilidad a todos los componentes del curso, de manera individual, con el fin de simular la experiencia real del grupo objetivo al momento de interactuar con los recursos establecidos.

Recabar Opiniones a través de Cuestionarios

Para esta fase se diseñaron cuestionarios específicos por módulo para obtener retroalimentación detallada por parte de los estudiantes. Dichos cuestionarios cuentan con 3 secciones:

- **Sección de Satisfacción:** Está establecida para medir la satisfacción de cada estudiante con el material presentado en diferentes rubros como organización, claridad y dificultad, entre otros.
- **Sección de Opinión:** Existe con el propósito de evaluar la experiencia personal de cada alumno con el tema de los módulos específicos, considerando el tiempo de estudio dedicado y su satisfacción tras completar el material.
- **Sección de Comentarios Generales:** Permite obtener una visión cualitativa sobre las preferencias de cada estudiante respecto a los recursos con los cuales presentamos la información considerando sus beneficios personales y obtener una visión sobre aquellos elementos que sean innecesarios desde sus perspectivas personales.

3.10 Implementar mejoras identificadas

Después de obtener la retroalimentación por parte de los usuarios (tanto profesores como alumnos) llevamos a cabo un proceso estructurado para realizar ajustes significativos al material del curso. Esta etapa está gestionada entre las siguientes dos fases.

Realizar las Mejoras Identificadas

En las sesiones de revisión semanales con los revisores del proyecto recopilamos notas de las áreas de oportunidad más prominentes en la investigación y creación de los recursos digitales para posteriormente implementar las mejoras pertinentes. Igualmente, tras analizar detalladamente la retroalimentación recopilada de los estudiantes mediante los cuestionarios, implementamos mejoras específicas por módulo directamente sobre los libros digitales interactivos.

Poner a disposición de la comunidad universitaria el material completo.

Después de implementar las mejoras sobre el material, procedimos a actualizar los recursos en la plataforma Moodle. Esto incluyó la actualización de los contenidos de los libros digitales, la mejora de actividades y ajustes realizados sobre cualquier otro elemento durante la fase de mejoras.

Capítulo 4

4. Pruebas y Resultados

En este capítulo presentaremos y analizaremos los resultados obtenidos en todas las fases previamente establecidas, abordando desde el diseño curricular hasta la integración de los recursos creados y mejorados en la plataforma educativa Moodle.

Las fases detalladas en el capítulo 1.9 Resultados Esperados constituirán el marco de referencia para este análisis, desglosando cada elemento pertinente del proceso de creación de los recursos y el impacto en la formación y desarrollo tecnológico esperado del grupo objetivo.

Asimismo, se abordarán otros aspectos clave del desarrollo aparte del material generado para los módulos teóricos como es el caso de las UAPA (Unidades de Apoyo para el Aprendizaje), las diversas evaluaciones implementadas y las actividades de programación como los ejercicios guiados y prácticas.

A continuación, abordamos las fases establecidas para la obtención de los resultados.

4.1 Diseño Curricular de la Asignatura

Para el diseño curricular establecimos los objetivos de la asignatura (capítulo 3.1), así como un programa de estudios con un cálculo de horas asignadas para cada tema y subtema de la asignatura. El calendario abarca 16 semanas con 3 horas de estudio por semana, separadas en dos sesiones de hora y media, incluyendo una sesión de apertura del curso y otra para el cierre. Este cronograma de actividades está desglosado como se muestra en la tabla 4.1, donde en la columna de unidades las letras ‘A’ y ‘C’ hacen referencia a la “Apertura” y “Cierre” del curso respectivamente, los números hacen referencia a la Unidad específica de la asignatura, y la ‘E’ seguida de un número se refiere a la evaluación específica de la unidad correspondiente con el número del cuál se acompaña dicha letra.

Unidad	Semanas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A 1.5 hora s	█															
1 3 hora s	█	█														
E 1 1.5 hora s		█														
2 10.5 hora s			█	█	█	█	█	█								
E 2 1.5 hora s						█										
3 6 hora s							█	█	█							
E 3 1.5 hora s								█								
4 16.5 hora s									█	█	█	█	█	█	█	█
E 4 1.5 hora s															█	
5 1.5 hora s																█
E 5 1.5 hora s																█
C 1.5 hora s																█

Tabla 4.1: Calendario Curricular

Como se muestra en el calendario curricular, las horas asignadas a cada unidad se decidieron de acuerdo a la complejidad y relevancia de los temas abordados.

4.2 Unidad o Módulo teórico

Todos los módulos están conformados por los respectivos temas y subtemas establecidos en el plan de estudios. Los temas están divididos en diferentes recursos digitales de acuerdo a su extensión definida en el calendario curricular, de tal manera que aseguremos una

cantidad de elementos pertinente que permita abarcar a detalle todos los subtemas abordados.

4.2.1 Material Didáctico Digital Interactivo

Como explicamos en los capítulos 3.3 a 3.8 de este documento, cada módulo consta de diferentes recursos seleccionados y adaptados de acuerdo a los conceptos abordados para facilitar su estudio.

Independiente de la extensión de cada módulo, todos cuentan con al menos un libro digital interactivo, el cual diseñamos utilizando tecnología H5P, que puede abarcar más de un subtema y la evaluación correspondiente a cada tema como lo ejemplificamos en la figura 4.1.



Figura 4.1 Ejemplo de la división y Organización de los recursos diseñados por módulo

Una vez en la plataforma Moodle, al seleccionar un libro digital, el alumno podrá apreciar su contenido desplegado en la ventana del buscador como se muestra de ejemplo en la figura 4.2.

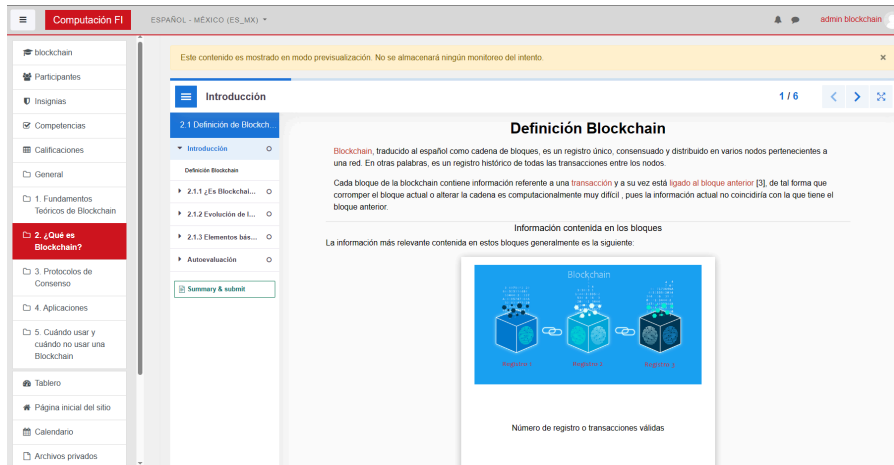


Figura 4.2 Visualización de un libro digital en Moodle

Igualmente, podemos observar en la parte superior izquierda del libro, que existe un índice que contiene las páginas que contiene separadas por subtema e indicando sus títulos, mientras que en la parte superior derecha se encuentran las flechas para navegar a la página siguiente o anterior. Estos aspectos fueron establecidos con la finalidad de mantener una navegación y accesibilidad fácil dentro de los libros.

Por otro lado en cada página podemos observar los recursos específicos diseñados para cada módulo cómo explicamos en la tabla del capítulo 3.3. A continuación mostraremos ejemplos de todos los recursos diferentes utilizados dentro de los libros digitales:

- Presentación



Figura 4.3 Ejemplo de una presentación en los libros digitales

Las presentaciones son útiles para presentar conceptos que necesitan algún tipo de secuencia de imágenes ilustrativas con explicaciones breves. Todas las presentaciones cuentan con un fondo y como se observa en la parte inferior, existen flechas para navegar su contenido. Un ejemplo de presentación puede visualizarse en la figura 4.3.

- Texto Interactivo

El texto interactivo incluye actividades como el “*drag and drop*” que permite al alumno tener mayor interacción con la información abordada durante el tema. En la figura 4.4 mostramos la estructura de un texto interactivo del tipo descrito.

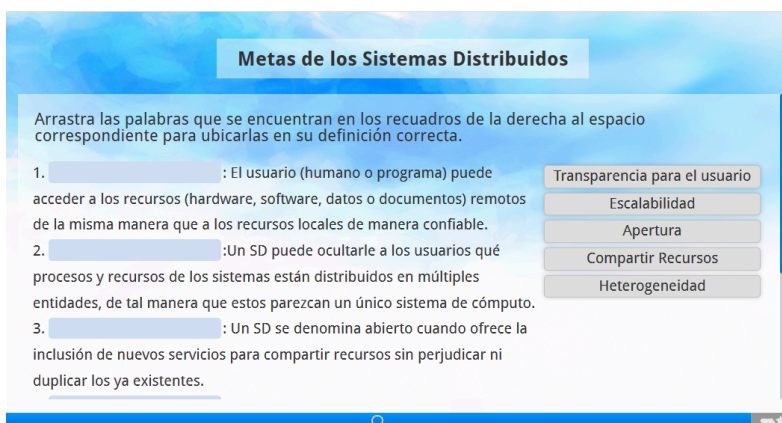


Figura 4.4 Ejemplo de un texto interactivo en los libros digitales

- Desplegables

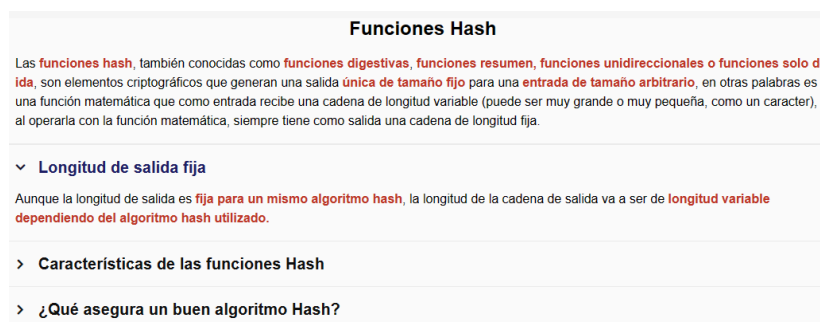


Figura 4.5 Ejemplo de un texto desplegable en los libros digitales

Como podemos apreciar en la figura 4.5, los desplegables son recursos utilizados principalmente para definir conceptos cortos, pero de gran importancia. Los botones para desplegarlos permiten al estudiante estudiar y memorizar conceptos a través de un apoyo interactivo.

- *Slideshows*

Sirven para mostrar una progresión o secuencia de imágenes e incluyen descripciones ordenadas de acuerdo con dicha secuencia. A continuación, podemos apreciar un ejemplo de su aplicación en la figura 4.6:

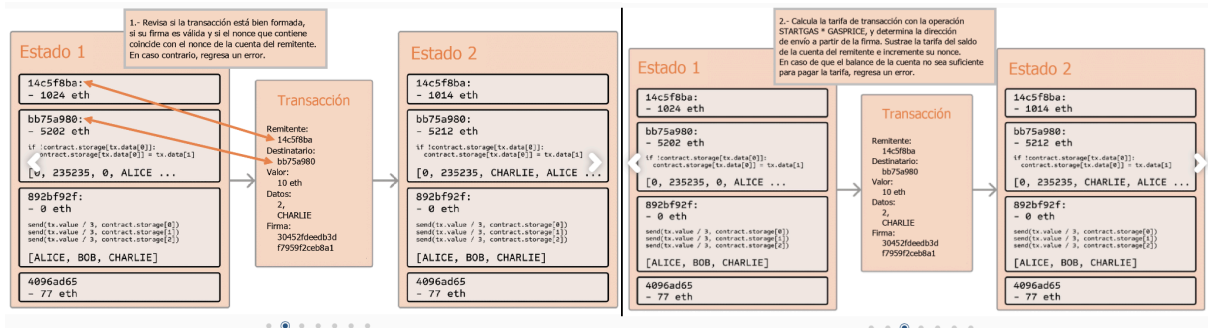


Figura 4.6 Ejemplo de un slideshow en los libros digitales

- *Memory Cards*

Son tarjetas de memoria digitales diseñadas con un objetivo similar a los textos desplegados, pero que además funcionan para comprender conceptos más complejos que necesiten de un apoyo visual. La figura 4.7 ilustra los dos lados de una *memory card*:

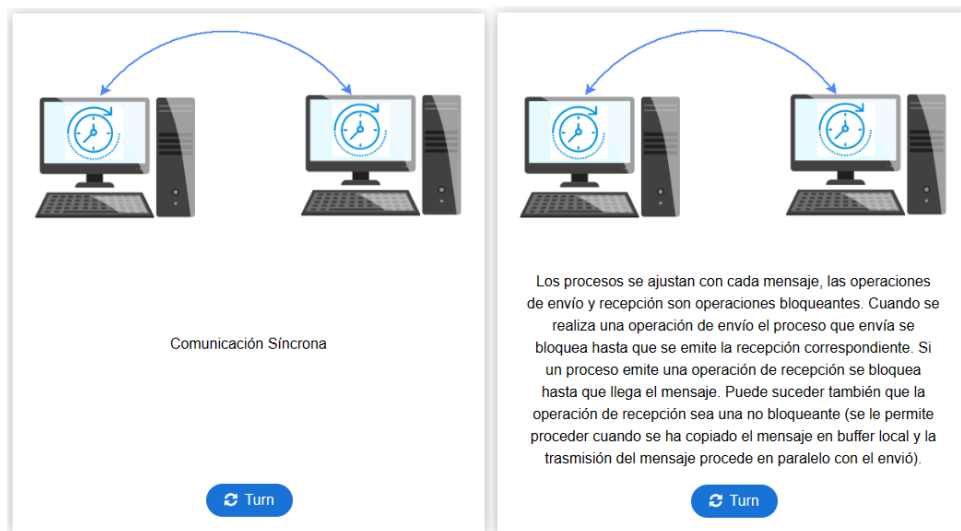


Figura 4.7 Ejemplo de una Memory Card en los libros digitales

Adicionalmente, de ser necesario, podemos ordenar las tarjetas de manera consecutiva con una flecha de navegación similar a la de un *slideshow*.

- Imágenes (Ilustrativas)

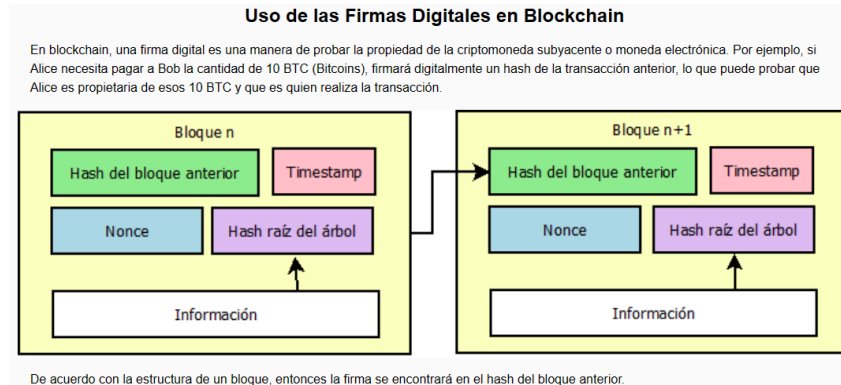


Figura 4.8 Ejemplo de una imagen ilustrando un concepto en los libros digitales

Como observamos en la figura 4.8, son recursos visuales que pueden utilizarse en presentaciones o por sí solas con el propósito de ilustrar conceptos específicos que requieran dicho apoyo.

- Imágenes Interactivas

A diferencia de los *slideshows* e imágenes ilustrativas, las imágenes interactivas sirven para exponer principalmente diagramas secuenciales o mapas mentales que cuentan con conceptos o palabras simples, y a través de un botón, pueden desplegar información adicional en forma de texto, imagen o animación que permita profundizar en un concepto o apartado específico de la imagen. Las figuras 4.9 y 4.10 demuestran el funcionamiento de una imagen interactiva con y sin un desplegable activado.

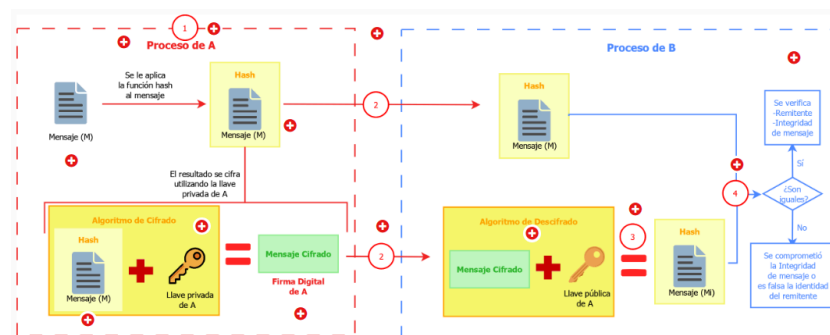


Figura 4.9 Ejemplo de una imagen interactiva sin desplegable activado

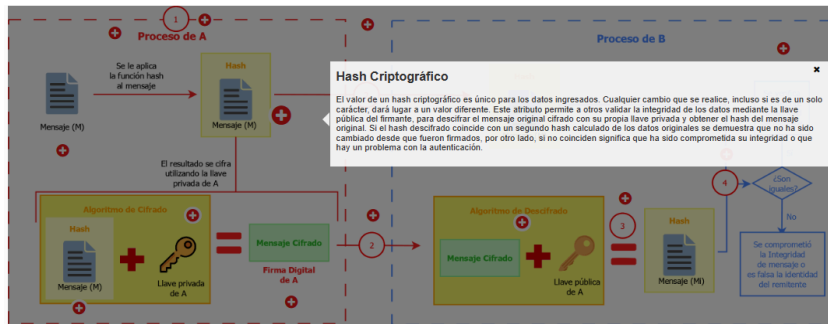


Figura 4.10 Ejemplo de una imagen interactiva con desplegable activado

- Cuadro Comparativo

Sirven para explicar características similares a comparar entre dos conceptos diferentes. A continuación, incluimos la figura 4.11 que contiene un cuadro comparativo que sirve para ilustrar las diferencias entre un sistema centralizado y descentralizado.



Figura 4.11 Ejemplo de un cuadro comparativo en un libro digital

- Videos Animados

Como se puede observar en la figura 4.12, los videos animados permiten presentar desde conceptos complejos y de mayor extensión, hasta subtemas completos proporcionando un recurso visual que facilite su aprendizaje y explique algún funcionamiento de manera más completa.



Figura 4.12 Ejemplo de un video animado en un libro digital

Para el módulo 4: Aplicaciones, y considerando su desglose en los capítulos 3.3 y 3.7. Decidimos diseñar e implementar recursos adicionales a los previamente mencionados y contenidos en los libros digitales. Estos recursos adicionales comprenden diferentes actividades de programación en forma de ejercicios guiados, cuyo funcionamiento abordaremos posteriormente. Dichos ejercicios guiados también cuentan con una explicación de su funcionamiento dada a través de un video con *voice-over*, y prácticas propuestas para cada subtema. La figura 4.13 enlista los recursos recién mencionados y muestra la secuencia en la que se organizan en la plataforma Moodle.

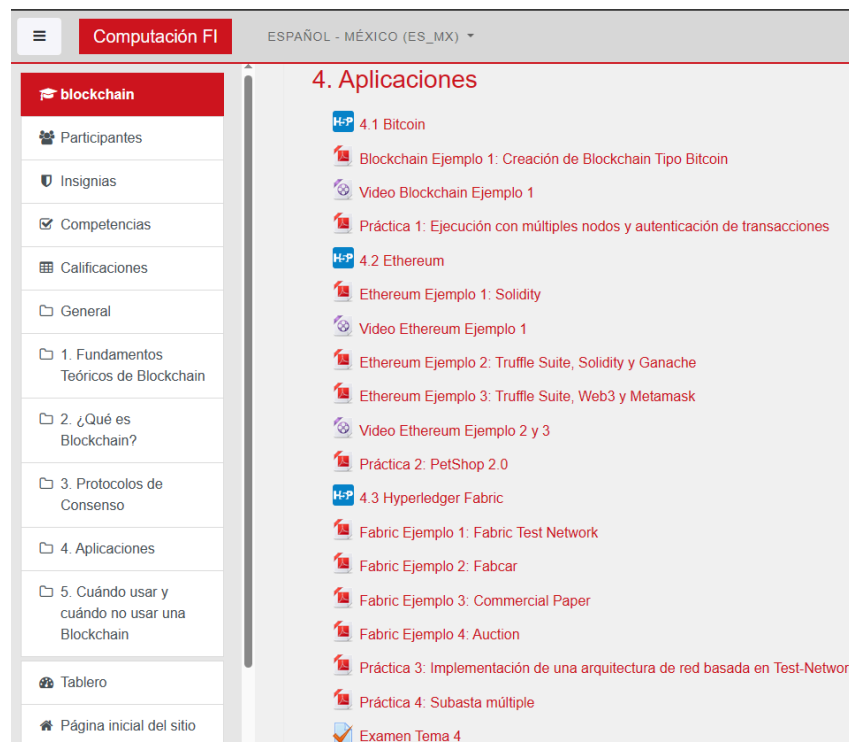


Figura 4.13 Estructura y recursos del tema 4 en Moodle

La explicación a fondo de los recursos prácticos mencionados puede encontrarse en el apartado 4.5 que corresponde a todas las actividades de programación.

4.3 UAPA (Unidades de Apoyo para el Aprendizaje)

Las UAPA son materiales educativos sugeridos por la Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia (CUAIEED) con el propósito de que dichos materiales cuenten con alta disponibilidad y difusión a través de medios digitales.

Como complemento de nuestro trabajo seleccionamos UAPAs que apoyaron en la profundización de algunos subtemas del módulo 2 en específico, y las enlistamos a continuación:

- Blockchain
- Firmas Digitales
- Funciones Hash

La primera funcionó como complemento del subtema 2.1 Definición de Blockchain, mientras que la segunda y tercera funcionan como apoyo para el subtema 2.2 Servicios y mecanismos de seguridad.

La estructura de las UAPAs es en forma de tabla a dos columnas, abarcando en la columna izquierda sus componentes mientras que el contenido de cada componente se establece en la columna de la derecha. La figura 4.14 ilustra la estructura de la UAPA correspondiente al tema de Blockchain y ejemplifica la forma en la que se presenta el contenido con un diagrama.


UAPA	
COMPONENTE	DESARROLLO
Título	Blockchain
Tiempo estimado de estudio	4 hrs
Introducción /Objetivo de aprendizaje	<p>Una Blockchain funciona como un registro histórico de todas las transacciones entre varios nodos donde cada bloque que almacena contiene la información referente a una transacción y a su vez está ligado al bloque anterior, de tal manera que corromper un bloque o alterar la cadena es computacionalmente muy difícil o imposible.</p> <p>El tema tiene como propósito ilustrar cómo funcionan las blockchain incluyendo los tipos que existen y cada uno de los elementos que la componen para después comprender sus aplicaciones.</p>
Contenido	<p>Blockchain</p> <p>Blockchain, traducido al español como <i>cadena de bloques</i>, es un registro único, consensado y distribuido en varios nodos pertenecientes a una red. En otras palabras, es un registro histórico de todas las transacciones entre varios nodos.</p> <p>Cada bloque contiene información referente a una transacción y, a su vez, está ligado al bloque anterior, de tal forma que corromper el bloque actual o alterar la cadena es computacionalmente difícil, prácticamente imposible, pues la información actual no coincidiría con la que tiene el bloque anterior.</p> <p>La información más relevante contenida en estos bloques generalmente es la siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de registro o transacciones válidas. • Información referente al bloque actual. • Información que vincula al bloque actual con el anterior y con el siguiente bloque. Esto se logra a través del uso de funciones digestivas (o hash en inglés glosario) de cada bloque. Dadas las propiedades de esta función, el resultado de su aplicación es único para cada bloque.
	<p>Decentralized Ledger</p>  <p>Imagen 1 representación de un Ledger descentralizado. (CBINSIGHTS, 2020)</p> <p>2. Elementos de Blockchain</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ledger replicable: Historial de todas las transacciones que sólo puede crecer si las transacciones actuales no han sido alteradas y que funciona de forma distribuida y de acceso público. - Criptografía: El Ledger debe mantener la integridad, autenticidad y privacidad de las transacciones, manteniendo la anonimidad de los participantes. - Consenso: Debe ser un protocolo descentralizado que valida transacciones donde el control es compartido y debe ser tolerante a la interrupción.

Figura 4.14 Estructura general de una UAPA

4.4 Evaluaciones

Como explicamos en el apartado 3.3 correspondiente a la creación del material en la sección de implementación de evaluaciones y en la sección de descripción de material completo, las evaluaciones para la asignatura de *blockchain* reflejan una estructura que abarca autoevaluaciones por cada libro digital o subtema, así como exámenes por cada módulo. Adicionalmente, en el apartado 3.1 que habla sobre el diseño curricular y específicamente en la sección que explica el diseño de la evaluación, implementamos un banco de preguntas por módulo que permita al profesorado estructurar sus propias evaluaciones auxiliándose de estas preguntas. Finalmente, como mencionamos en el capítulo 3.2 correspondiente al diseño estructural en la sección de diseño de rúbricas de evaluación y en el capítulo 3.3 específicamente en la sección de descripción del material completo del módulo 4, diseñamos y establecimos rúbricas para evaluar cada práctica y el proyecto.

A continuación, desglosamos por secciones como fue que diseñamos e implementamos las diferentes formas de evaluación mencionadas anteriormente.

4.4.1 Autoevaluaciones

Como mencionamos, las autoevaluaciones están incluidas en cada libro digital que está integrado en la plataforma Moodle, por lo que en el aspecto visual poseen un diseño de acuerdo del mismo libro. En la figura 4.15 podemos apreciar el diseño de una autoevaluación:

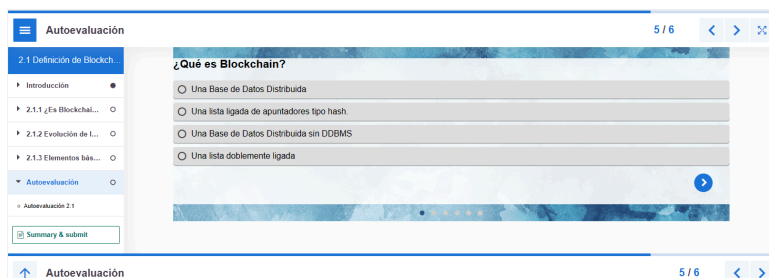


Figura 4.15 Diseño de una autoevaluación en un libro digital

Como podemos observar en la figura anterior, en el índice de la parte izquierda se puede acceder directo a la autoevaluación de la misma manera que a cualquier apartado que compone al libro. En este caso sólo hay una pregunta por página de la autoevaluación, pero existen flechas de navegación para continuar y regresar a la pregunta deseada.

4.4.2 Exámenes por módulo

Para el examen del módulo 1 realizamos una implementación con la herramienta H5P de tal manera que esta primera evaluación tiene un comportamiento igual a las autoevaluaciones de los libros interactivos como podemos apreciar en la figura 4.16.

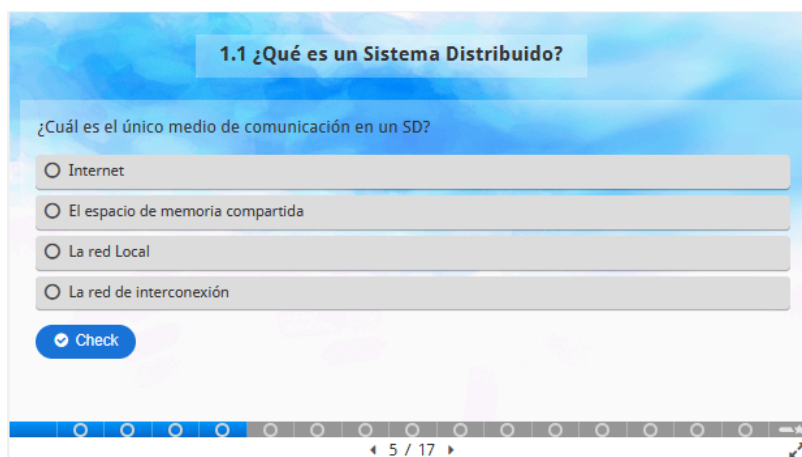


Figura 4.16 Diseño de la evaluación tema 1

Posteriormente, para las evaluaciones de los módulos 2 a 5, decidimos establecer los exámenes haciendo uso de las herramientas que nos provee la plataforma educativa Moodle. En el menú principal de la materia podemos ver que el recurso aparece como se ejemplifica en la figura 4.17.



Figura 4.17 Muestra de las evaluaciones creadas en Moodle

Una vez ingresando al examen, el alumno podrá comenzar a contestar un intento del mismo. La estructura de los exámenes está establecida como en la figura 4.18.

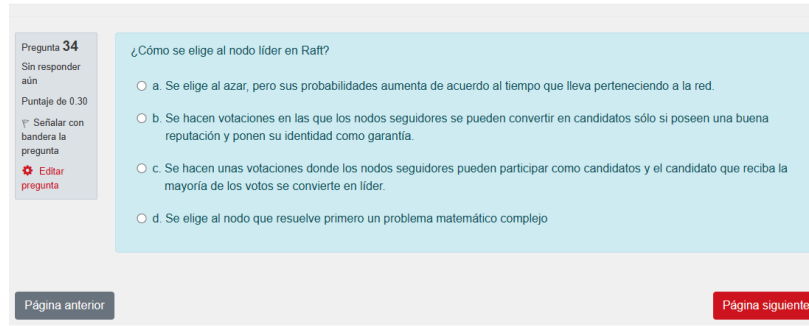


Figura 4.18 Diseño de la evaluación tema 3

La principal diferencia entre la evaluación del módulo 1 y la de los módulos 2 a 5 es que en el segundo caso, los resultados de los alumnos son contabilizados y el profesor los puede revisar desde la misma plataforma de Moodle y puede controlar la retroalimentación que el alumno recibe, así como su acceso a la calificación, mientras que para la primer evaluación tanto la calificación como la retroalimentación ya está preprogramada en el recurso de H5P de acuerdo a la validez en las respuestas dadas por el alumno.

4.4.3 Banco de preguntas

Para el banco de preguntas diseñamos una hoja de cálculo que contiene preguntas de cada módulo donde definimos en diferentes columnas las posibles respuestas de las preguntas en el caso de que sean de opción múltiple, la retroalimentación que debe mostrarse en caso de que el alumno dé la respuesta correcta, la retroalimentación para las respuestas incorrectas, y un indicador que muestra a qué tema y subtema corresponde cada pregunta. La estructura de los bancos de preguntas está ejemplificada en la figura 4.19.

Pregunta	Respuesta A	Respuesta B	Respuesta C	Respuesta D	Respuesta Correcta	Retroalimentación (Correcto)	Retroalimentación (Incorrecto)	Subtema
¿Cuál es la función de los nodos pertenecientes a una Blockchain?					Verificar que las transacciones en la red sean genuinas. Es el procedimiento mediante el cual se define la forma en que se verifican las transacciones asegurando que todos los nodos están de acuerdo en qué información se registra y cuál se descarta.	Correcto: Se que Blockchain puede trabajar sin depender de ninguna entidad o de terceros gracias al rango de sus propios usuarios o nodos que validan las transacciones. Incorrecto: Los protocolos de consenso son importantes ya que en una red Blockchain proporcionan un método específico para verificar la validez de las transacciones.	Incorrecto: Recordar que al no depender de ninguna otra entidad, blockchain necesita que los nodos se encarguen de verificar la autenticidad de las transacciones.	3.1 ¿Qué es un protocolo de consenso?
¿Qué es un protocolo de consenso?						Correcto: Para Bitcoin, el protocolo de consenso utilizado es PoW en donde el proceso denominado "minado de bloques" es el que ayuda a elegir que nodo confirmará cada transacción.	Incorrecto: Los protocolos de consenso se usan para proporcionar un método de verificación de transacciones. Incorrecto: La respuesta correcta es Proof-of-Work ya que en Bitcoin se utiliza un proceso denominado "minado de bloques" para elegir al nodo que confirmará cada transacción y esto se hace siguiendo el PoW.	3.1 ¿Qué es un protocolo de consenso?
¿Qué protocolo de consenso utiliza Bitcoin?	Proof-of-Stake (PoS)	Proof-of-Work (PoW)	Proof-of-Authority (PoA)	Raft	Respuesta B) Proof-of-Work (PoW)	Correcto: Al estar de acuerdo todos los nodos de la red, los datos se registran como verdaderos y la cadena de bloques es capaz de funcionar conforme se realizan transacciones o se ejecutan contratos inteligentes. Correcto: Esos seguridad y confianza que proveen a los usuarios es su principal beneficio. Correcto: Primero el atacante toma control de toda la red creando su propia versión de Blockchain y después puede gastar su Bitcoin y posteriormente alterar el bloque que será grabado en la Blockchain para que no se muestre el gasto y conserve su Bitcoin para gastarlo de nuevo.	Incorrecto: Recordar que para que exista consenso en una red todos los nodos participantes deben estar de acuerdo en la veracidad de los datos que serán registrados. Incorrecto: Su principal beneficio es la confianza que genera entre usuarios al ser implementados en la necesidad de un tercero.	3.1 ¿Qué es un protocolo de consenso?
¿Qué significa que una red tenga consenso?					Significa que todos los nodos participantes están de acuerdo en el estado de una cadena de bloques. Permite que los usuarios de un sistema descentralizado confíen en otros usuarios sin necesidad de un tercero que genere esta confianza.	Correcto: Esos seguridad y confianza que proveen a los usuarios es su principal beneficio. Correcto: Primero el atacante toma control de toda la red creando su propia versión de Blockchain y después puede gastar su Bitcoin y posteriormente alterar el bloque que será grabado en la Blockchain para que no se muestre el gasto y conserve su Bitcoin para gastarlo de nuevo.	Incorrecto: Recordar que para que exista consenso en una red todos los nodos participantes deben estar de acuerdo en la veracidad de los datos que serán registrados. Incorrecto: Su principal beneficio es la confianza que genera entre usuarios al ser implementados en la necesidad de un tercero.	3.2 ¿Qué hacen los protocolos de consenso?
¿Qué beneficio proveen los protocolos de consenso a los usuarios?				Gastar una porción de Bitcoin y posteriormente alterar el bloque que será grabado en la Blockchain para que no se muestre el gasto y conserve su Bitcoin para gastarlo de nuevo.	Respuesta D) Gastar una porción de Bitcoin y posteriormente alterar el bloque que será grabado en la Blockchain para que no se muestre el gasto y conserve su Bitcoin para gastarlo de nuevo.	Correcto: Esos seguridad y confianza que proveen a los usuarios es su principal beneficio. Correcto: Primero el atacante toma control de toda la red creando su propia versión de Blockchain y después puede gastar su Bitcoin y posteriormente alterar el bloque que será grabado en la Blockchain para que no se muestre el gasto y conserve su Bitcoin para gastarlo de nuevo.	Incorrecto: Recordar que para que exista consenso en una red todos los nodos participantes deben estar de acuerdo en la veracidad de los datos que serán registrados. Incorrecto: Su principal beneficio es la confianza que genera entre usuarios al ser implementados en la necesidad de un tercero.	3.2 ¿Qué hacen los protocolos de consenso?
¿Cuál es el objetivo del ataque de doble gasto?	Robar información de los usuarios de la red para robar su identidad.	Acceder a los carteras digitales de otros usuarios para gastar su bitcoin.	Bloquear las transacciones de los usuarios pertenecientes a la red.			Correcto: Esos seguridad y confianza que proveen a los usuarios es su principal beneficio. Correcto: Primero el atacante toma control de toda la red creando su propia versión de Blockchain y después puede gastar su Bitcoin y posteriormente alterar el bloque que será grabado en la Blockchain para que no se muestre el gasto y conserve su Bitcoin para gastarlo de nuevo.	Incorrecto: En el ataque de doble gasto, el usuario que controla la red altera los bloques de tal manera que no se muestre su gasto de Bitcoin y pueda gastarlo de nuevo.	3.2 ¿Qué hacen los protocolos de consenso?

Figura 4.19 Muestra de un banco de preguntas

4.4.4 Rúbricas

En el caso de las rúbricas, elaboramos en un documento escrito la estructura definida en el capítulo 3.3 en la sección correspondiente a la descripción del material completo del módulo 4. Estas rúbricas están incluidas en el apartado del módulo de aplicaciones en la plataforma de Moodle al final de los documentos de las prácticas, que son archivos en formato PDF que son accesibles en el mismo navegador o el alumno puede descargarlas. La figura 4.20 expone un ejemplo general de la estructura de las rúbricas.

Rúbrica de evaluación

Aspecto a Evaluar	Incorrecto	Parcialmente correcto	Correcto y Completo
Cambio del límite de mascotas disponibles	No modificó el límite de mascotas disponibles. (0 puntos)	Modificó el límite de mascotas pero no funciona correctamente el sistema al leer todas las mascotas. (0.3 puntos)	Modificó el límite y el programa lee todas las mascotas como se espera. (0.6 puntos)
Algoritmo para realizar la compra de productos en la tienda y su código correspondiente.	El algoritmo no satisface la necesidad planteada. (0 puntos)	Sólo hay evidencia del algoritmo o del código. (0.3 puntos)	Hay evidencia del código del algoritmo y satisface la necesidad planteada. (0.6 puntos)
Algoritmo para catalogar los animales por especie y su código correspondiente.	El algoritmo no satisface la necesidad planteada. (0 puntos)	Sólo hay evidencia del algoritmo o del código. (0.3 puntos)	Hay evidencia del código del algoritmo y satisface la necesidad planteada. (0.6 puntos)
Nueva sección de productos para mascotas y su código correspondiente.	No hay una nueva sección de productos en la página principal de la tienda (0 puntos)	Sí existe una nueva sección de productos pero no se muestran correctamente (0.3 puntos)	Sí existe una sección de productos y todos se muestran correctamente con sus imágenes correspondientes (0.6 puntos)
Algoritmo para realizar donaciones voluntarias y su código correspondiente.	El algoritmo no satisface la necesidad planteada. (0 puntos)	Sólo hay evidencia del algoritmo o del código. (0.3 puntos)	Hay evidencia del código del algoritmo y satisface la necesidad planteada. (0.6 puntos)
Catálogo expandido	El catálogo no cumple con el mínimo de productos	Se expandió el catálogo pero no se cumplió con la	El catálogo cumple con el mínimo de productos y animales

Figura 4.20 Estructura de una rúbrica para prácticas del tema 4

4.5 Actividades de Programación

En el capítulo 3.1, en el apartado del diseño de la evaluación, mencionamos que en el caso del módulo 4 correspondiente a las aplicaciones de *blockchain*, además del examen de la parte teórica del módulo, el alumno tendrá también que realizar una serie de evaluaciones prácticas basadas en ejercicios guiados de programación relacionados con cada subtema abordado en este módulo y utilizando la herramienta de la máquina virtual de Ubuntu. También, al concluir toda la parte teórica de la materia, el alumno deberá seleccionar un proyecto práctico de los 3 propuestos para realizarlo como última actividad a evaluar. Estas diferentes actividades serán desglosadas en las siguientes secciones.

4.5.1 Ejercicios Guiados

Los ejercicios guiados son documentos incorporados en Moodle ubicados en el apartado del módulo 4 tras cada libro digital correspondiente a los subtemas. Estos documentos cuentan con una breve introducción del subtema abordado en el ejercicio, así como los antecedentes, prerrequisitos y fundamentos necesarios para la comprensión y resolución del ejercicio.

El siguiente apartado en los ejercicios comprende todo el desarrollo de la aplicación, el cual está ordenado de forma secuencial numerada de acuerdo con la actividad propuesta en el ejercicio y la cantidad de pasos específica requeridos para implementar su solución incluyendo su ejecución. A continuación, utilizamos las siguientes figuras (4.21 y 4.22) para ilustrar la estructura básica del documento de un ejercicio guiado seguido del apartado correspondiente al desarrollo.

Ejemplo 1: Creación de Blockchain Tipo Bitcoin

Introducción

Desde la publicación del artículo llamado “Bitcoin: un sistema de dinero electrónico peer-to-peer” (realizada por un individuo conocido como Satoshi Nakamoto) donde nació Bitcoin y se introdujo un sistema distribuido para almacenar información, surgió un gran interés por la tecnología blockchain en casi toda la industria. Esto se debe a que esta nueva tecnología introducida tiene un campo de aplicación que va más allá de la realización de pagos o criptomonedas. *Blockchain* es la tecnología detrás de las criptomonedas digitales como *Bitcoin* o *Ethereum*, y frameworks de código abierto como *Hyperledger Fabric*.

En este documento se explicará cómo implementar con python una *blockchain* pública desde cero junto con una aplicación web simple para desplegarla. También se explicará cómo crear puntos de acceso a las diferentes funciones con las que cuenta la *Blockchain* como la realización de transacciones y cómo poder crear una red descentralizada ejecutando el programa en distintas máquinas. Por la parte de la aplicación, se creará una interfaz de usuario para interactuar con la *Blockchain* y almacenar información necesaria. El objetivo es construir un sitio web que permita a los usuarios compartir información, y su contenido será almacenado en la *Blockchain* por lo que no se podrá alterar de ninguna manera.

Antecedentes

- Conocimiento básico de programación en Python.
- Conocimiento básico del formato JSON (*JavaScript Object Notation*)
- Conocimiento de API REST
- Familiaridad con el microframework Flask
- El Tema 2: ¿Qué es una *Blockchain*? Correspondiente a este curso.

Prerrequisitos

- Tener instalada cualquier versión de Python 2.x ó 3.x

Fundamentos

- *Blockchain* público vs privado

Una *Blockchain* pública como *Bitcoin*, está completamente abierta al público y cualquiera puede unirse a participar en ella. Una *Blockchain* privada se utiliza cuando se requieren transacciones con una mayor privacidad, seguridad y velocidad, además de que para que cualquiera participe, necesita una invitación.

Figura 4.21 Estructura general del documento de un ejercicio guiado

Desarrollo de la aplicación

Para el desarrollo de la aplicación comenzaremos definiendo la estructura de la información que se almacenará en la Blockchain. Cualquier mensaje publicado en el sitio por los usuarios deberá contar con:

1. Contenido
2. Autor
3. Fecha de publicación (*timestamp*)

1. Almacenar transacciones en bloques

Para almacenar cualquier información en la *blockchain* lo haremos con el formato *JSON* de la siguiente manera:

```
{
  "author": "nombre_del_autor",
  "content": "contenido del mensaje que el autor desea compartir",
  "timestamp": "El momento en que el contenido fue creado"
}
```

El término "información" es muy genérico y de este punto en adelante lo reemplazamos por "transacción" cuando nos refiramos a la información publicada en nuestro ejemplo.

Las transacciones se empaquetan en bloques. Un determinado bloque puede contener desde una a varias transacciones. Los bloques que contienen dichas transacciones son generados y agregados a la *blockchain* de manera frecuente. Debido a la posibilidad de que haya un gran número de bloques, cada bloque deberá tener un identificador único.

```
class Block:
    def __init__(self, index, transactions, timestamp):
        """
        Constructor de la clase `Block`.
        :param index: ID (identificador) único del bloque.
        :param transactions: Lista de transacciones.
        :param timestamp: Momento en que el bloque fue generado.
        """
        self.index = index
        self.transactions = transactions
        self.timestamp = timestamp
```

2. Agregar firmas digitales a los bloques

El primer paso para prevenir cualquier tipo de manipulación en las transacciones contenidas en el bloque es la detección. Para detectar si una transacción fue modificada podemos utilizar funciones hash criptográficas. Como ya sabemos, una función hash recibe información de cualquier tamaño y produce una salida de tamaño fijo, lo que se conoce como *cifrado hash*. El *cifrado hash* garantiza una buena dispersión entre las salidas generadas, de tal manera que, a partir de una cadena cifrada es muy difícil

Figura 4.22 Apartado de desarrollo secuencial en un ejercicio guiado

Como se puede apreciar en la figura 4.22, la sección de desarrollo de la aplicación no sólo cuenta con los pasos ordenados, sino también con capturas que ilustran y ejemplifican la implementación de la solución a realizar.

Una vez concluido la elaboración del ejercicio, seguido al apartado del documento en la plataforma Moodle, el alumno podrá acceder a la visualización de un video con *voice-over* embebido en el buscador que muestra la correcta ejecución del ejercicio con el cual el alumno podrá verificar que su desarrollo implementado sea correcto. A continuación, presentamos la figura 4.23 donde se puede observar la visualización de uno de estos videos:

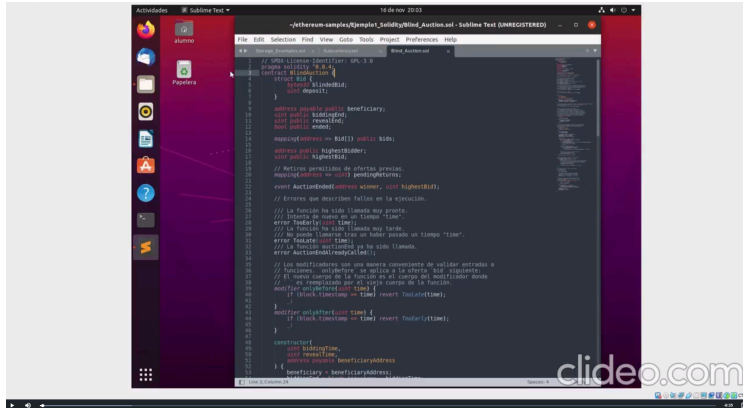


Figura 4.23 Visualización de video con voice - over en el buscador

4.5.2 Prácticas

Desarrollamos la documentación de 4 prácticas para el Módulo 4, una para cada uno de los primeros dos subtemas y 2 para el subtema 4.3 del temario correspondientes a Hyperledger Fabric. Los documentos para dichas prácticas están incorporados en el apartado del módulo 4 en la plataforma de Moodle y están ubicadas posterior a los ejercicios guiados y videos de cada subtema cómo pueden visualizar en la figura 4.24.

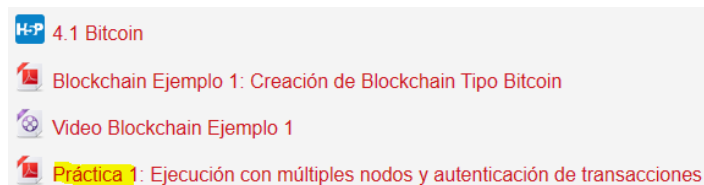


Figura 4.24 Ubicación de las prácticas en Moodle

El diseño de estas prácticas tiene como objetivo que el alumno refuerce lo aprendido en los ejercicios guiados por lo que los documentos de las prácticas poseen una estructura similar a la de los ejercicios guiados incluyendo una serie de actividades y escenarios propuestos que deben ser abordados tomando como base el desarrollo de los ejercicios guiados con la diferencia de que para el caso del documento de la práctica no existe un apartado que desglose paso a paso el desarrollo si no un listado completo de los requisitos del sistemas y los entregables que deberá presentar el alumno acompañados de una rúbrica de evaluación para asignar y contabilizar un puntaje a cada uno de estos entregables.

Las figuras 4.25 y 4.26 muestran el diseño y apartados básicos del documento de la práctica seguido de la estructura de las rúbricas.

Práctica Bitcoin 1

Ejecución con múltiples nodos y autenticación de transacciones

Objetivo

Identificar y solucionar las deficiencias que existen en el sistema desarrollado en el *Ejemplo 1: Creación de una blockchain tipo Bitcoin*.

Antecedentes

- Revisar la teoría correspondiente al tema 4.1 *Bitcoin*.
- Revisar el *Ejemplo 1: Creación de Blockchain Tipo Bitcoin*.

Actividades

- Revisar la problemática 1 presentada en el apartado de "Introducción" y diseñar un método para agregar nodos a la red.
- Implementar el método de adición de nodos a la red, para que el sistema sea ejecutado por 3 nodos.
- Revisar la problemática 2 presentada en el apartado de "Introducción" (falta de autenticación) y diseñar un método de autenticación que utilice criptografía de llave pública y privada.
- Implementar un sistema de inicio de sesión para autenticar a los usuarios que quieran interactuar con la red.

Introducción

Después de revisar detalladamente el funcionamiento del *Ejemplo 1: Creación de Blockchain Tipo Bitcoin*, queda claro que la red tipo Bitcoin no cumple con 2 características esenciales de las *Blockchain*:

1. La ejecución y funcionamiento de la red está a cargo de un solo nodo.

Por definición, una *Blockchain* es un sistema descentralizado, por lo tanto, son necesarios múltiples nodos participantes, de tal forma, que todos estos verifiquen las transacciones y a la vez sean capaces de realizar una transacción (el ejemplo 1 trabaja con un solo nodo y, por ello, se vuelve centralizado), además de dotar a la red con los elementos de seguridad abordados en la Unidad 2: *Blockchain* (persistencia, disponibilidad, tolerancia a fallos, etc.). La solución

Escenario

Los tres blogs más grandes de tecnología: *Blueddit*, *Bookface* y *YourSpace* tendrán un debate acerca de *Bitcoin*, en el que participarán los administradores de estos 3 blogs. De parte de *Blueddit* participarán @WillGates y @JeffKisses, de parte de *Bookface* @MarcZucaritas, y de parte de *YourSpace* @ElonTusk, @EseNakamoto y @SteveWorks. Para que el debate pueda ser posteriormente consultado, pretenden usar un sistema de *Blockchain*, donde estén dados de alta sus blogs y registrados sus usuarios en su correspondiente blog.

Requisitos

El sistema debe cumplir con las siguientes características:

- El sistema debe contar con un nodo por blog.
- Cada usuario debe estar registrado en el sistema utilizando su propia llave privada a través del nodo correspondiente a su blog.
- Cada publicación deberá estar firmada con la llave privada de los usuarios y deberá agregarse la llave pública como otro campo de información al bloque de transacciones.

Entregables

1. Documento PDF que contenga:

- Algoritmo para agregar nodos a la red con capturas del código implementado.
- Algoritmo para registrar a los usuarios en la red con capturas del código implementado.
- Algoritmo para firmar las publicaciones de los usuarios con capturas del código implementado.
- Realiza los siguientes ejercicios y adjunta captura de la publicación, prueba de minado de, al menos, 2 nodos y vista completa del debate:
 1. Agregar un nodo correspondiente a cada blog utilizado los puertos 8000 para *Blueddit*, 8001 para *Bookface* y 8002 para *YourSpace*.
 2. Cada usuario abrirá una ventana del navegador de su preferencia e ingresará a la aplicación web a través del nodo correspondiente a su blog.
 3. Cada usuario deberá registrarse en la página inicial de la aplicación proporcionando un nombre y contraseña que se utilizará como llave privada.
 4. Una vez que los usuarios sean autenticados deberán realizar una publicación inicial con un saludo de su preferencia.

Figura 4.25 Estructura de una práctica

Rúbrica de evaluación

Aspecto a Evaluar	Incorrecto	Parcialmente correcto	Correcto y Completo
Algoritmo para registrar a los usuarios en la red y su código correspondiente.	El algoritmo no satisface la necesidad planteada. (0 puntos)	Sólo hay evidencia del algoritmo o del código. (0.25 puntos)	Hay evidencia tanto del algoritmo como del código implementado y se satisface la necesidad planteada. (0.5 puntos)
Algoritmo para agregar nodos a la red y su código correspondiente.	El algoritmo no satisface la necesidad planteada. (0 puntos)	Sólo hay evidencia del algoritmo o del código. (0.25 puntos)	Hay evidencia de tanto del algoritmo como del código implementado y se satisface la necesidad planteada. (0.5 puntos)
Algoritmo para firmar las publicaciones de los usuarios y su código correspondiente.	El algoritmo no satisface la necesidad planteada. (0 puntos)	Sólo hay evidencia del algoritmo o del código. (0.25 puntos)	Hay evidencia de tanto del algoritmo como del código implementado y se satisface la necesidad planteada. (0.5 puntos)
Ejercicio 1	No agregó el número	Sí agregó los nodos	Sí agregó todos los

Figura 4.26 Estructura de rúbrica de una práctica

4.5.3 Proyectos

En el caso de los proyectos, diseñamos 3 propuestas de las cuales existe una por cada subtema. La estructura de los documentos de las propuestas es igual que la de las prácticas con la diferencia de que el proyecto contempla un reporte completo de las actividades y entregables elaborados, dicho reporte se debe adjuntar a la carpeta que incluye todos los entregables programados. Las figuras 4.27 y 4.28 ilustran la estructura básica de las propuestas de los proyectos.

Propuestas de Proyectos

Aplicación para realizar micropréstamos

Objetivo
Desarrollar una aplicación de préstamos en Bitcoin que permita a los usuarios solicitar y ofrecer micropréstamos a través de una *Blockchain* tipo Bitcoin implementada en *Python*.

Antecedentes
Revisar la teoría y práctica correspondiente al subtema 4.1 Bitcoin.

Actividades

- Realizar un sistema de verificación de identidad para los usuarios que deseen hacer uso de la aplicación.
- Registrar múltiples usuarios válidos y verificar cómo responde la aplicación ante un usuario no válido.
- Realizar un método para ofrecer préstamo y solicitar un préstamo.
- Realizar un método para un *handshake* cuando un prestamista y un prestatario *acepten* el trato.
- Implementar un método que permita a los usuarios ver el historial de transacciones y verificar que las transacciones sean válidas.
- Verificar que sea posible efectuar abonos al pago de la deuda y disminuir la cantidad prestada.
- Marcar *status* de pagado y/o libre de deudas una vez efectuados los pagos.

Introducción
Las tecnologías *Blockchain* se han convertido en uno de los temas más relevantes en la actualidad, especialmente debido a su impacto en la economía y las finanzas. Dentro de esta categoría de tecnologías, las *Blockchain* tipo Bitcoin destacan como una de las más importantes e influyentes.

Escenario
Truenektra es una institución dedicada al micropréstamo que en los últimos años ha notado que el fraude relacionado con los préstamos que ofrece ha incrementado, debido al uso de prestanombres, datos falsos de los prestatarios e incluso ayuda de los empleados de esta institución que buscan colocar préstamos, es por ello que han decidido implementar una *blockchain* tipo Bitcoin para disminuir el porcentaje de fraudes, además de poder ofrecer mayor crédito a los clientes verdaderos.

La aplicación por implementar debe cumplir con las siguientes características:

- Un sistema capaz de verificar la identidad de los prestatarios y de los empleados que vayan a ser parte de la aplicación.
- La aplicación debe ser capaz de registrar usuarios solicitantes de préstamos y trabajadores que los ofrezcan.
- Los usuarios registrados deben ser capaces de ofrecer préstamos (para trabajadores) y solicitar préstamos (clientes).
- Un trabajador que ofrece un préstamo y un usuario solicitante deben poder registrar que están de acuerdo en por un lado brindar un préstamo y por otro lado aceptar el préstamo.
- Los usuarios (tanto trabajadores como clientes) deben ser capaces de ver el historial de transacciones realizadas y poder verificar que las transacciones sean válidas.
- Un cliente debe ser capaz de ir abonando al pago de su deuda, mientras que el trabajador deberá aceptar el pago, descontar el pago del monto de la deuda y notificarlo en el historial de transacciones.
- Una vez pagada la deuda, el trabajador deberá marcar el *status* de la deuda como pagada y notificarlo ante el historial de transacciones.

Entregables

- Documento PDF que contenga:
 - Esquema de las relaciones entre las entidades participantes, el funcionamiento del flujo de información en la *blockchain* y la aplicación que se desarrollará.
 - Capturas que demuestren la funcionalidad de cada uno de los 7 puntos descritos en el escenario.
 - Conclusiones.

Figura 4.27 Estructura de una propuesta de proyecto

Rúbrica de evaluación			
Aspecto a Evaluar	Incorrecto	Parcialmente correcto	Correcto y Completo
Documento PDF	No se entregó el reporte. (0 puntos)	El reporte fue entregado, sin embargo, falta 1 o más aspectos a evaluar. (0.25 puntos)	El reporte fue entregado completo. (0.5 puntos)
1. Sistema de verificación de identidad.	La aplicación no cuenta con sistema de verificación de identidad. (0 puntos)	La aplicación cuenta con un sistema de verificación de identidad, sin embargo, no tiene el funcionamiento esperado o no funciona como el reporte lo indica. (0.25 puntos)	La aplicación cuenta con sistema de verificación funcional. (0.5 puntos)
2. Registro de usuarios.	La aplicación no cuenta con método de registro de usuarios. (0 puntos)	La aplicación cuenta con un método de registro de usuarios, sin embargo, no tiene el funcionamiento esperado o no funciona como el reporte lo indica. (0.25 puntos)	La aplicación cuenta con método de registro de usuarios funcional. (0.5 puntos)
3. Capacidad de ofrecer y solicitar préstamos.	La aplicación no cuenta con la capacidad de ofrecer y solicitar préstamos. (0 puntos)	La aplicación cuenta con la capacidad de ofrecer y solicitar préstamos, sin embargo, no tiene el funcionamiento esperado o no funciona como el reporte lo indica. (0.25 puntos)	La aplicación es capaz de ofrecer y solicitar préstamos de manera funcional. (0.5 puntos)

Figura 4.28 Estructura de rúbrica de evaluación de proyectos

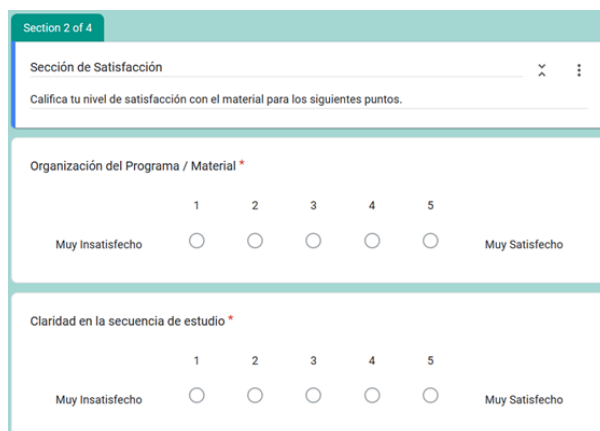
4.6 Evaluaciones con usuarios y mejoras realizadas

Como mencionamos en el capítulo 3.4 que corresponde a la evaluación del material con usuarios, una vez desarrollamos el material se puso a disposición de los alumnos en la plataforma educativa Moodle como ilustramos en los apartados anteriores a este y se les proporcionó un usuario de prueba. Se estableció un periodo de dos semanas por módulo para que revisaran el contenido correspondiente al módulo, del cual al finalizar se les proporcionó un cuestionario de retroalimentación que contestó cada alumno para los módulos 1 a 4 considerando un total de 3 cuestionarios, ya que el primero evaluaba los primeros dos módulos.

A continuación, analizaremos los resultados obtenidos mediante estos cuestionarios de acuerdo a las 3 secciones en las que se dividen.

Sección de Satisfacción

Las respuestas a las preguntas de esta sección se miden del número 1 al 5 donde 1 significa “muy Insatisfecho” y 5 representa “Muy Satisfecho”. La figura 4.29 muestra la forma en la que se presentan los cuestionarios de retroalimentación.



The image shows a screenshot of a Moodle survey form. At the top, it says 'Section 2 of 4' and 'Sección de Satisfacción'. Below that, it asks 'Califica tu nivel de satisfacción con el material para los siguientes puntos.' There are two questions, each with a 5-point Likert scale. The first question is 'Organización del Programa / Material' and the second is 'Claridad en la secuencia de estudio'. Both questions have radio buttons for each point from 1 to 5, with 'Muy Insatisfecho' at 1 and 'Muy Satisfecho' at 5.

Figura 4.29 Estructura del cuestionario de retroalimentación en la sección de satisfacción

Las preguntas de esta sección miden la satisfacción de manera cuantitativa siguiendo la escala antes mencionada en los siguientes aspectos:

- Organización del Programa / Material.
- Claridad en la secuencia de estudio.
- Claridad en el contenido del material.
- Claridad de los videos / animaciones.
- Claridad de las imágenes / diagramas.
- Claridad en las instrucciones de los métodos de autoevaluación.

- Dificultad de los ejercicios de autoevaluación.
- Satisfacción personal del alumno con el material didáctico utilizado en el curso.

Las figuras 4.30 y 4.31 tienen el propósito de mostrar de manera gráfica las respuestas por parte de 49 alumnos a esta sección de preguntas para el cuestionario de retroalimentación del tema 1 y 2.

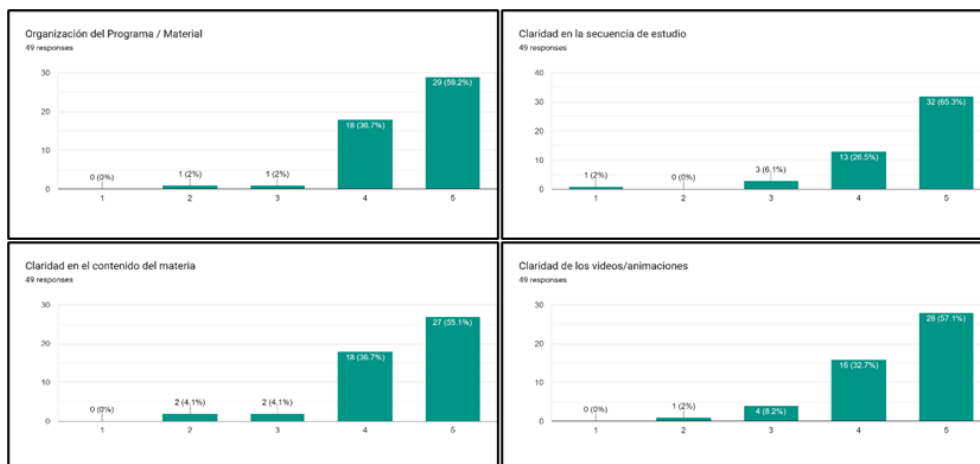


Figura 4.30 Gráficas de resultados de satisfacción Tema 1 y 2 Parte 1

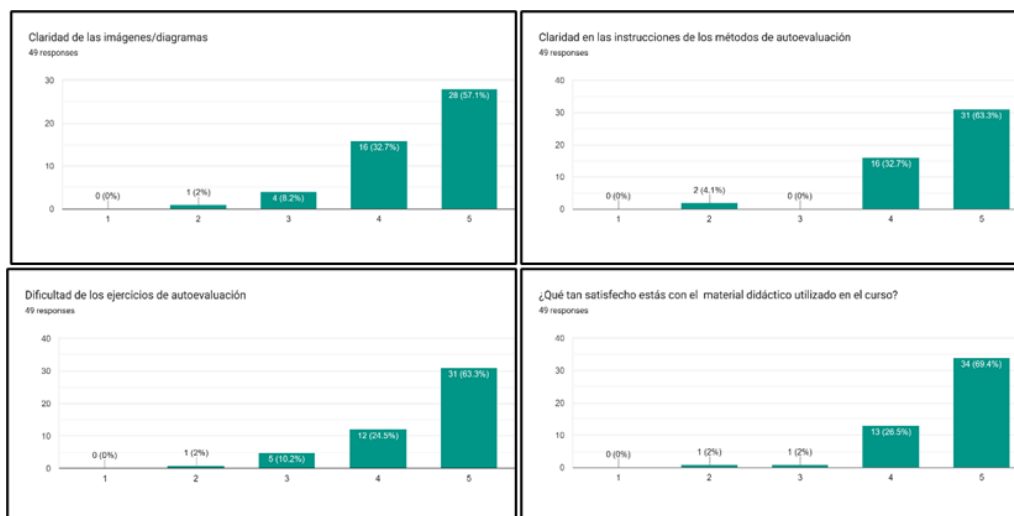


Figura 4.31 Gráficas de resultados de satisfacción Tema 1 y 2 Parte 2

Como podemos observar en las figuras anteriores, para el tema 2 hubo una mayoría de respuestas con valores entre 4 y 5 de más del 87% de alumnos para todas las preguntas con lo que determinamos que la mayoría de alumnos estaban satisfechos con los aspectos evaluados.

Para el tema 3 se evaluaron los mismos aspectos del tema 2 como se puede apreciar en las figuras 4.32 y 4.33.

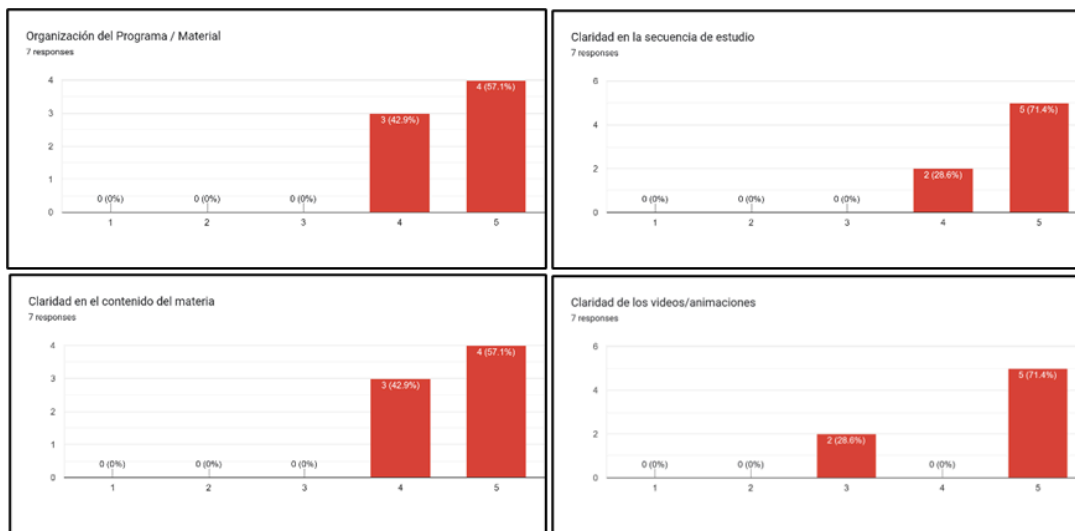


Figura 4.32 Gráficas de resultados de satisfacción Tema 3 Parte 1

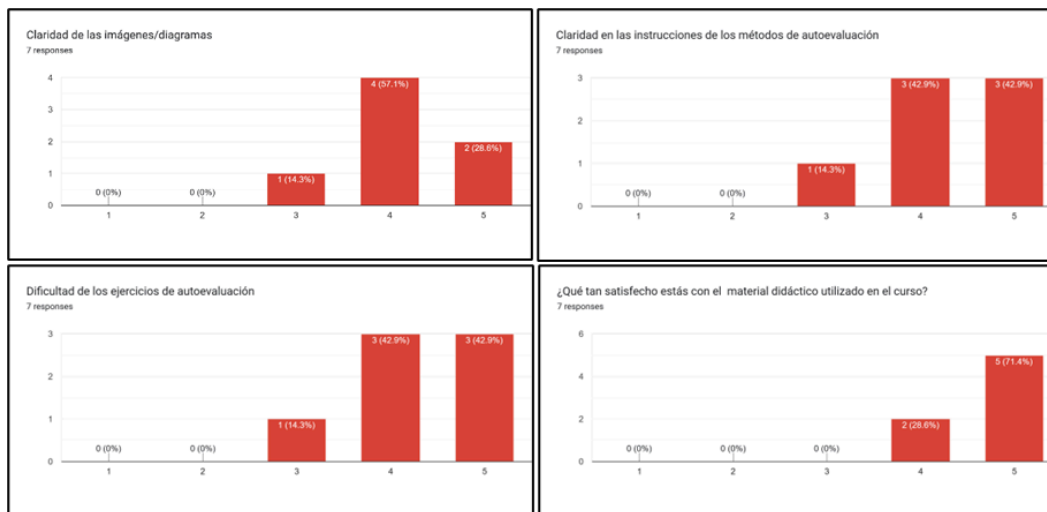


Figura 4.33 Gráficas de resultados de satisfacción Tema 3 Parte 2

Aunque para el tema 3 fue una menor cantidad de alumnos de prueba, las respuestas se mantuvieron positivas y esta vez ningún alumno contestó menor a 3 en ninguna pregunta por lo que concluimos que se cumple con la satisfacción deseada en para este módulo.

Finalmente, para el tema 4, nuevamente evaluamos los mismos 8 aspectos y los resultados obtenidos pueden visualizarse en las figuras 4.34 y 4.35.

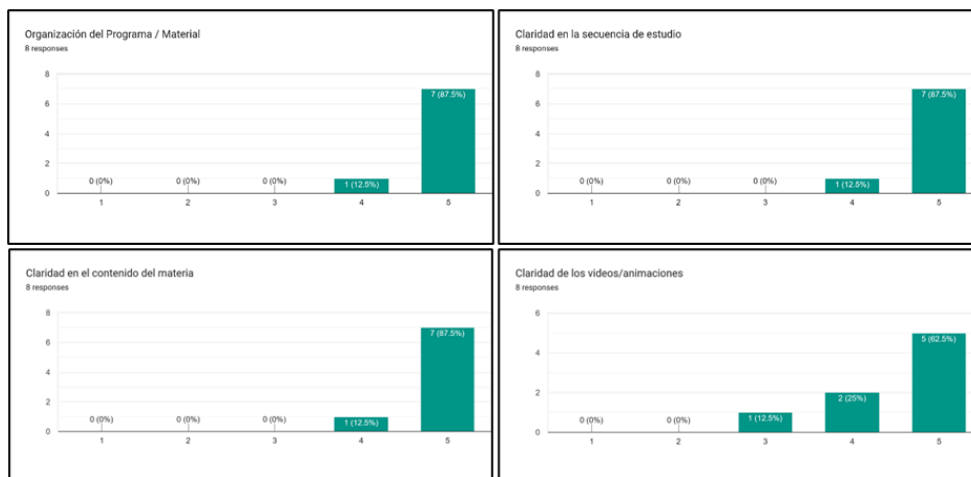


Figura 4.34 Gráficas de resultados de satisfacción Tema 4 Parte 1

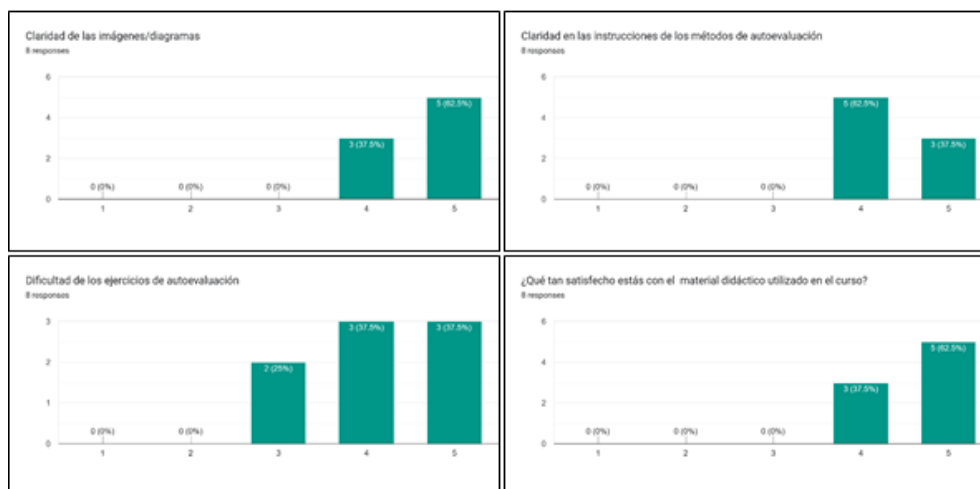


Figura 4.35 Gráficas de resultados de satisfacción Tema 4 Parte 1

Para el tema 4 se mantuvo una tendencia positiva en las respuestas aún mejor que en el tema 3 con 6 de las 8 preguntas con 4 como valor mínimo.

Cabe mencionar que casi todos los alumnos que contestaron los cuestionarios de retroalimentación participaron en la evaluación y revisión de las 3 unidades que se establecieron como prueba en la plataforma de Moodle, por lo que con la revisión continua de los módulos podemos concluir que mantuvieron una opinión positiva constante y se mantuvo cierto nivel de satisfacción.

Sección de Opinión

Para la sección de opinión, la intención fue medir de manera cualitativa las opiniones de los alumnos con 5 preguntas que pueden ser respondidas con sí o no, pero solicitándoles una justificación para todas sus respuestas. La estructura de las preguntas de esta sección está ejemplificada en la figura 4.36.

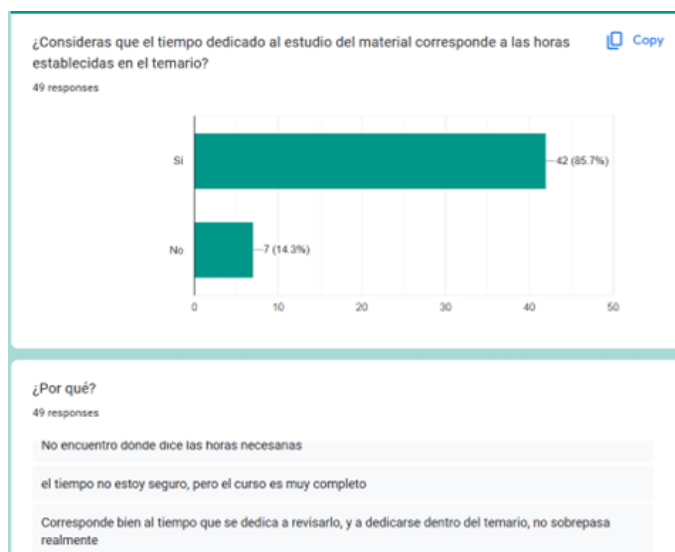


Figura 4.36 Estructura del cuestionario de retroalimentación en la sección de opinión

Las 5 preguntas realizadas en esta sección fueron las siguientes:

- ¿Consideras que el tiempo dedicado al estudio del material corresponde a las horas establecidas en el temario?
- ¿Te sentiste satisfecho después de completar el material?
- ¿El contenido te proporcionó un buen aprendizaje?
- ¿Consideras que la frecuencia con la que fuiste evaluad@ fue adecuada?
- ¿Te interesaría llevar a cabo otra parte del curso con material de este tipo?

A continuación, desglosamos por tema las gráficas con el total de respuestas, resaltando las justificaciones que consideramos más relevantes.

Para el tema 1 y 2 tenemos la figura 4.37 que representa las gráficas de las respuestas a las 5 preguntas de esta sección.

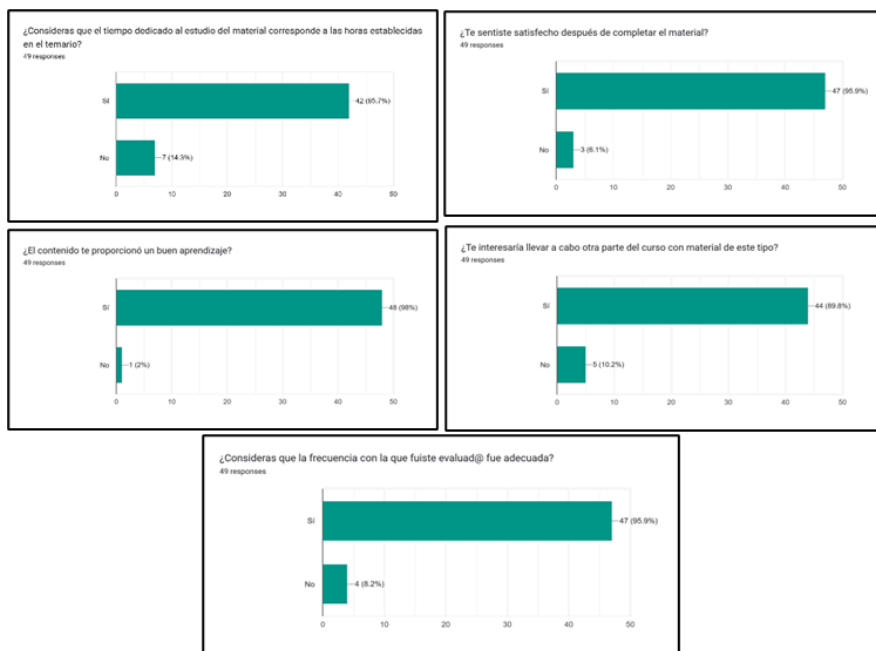


Figura 4.37 Gráficas de los resultados de la sección de Opinión para el tema 1 y 2

Cómo demuestran las imágenes, las respuestas afirmativas oscilan entre el 85% y 96% de los alumnos.

Considerando las abreviaturas RP para respuestas positivas y RN para respuestas negativas, a continuación, enlistamos algunas de las respuestas más destacadas a través las figuras posteriores a cada pregunta:

P1. ¿Consideras que el tiempo dedicado al estudio del material corresponde a las horas establecidas en el temario?

¿Por qué?

49 responses

En general el tiempo dedicado al ser material adicional a la materia fue el apropiado ya que podíamos dedicarle cuantas horas quisiéramos e ir a nuestro paso.

Porque a pesar de se revisa el material de manera rápida al ser conciso, el estudiante debe prepararse para el examen obligándolo a estudiar y repasar lo visto en los diagramas y actividades. Los videos permiten que se consolide lo visto en ciertas secciones.

Considero que la extensión del material de estudio parece adecuado para que los estudiantes puedan revisarlo frecuentemente a lo largo de la semana. Esto al menos con los dos tópicos de prueba habilitados.

Al ser la introducción considero que se ocupo el tiempo necesario

Considero que el material está muy digerido, por eso es rápido entenderlo.

Porque el material que nos muestran es bastante claro, lo que nos permite entender bien los conceptos y aplicarlos en los ejercicios que nos dan.

Figura 4.38 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 1 y 2, pregunta 1

P2. ¿Te sentiste satisfecho después de completar el material?

¿Por qué?

49 responses

En muchos conceptos faltaba claridad en la explicación. Sentí que no se tomaron el tiempo de definir todos los conceptos claramente.

Porque son temas que raramente alguien t epresenta o te habla de ellos, por lo que no indagas por tu cuenta

Porque me dejó más claro conceptos respecto al blockchain que ya conocía y un par que no conocía

Siempre es bueno aprender algo nuevo

si, aprendí sobre cada tema

Por que aprender algo nuevo siempre es importante, el material fue entendible y claro así como las imágenes, animaciones, diagramas, etc.

Es un buen material que coincide con el conocimiento acumulado que tengo de materias anteriores, donde dedique muchas horas de estudio y al ver el material que se ofrece, que condensa ese conocimiento de buena forma hace que me sienta satisfecho con lo que me ofrece el material

Figura 4.39 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 1 y 2, pregunta 2

P3. ¿El contenido te proporcionó un buen aprendizaje?

¿Por qué?

49 responses

Si ya que resume muy bien estos temas y pone muchos diagramas y tablas explicativas lo que hace más llamativo el material.

Me permitió saber cómo funcionan los bitcoins y los sistemas distribuidos que son muy recurrentes día con día.

A pesar de que sólo se encontraban habilitados 2 tópicos del curso, pude comprender la información claramente ya que esta no era excesiva sino bastante sustancial, además la retroalimentación en cada tema me ayudaba a esclarecer ciertas dudas.

Es muy buen material introductorio por lo que no es difícil comprender de manera correcta

Sí, creo que no es mucha información y la información que se proporciona es suficiente para entenderlo.

Porque la manera en la que te explican las cosas hace que entiendas de una muy buena manera el material y puedas comprender de mejor manera lo que nos dice en cada uno de los apartados

Porque los temas se explican lo más simple y concretamente posible para que no sea mucha información, ya que si sucede, el material se vuelve tedioso.

Figura 4.40 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 1 y 2, pregunta 3

P4. ¿Consideras que la frecuencia con la que fuiste evaluad@ fue adecuada?

¿Por qué?

49 responses

Considero correcto que después de cada tema se presente una evaluación para que permita medir qué tanto se comprendió del tema antes de avanzar al siguiente y así aprovechar de buena manera todo el material.

Como vuelvo a repetir, la información de cada apartado resultaba adecuada, pues me permitía mantener/retener los conceptos con mayor facilidad lo cual ayudaba a que en las evaluaciones obtuviese mejor puntaje.

La información que se iba recibiendo se evaluaba rápidamente y así se comprendía mejor

Sí, porque es un refuerzo del conocimiento que acabas de adquirir. Y es más fácil recordarlo después.

Porque me permitía ir a mi ritmo, sin presionarme, por lo cual siento que entendi de mejor manera las cosas

Porque de esta manera se mantiene fresco lo recién visto.

me pareció adecuada

Figura 4.41 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 1 y 2, pregunta 4

P5. ¿Te interesaría llevar a cabo otra parte del curso con material de este tipo?

¿Por qué?

49 responses

Me parece que la propuesta sobre abordar estos temas en este tipo de plataformas ayuda a que el interés de los alumnos aumente debido a que en ocasiones puede resultar tedioso solamente leer información, resumir y memorizar temas tan complicados como estos sin implementar cuestiones didácticas que pongan a prueba la capacidad de aprendizaje como cuestionarios, relacionar conceptos con su significado e incluso ver animaciones que expliquen concretamente sus contenidos. Por lo tanto considero que la idea sobre seguir con estos métodos y materiales para el curso es excelente.

Es fácil la comprensión

Sí, Porque sirve como material de refuerzo, personalmente aprendo mejor con este tipo de material.

Este curso es realmente interesante y te atrapa desde que inicias con los conceptos básicos.

Para ver si se relaciona con otras materias que he cursado y ver cómo se relacionan.

me parece bien

Esta bien, pero pues ya medio ando cansado de hacer varias cosas en linea

Figura 4.42 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 1 y 2, pregunta 5

De acuerdo con las respuestas obtenidas los temas 1 y 2 tienen un número de horas bastante adecuado independiente de la velocidad de aprendizaje de los alumnos además de que consideran haber tenido buena satisfacción con el material y un aprendizaje adecuado. Además, consideran que la frecuencia de las evaluaciones no fue abrumadora sino suficiente y que a la mayoría de los alumnos les interesaría continuar aprendiendo sobre este curso utilizando material digital como el presentado para los primeros temas.

En el caso del tema 3, los resultados obtenidos están representados mediante la figura 4.43

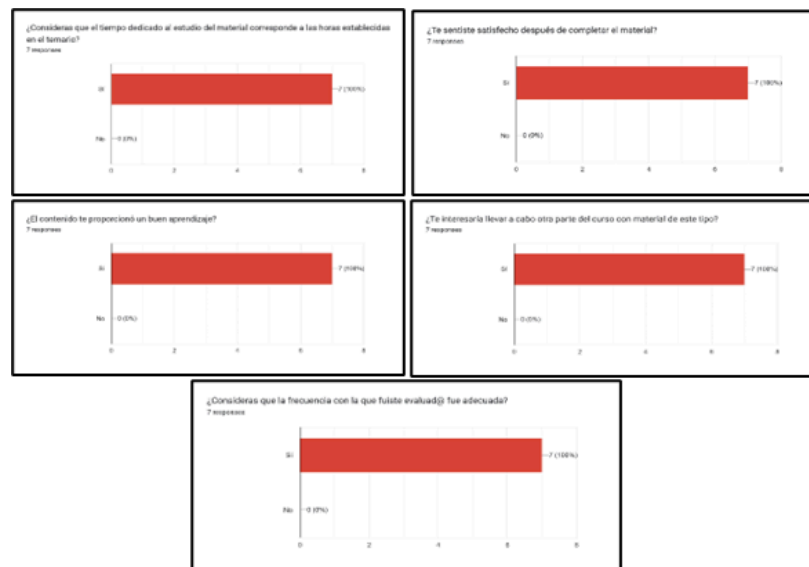


Figura 4.43 Gráficas de los resultados de la sección de Opinión para el tema 3

En comparación al tema anterior, en este tema el 100% de las respuestas en todas las preguntas fueron afirmativas, lo cuál demuestra una opinión completamente positiva sobre el material.

A continuación, presentamos algunas de las respuestas más destacadas por pregunta ilustradas con las figuras 4.44 a 4.48 que las proceden.

P1. ¿Consideras que el tiempo dedicado al estudio del material corresponde a las horas establecidas en el temario?

¿Por qué?

7 responses

- Te debes de tomar el tiempo para poder hacer el estudio de lo contenido en el tema
- Porque fue un tiempo bastante razonable para completar todo el temario de manera muy completa
- Información concisa que permite el rápido aprendizaje
- Todo depende del tiempo que uno le dé para poder ingresar al curso
- por la dificultad de los temas y el tiempo que conlleva
- los temas estan de acuerdo a lo que uno se tarda en ver los videos o imagenes
- Si estudias conforme lo pide el material sin saltarte subtemas e invetigando un poco, es lo adecuado al tiempo planteado

Figura 4.44 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 3, pregunta 1

P2. ¿Te sentiste satisfecho después de completar el material?

¿Por qué?

7 responses

- Fue un paso mas al conocimiento de blockchain, y al haber completado los primeros dos temas del curso, me di cuenta de la linealidad que se debe de seguir para poder comprender mejor los temas
- Porque aprendí un tema nuevo e interesante para mí, y además pude hacerlo de manera autodidacta y a mi ritmo.
- Un nuevo aprendizaje obtenido gracias a esta herramienta
- Porque a pesar de que no sea algo que tenga que ver con la materia o más que nada que lo pida el plan de estudio es algo que de alguna otra manera no sirve y nos va a servir en un futuro
- me agrada el material visual
- hubo muchos temas interesantes y entendibles
- Este material tiene buenas explciaciones, por lo que es complicado entender a la primera pero teniendo una idea basica, resulta sencillo

Figura 4.45 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 3, pregunta 2

P3. ¿El contenido te proporcionó un buen aprendizaje?

¿Por qué?

7 responses

Fue expuesto de una buena manera

Fue muy claro y didáctico.

Me gustó la forma en la que estaba explicado por ende fue más fácil aprender ya memorizado

Aprendí demasiadas cosas

si, porque hay claridad en las explicaciones

los temas estan muy completos

Aprendi sobre los tipos de protocolos de consenso que hay en blockchain

Figura 4.46 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 3, pregunta 3

P4. ¿Consideras que la frecuencia con la que fuiste evaluad@ fue adecuada?

¿Por qué?

7 responses

Me ayudo a repasar los temas de inmediato y darme cuenta de mis faltas

Porque fui evaluado por temas y esto me permitió realizar un mejor seguimiento de mi aprendizaje.

Una vez concluido el tema la información está fresca

Si

porque al ser evaluado continuamente me ayuda a ver que partes entendí y cuales no

por que estaban bien puestos para saber si habia entendido bien el tema o temas anteriores

Porque tienes el conocimiento previo al alcance y te puedes basar del tema, y no te revuelves con los otros

Figura 4.47 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 3, pregunta 4

P5. ¿Te interesaría llevar a cabo otra parte del curso con material de este tipo?

¿Por qué?

7 respuestas

El material me parece bueno, y continua una linealidad buena, pasando de conceptos basicos a cosas un poco mas especificas y avanzadas

Porque son temas que llaman mucho mi atención. Y me gusta aprender cosas nuevas relacionadas con mi carrera.

Haría mas a mena el curso

No está demás el poder aprender nuevas cosas

para tener mas conocimiento y porque el curso es interactivo

es muy interactivo e intrtenido

Me gusta que las explicaciones tengan asignados videos, imagenes y diagramas

Figura 4.48 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 3, pregunta 5

Como mencionamos al principio del apartado para las preguntas de opinión del tema 3, todas las respuestas fueron afirmativas por lo que consideramos que el material de este tema fue completamente satisfactorio en todos los aspectos evaluados.

Para el tema 4, podemos visualizar los resultados obtenidos en la figura 4.49.

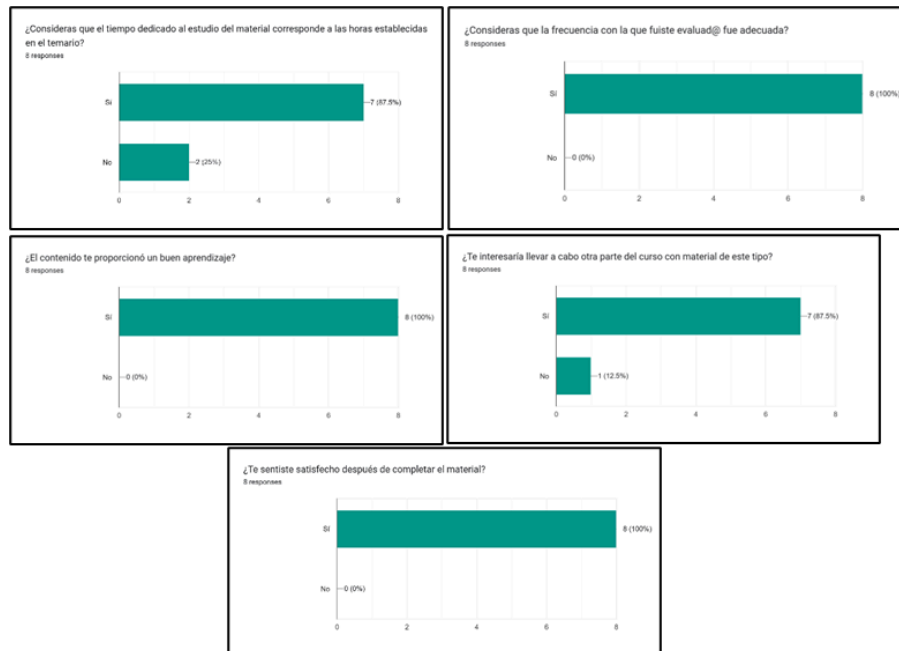


Figura 4.49 Gráficas de los resultados de la sección de Opinión para el tema 4

Similar a los temas anteriores, las figuras 4.50 a 4.54 representan las respuestas más destacadas en la sección de opinión para el tema 4.

P1. ¿Consideras que el tiempo dedicado al estudio del material corresponde a las horas establecidas en el temario?

¿Por qué?

8 responses

Porque el material es claro y conciso para la fácil comprensión

Porque está bien planteando

Si lees los temas conforme viene en el temario y los entiendes correctamente no te perderás mas tiempo del necesario, por lo que no se alargara demasiado

porque la dificultad de los temas lo ameritan

Es un tema muy largo, probablemente el mas largo del curso por lo que las horas invertidas si deben de ser las planteadas en el curso

No, ya que en lo personal creo que este tema maneja conceptos un poco más complejos que necesitan mayor tiempo de razonamiento para los que apenas comenzamos a entrar en este campo.

no vi las horas del temario

Lo usé como sugerencia de estudio y está bien planeado para concluir en las horas esperadas.

Figura 4.50 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 4, pregunta 1

P2. ¿Te sentiste satisfecho después de completar el material?

¿Por qué?

8 responses

Porque el material es claro y completo

Porque aprendí muchas nuevas cosas

Me gustan los temas tratados en el material, y creo que muchos deberian conocerlos más a fondo

debido a que no sabia muchas cosas que se encuentran en este

Ya que se explico sobre el bitcoin, el cual es un tema un poco mas conocido para mi, fue muy satisfactorio saber mas acerca de esta criptomoneda y ver la relación que tiene con todo esto.

Aprendí cosas nuevas que no sabía que existían.

los temas fueron completos e interesantes

La información está bastante clara.

Figura 4.51 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 4, pregunta 2

P3. ¿El contenido te proporcionó un buen aprendizaje?

¿Por qué?

8 responses

Porque los conceptos son claros y los ejemplos complementale tal información

Porque maneja conceptos complejos que son muy nuevos para mí de una manera sencilla

Porque es algo que me gusta, por lo que se me queda el conocimiento

debido a que tengo conocimientos que no tenia y no se me dificulto tanto los temas

Me ayudo a comprender muchos conceptos, algunos desconocidos y otros no tanto, pero al final me dio una mejor idea de como funciona el bitcoin

Porque al final creo que todo me ha quedado suficientemente claro.

por que no conocia nada sobre los temas

Me gusta la forma de estar distribuida; Sin embargo hay partes en las que se satura de información.

Figura 4.52 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 4, pregunta 3

P4. ¿Consideras que la frecuencia con la que fuiste evaluad@ fue adecuada?

¿Por qué?

8 responses

Las herramientas son suficientemente claras para ser evaluados de tal forma

Porque va acorde al avance del curso

Creo qu eesta bien que al finalizar cada subtema tengas una pequeña evaluación para no revolverte con otros y enfocarte más

porque me agrada ver que entendí y que no para así poder repasar en lo que falle

Me ayudo a repasar justo lo visto en el curso

Porque tuve una evaluación constante.

te dabas cuenta que no habias entendido bien el tema anterior, sin haber avanzado demasiado

La información está fresca

Figura 4.53 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 4, pregunta 4

P5. ¿Te interesaría llevar a cabo otra parte del curso con material de este tipo?

¿Por qué?

8 respuestas

Porque se encuentra muy completo

Este tema no es mucho de mi interés

Son muy intuitivos los temas e importantes para la era en que estamos

para saber más del tema

Me ayuda mucho la forma en la que se encuentra distribuida la información con sus respectivas imágenes o videos, Además al sintetizar tan bien la información, aunque esta sea mucha, siempre hay algo concreto que leer...

Porque podría estar e mis planes a futuro el profundizar más en estos temas.

los temas asi son mas entretenidos y los puedo revisar a mi ritmo

Me gusta el tema

Figura 4.54 Respuestas de la sección de Opinión para el tema 4, pregunta 5

Para este tema sólo hubo 2 preguntas que obtuvieron respuestas negativas, la pregunta 1 y 5, en el caso de la pregunta 1, la respuesta del primer alumno refleja que no revisó el plan de estudio para el tema 4, mientras que el segundo alumno considera que, para este tema en específico, se necesita más tiempo para su estudio y comprensión ya que maneja conceptos complejos para alguien que apenas está adentrándose en el campo de estudio de la tecnología Blockchain.

En el caso de la pregunta 5, la única respuesta negativa fue de un alumno que mencionó que el tema no es de su interés.

En general, para la sección de opinión completa de los temas 1 a 4 podemos concluir que la mayoría de los alumnos interesados en los módulos de la materia tuvieron un aprendizaje significativo y que les agradó el material y presentación lo suficiente para continuar aprendiendo utilizando la modalidad de enseñanza digital a través de la web.

Sección de Comentarios Generales

Para la última sección integramos 5 preguntas abiertas que los alumnos debían responder con la mayor claridad y honestidad posible. Las preguntas establecidas para esta sección fueron las siguientes:

- Indica lo que más te haya gustado del material, y explica el porqué.
- Indica lo que más te haya beneficiado de los temas, y explica el porqué.
- Indica lo que consideres más difícil de entender en el material, y explica el porqué.

- Indica las cosas que consideres innecesarias en el material, y explica el porqué.
- Comentarios generales

Cómo puede apreciarse, para esta sección las preguntas nos permiten identificar de manera específica qué apartados fueron los preferidos por los estudiantes tanto en sus gustos personales como en los beneficios que ellos consideren les haya aportado el material.

También esta sección nos permitió identificar qué recursos eran considerados como los de mayor dificultad y qué aspectos del curso fueron considerados innecesarios.

Finalmente, solicitamos a los alumnos que proporcionaran comentarios generales con el fin de obtener algún tipo de retroalimentación sobre algunos aspectos que no consideramos previamente en estos cuestionarios de evaluación.

Los resultados obtenidos para el tema 1 y 2 de cada pregunta de esta sección están desglosados en las figuras 4.55 a 4.59 como se muestra a continuación.

Indica lo que más te haya gustado del material, y explica el porqué.

49 responses

Las animaciones me dieron la ayuda para lograr captar mi atención de los temas que se abordaron, siento que rompieron la monotonía de los materiales que se encuentran junto con las actividades

La claridad en la que se encuentra redactado

la forma en como se presenta la información, ya que así es mas fácil de comprender los conceptos incluso ilustrando algunos conceptos con diagramas

me gustó más la parte de servicios y mecanismos de seguridad en la blockchain ya que considero que el área de ciberseguridad es un área muy demandada al día de hoy y creo que es importante conocer su funcionalidad específica para cumplir con sus servicios y sus procedimientos concretos utilizando la implementación adecuada

Definitivamente los diagramas estaban muy bien hechos, creo que el de firma digital es uno de los mejores que he visto.

Los slides con conceptos y diagramas organizados. Tienen el tema resumido a forma de libro de texto por lo que ayuda a estudiarlo como si fuera un libro de consulta pero con lo mas importante del tema

Figura 4.55 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 1 y 2, pregunta 1

Indica lo que más te haya beneficiado de los temas, y explica el porqué.

49 responses

Pues para reforzar los temas de criptografía y creo que es importante Blockchain con base en lo que leí, porque no sabía ni siquiera de que trataba.
Los diagramas que explican de forma la clara la secuencia de proceso que de otra forma tienen una difícil interpretación
Lo de los sistemas distribuidos, porque creo que es algo que pueda implementar algún día en mi empleo
Las evaluaciones para seguir repasando la información
Como era un tema del que tenía dudas desde antes por saber de él, me gusto que conocí más áreas de aplicación y
Los conceptos de sistemas distribuidos y de por qué Blockchain y una BDD no son precisamente lo mismo, eso me gustó mucho.
Beneficiar, en aprender el concepto de blockchain y las ganas de hacer toda transacción usando blockchain.

Figura 4.56 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 1 y 2, pregunta 2

Indica lo que consideres más difícil de entender en el material, y explica el porqué.

49 responses

Tal vez podrían ser los sistemas descentralizados, esa parte me hizo tener que buscar algunas cosas aparte, más que nada de redes pero es más un antecedente, no algo propiamente de Blockchain
En si nada, se manejo de forma ligera y fácil. Considero que esta bien redactado.
Considero que el material esta bien explicado, así que no es difícil de entender.
Nada, ya que proporciona ejemplos y es más fácil de comprender la información
Los fundamentos, pues son conceptos un tanto abstractos
Conceptos técnicos de Sistemas Distribuidos. Aunque varias veces existieron tarjetas de ayuda siento que estas fueron un ¿Sabias que? para aprender el conocimiento quizás de un curso anterior para adaptar a todo alumno. Donde un alumno con experiencia previa si tendría superioridad ante una persona de otra area o que no llevara su mismo perfil
Se me dificulto un poco las bases distribuidas punto a punto porque me confundí un poco en la parte de DDBMS

Figura 4.57 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 1 y 2, pregunta 3

Indica las cosas que consideres innecesarias en el material, y explica el porqué.

49 responses

No se si es la tecnología pero se sintio como Google Classroom donde se esforzaron mucho en aparentar que no es classroom que quizás diseñando la manera correcta de exponer y/o evaluar el material
No encontré temas innecesario, lo considere enriquecedor.
Creo que todo es necesario
No siento que haya cosas innecesarias, siento que es muy buena forma de introducción al tema.
No encontré ninguna cosa innecesaria, los videos y diagramas reafirman ciertos conceptos mencionados en el material, las actividades permiten medir el grado de entendimiento, en general me parece un material completo.
Creo que no le quitaría nada al material del curso, ya que lo considero muy importante por igual. Tal vez recomendaría mejorar el atractivo de los videos con música, efectos de sonido o alguna voz que vaya narrando para mejorar este aspecto. Personalmente me considero un estudiante con aprendizaje auditivo y me resulta importante conseguir materiales con estas características para que mi motivación en el estudio no se vaya disipando.

Figura 4.58 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 1 y 2, pregunta 4

Comentarios Generales

49 responses

- El materia esta bueno, bien organizado y fácil de dirigir además de que contiene retroalimentación por parte parte de la pagina, es bastante buena toda la idea en general
- Me gusto el material está demasiado completo
- La interactividad del material hace que sea bastante ligero de realizar y permite ir reforzando el aprendizaje
- Se sintio como Google classroom con una caratula diferente
- Me agrado el curso, solo encontré un par de errores con respecto a la dinámica de la pagina, en momentos todo se movia y debía actualizar la pagina.
- Me gusto el material, creo que es super didáctico y hace que el tema se entienda de mejor manera, las preguntas de la evaluación eran concisas.
- En general, me gustó está introducción a Blockchain, pero como dije, me gustaría tal vez que siguieran con el curso y explicarán algunos temas más a fondo, tal vez con algunos ejemplos prácticos.

Figura 4.59 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 1 y 2, pregunta 5

Para el tema 3, utilizamos las figuras 4.60 a 4.64 para exponer los resultados obtenidos en esta sección.

Indica lo que más te haya gustado del material, y explica el porqué.

7 responses

- La parte grafica es de las cosas que mas disfruto por que me ayuda a asociar los conceptos con algo mas.
- Maneja temas bastante interesantes para mí.
- La información está muy completa lo que permite una fácil comprensión del tema.
- Me gustó como emplea uso de diagramas con elementos visuales para facilitar el aprendizaje
- me agrada el material visual porque es un recurso que reafirma los conceptos pero de una manera mas sintetizada
- las evaluaciones para saber si se habia entendido bien el tema
- Me gusto que en cada explicación venga con un video o diagrama, ya que esto facilita el entendimiento

Figura 4.60 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 3, pregunta 1

Indica lo que más te haya beneficiado de los temas, y explica el porqué.

7 responses

- Me ayudo mucho en si saber sobre los protocolos, ya que oara el siguiente tema feu de gran ayuda saberlos
- El uso de material didáctico que facilita la comprensión del tema.
- Los esquemas en las presentaciones para poder estudiarlas de manera mas sencilla en caso de requerirlo.
- Las transacciones que se realizan por medio del bitcoin parecen beneficiosas ya que es algo que desde hace tiempo he tratado de comprender
- en que situaciones un protocolo de consenso y cómo se desarrolla correctamente
- todo el tema fue super beneficioso, yo no conocia nada de ello
- El conocer para que sirven los protocolos de consenso y el como funcionan

Figura 4.61 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 3, pregunta 2

Indica lo que consideres más difícil de entender en el material, y explica el porqué.

7 responses

Creo que en este tema en particular fue entender un poco como funcionaban los protocolos aunque al final con los ejemplos y con el tiempo adecuado se lograron entender

Realmente no encontré nada que me resultara muy complicado de entender. El material es bastante claro.

En lo personal, la información proporcionada es tan clara que no se le encuentra difícil.

Realmente no puedo determinar algún aspecto que me haya parecido difícil de entender en este maravilloso material

el tema de los Generales Bizantinos debido que es un tema complejo y nos podemos confundir

los algoritmos de pBFT, es un tema confuso

Se me dificultó un poco sobre los diferentes tipos de consenso, y esto fue por la terminología que se utilizó

Figura 4.62 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 3, pregunta 3

Indica las cosas que consideres innecesarias en el material, y explica el porqué.

7 responses

Nuevamente no considero que algo haya sido innecesario ya que nuevamente se conto con conceptos y ejemplos bien vistos.

Considero que todo en el material aporta algo necesario para el curso.

Algunas diapositivas contienen una cantidad innecesaria de texto.

Todo es necesario

el material me parece correcto

nada, todos son interesantes

Creo que no es tan necesaria la historia que se utilizo en cada subdivisión del subtema 3.4 pero es razonable

Figura 4.63 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 3, pregunta 4

Comentarios Generales

7 responses

Aunque fue un tema algo mas largo que los anteriores, se abordo de una manera muy buena, ya que contiene mucho información pero que en todo momento es relevante

Excelente aporte. Muchas gracias

Excelente.

Un curso bastante interesante y a portable

me agrado el curso

nada

Me gusta que las explicaciones de los temas sean interactivas, y que puedas regresar a cada uno por si algo no te quedo claro

Figura 4.64 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 3, pregunta 5

Finalmente, para el tema 4, los resultados de esta sección pueden apreciarse en las figuras 4.65 a 4.69.

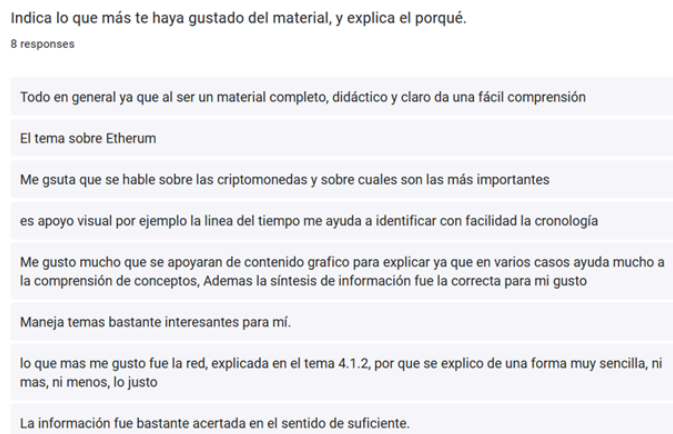


Figura 4.65 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 4, pregunta 1

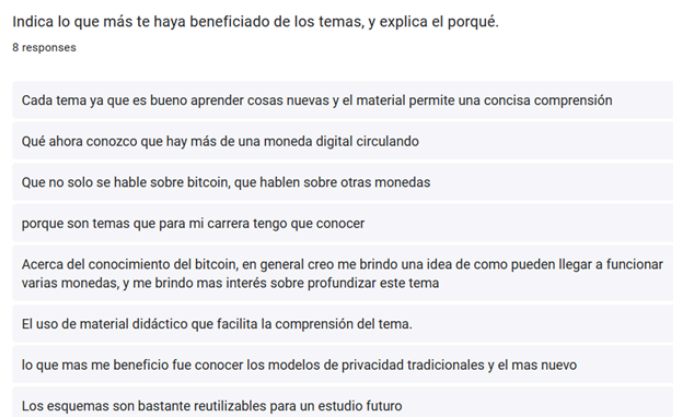


Figura 4.66 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 4, pregunta 2

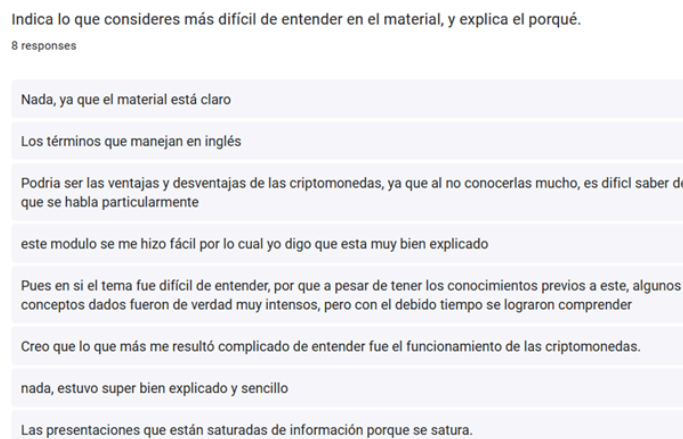


Figura 4.67 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 4, pregunta 3

Indica las cosas que consideres innecesarias en el material, y explica el porqué.

8 responses

Ninguna, el material me parece muy completo entonces yo no le agregaría ni quitaría nada
Nada
Creo que todo es necesario en el material si te interesa el tema de criptomonedas
.
Todo me pareció muy interesante y relacionado con la materia, por lo que no considero que algo sea innecesario
Realmente todo en el material me pareció muy útil para el curso.
tal vez la ultima tabla de la historia del bitcoin
Las presentaciones que están saturadas de información porque se satura.

Figura 4.68 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 4, pregunta 4

Comentarios Generales

8 responses

El material en sí me parece completo por lo tanto lo recomendaría
Interesante
Me gusto que se hablase sobre estas criptomonedas y sobre el framework y aque no lo conocía
en la autoevaluación no te va diciendo si contestaste correctamente o no, así que no puedes tener una buen retroalimentación
Me gusto mucho el curso, la forma de explicar los temas fue muy buena y corta, de manera que llamo mi atención varias veces, lo que hacia que me concentrara en el tema y no hubiese interrupción, Ademas me ayudo poder regresar varias veces a una sección para en caso de volver a ver el tema y no entenderlo tuviera donde regresar a comprenderlo.
Gracias por la oportunidad y el aprendizaje brindando.
ninguno

Figura 4.69 Respuestas de la sección de Comentarios generales para el tema 4, pregunta 5

Revisando las respuestas de esta sección para todos los temas, obtuvimos las siguientes conclusiones:

- De acuerdo con las preguntas 1 y 2 no hubo tanta consistencia sobre el recurso específico de la preferencia de los alumnos, si no que su elección se basó en gustos personales y además existe correlación entre los apartados que consideraron más útiles con los que les gustaron más. Lo que sí identificamos fue una tendencia a preferir los recursos de mayor interactividad en los libros digitales.
- Para la pregunta 3, el recurso específico que más se le dificulta a cada alumno no era el mismo entre todos y depende de sus capacidades personales.
- En el caso de la pregunta 4, la mayoría de los alumnos consideró el material como indispensable, mientras que sólo pocos consideraron ciertas partes del contenido de sobra ya sea por lo largo o porque lo consideraron redundante.

- Finalmente, en la pregunta 5, gran parte de los alumnos reafirmó sus preferencias y su deseo por continuar aprendiendo con contenido de este tipo, mientras que algunos abordaron puntos personales que les gustaría tener la capacidad de visualizar como en el caso de una respuesta del tema 4 donde un alumno preferiría obtener la retroalimentación de sus evaluaciones por pregunta en lugar de recibir la retroalimentación completa al final, mientras que un alumno en su comentario para el cuestionario de los temas 1 y 2 mencionó errores específicos que había descubierto.

4.7 Cronograma de actividades del proyecto completo

El cronograma de actividades del proyecto completo fue elaborado considerando 8 etapas las cuales están divididas en 141 tareas de la siguiente manera:

- Etapa de preparación: Abarca de las tareas 0 a 8 con fecha de inicio del 6 de febrero de 2023 al 19 de julio del mismo año.
- Investigación, diseño y creación del material para el tema 1: Abarca las tareas 9 a 23 entre el 24 de febrero y 6 de abril de 2023.
- Investigación, diseño y creación del material para el tema 2: Incluye las tareas 24 a 52 comenzando el 7 de abril y terminando el 12 de mayo de 2023.
- Investigación, diseño y creación del material para el tema 3: Comprende las tareas 53 a 73 del proyecto y fue desarrollado del 15 de mayo al 6 de junio de 2023.
- Investigación, diseño y creación del material para el tema 4: Implicó el desarrollo de las tareas 74 a 104 abarcando del 6 de junio al 12 de julio de 2023.
- Investigación, diseño y creación del material para el tema 5: En esta etapa llevamos a cabo las tareas 105 a 116 comenzando el 12 de julio de 2023, terminando el 19 de julio del mismo año.
- Pruebas del material digital con alumnos: Esta etapa abarcó las tareas 117 a 132, las cuales realizamos entre el 19 de julio y 7 de agosto de 2023.
- Elaboración del trabajo escrito: La última etapa abarcó las tareas 133 a 140 y fueron efectuadas en el periodo abarcado del 7 de agosto al 6 de septiembre de 2023.

Las figuras 4.70 a 4.72 presentan las 8 etapas desglosadas en las 141 tareas mencionadas en forma de un diagrama de *Gantt* elaborado utilizando la herramienta *Slick Gantt*

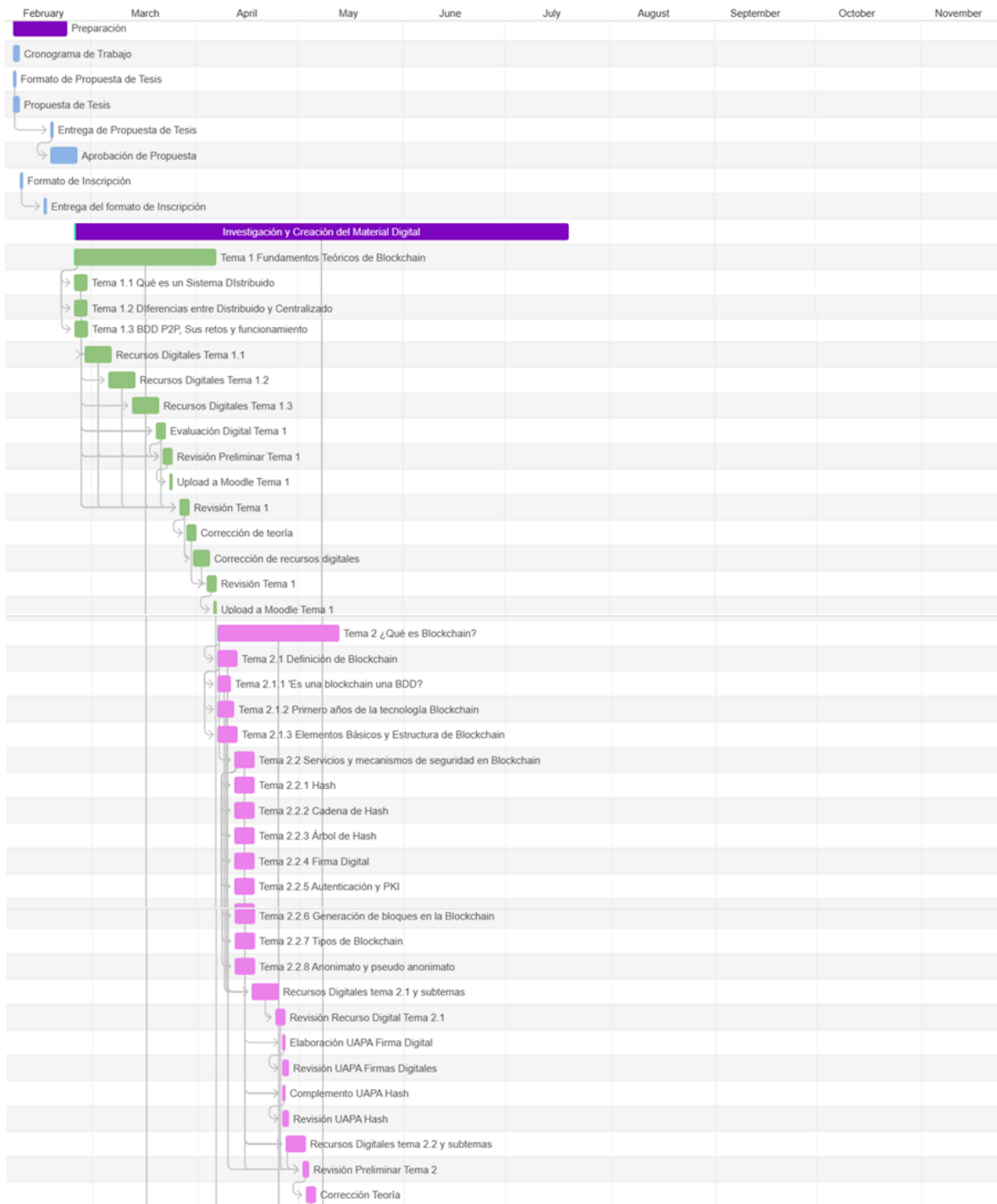


Figura 4.70 Diagrama de Gantt del cronograma de trabajo Parte 1

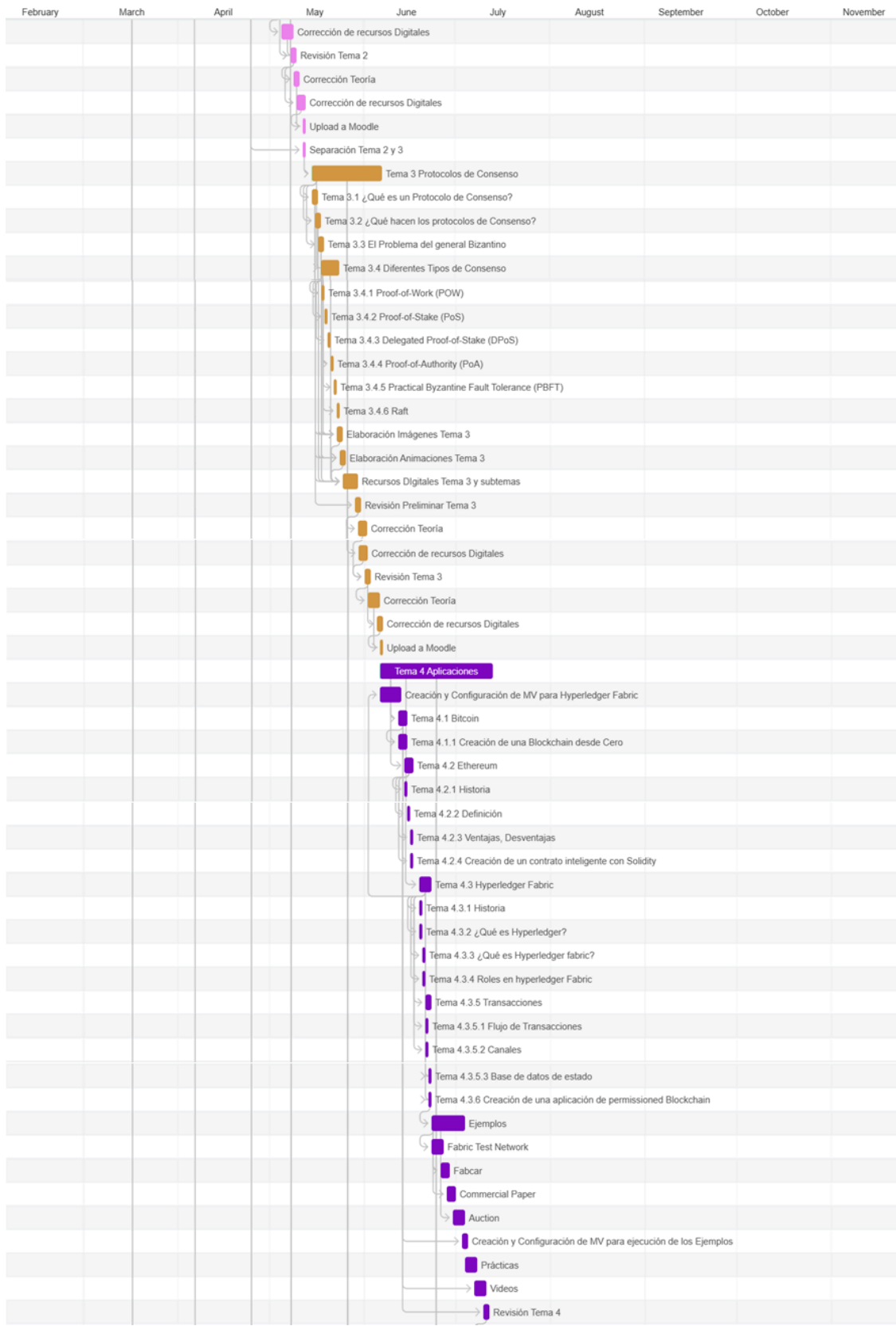


Figura 4.71 Diagrama de Gantt del cronograma de trabajo Parte 2

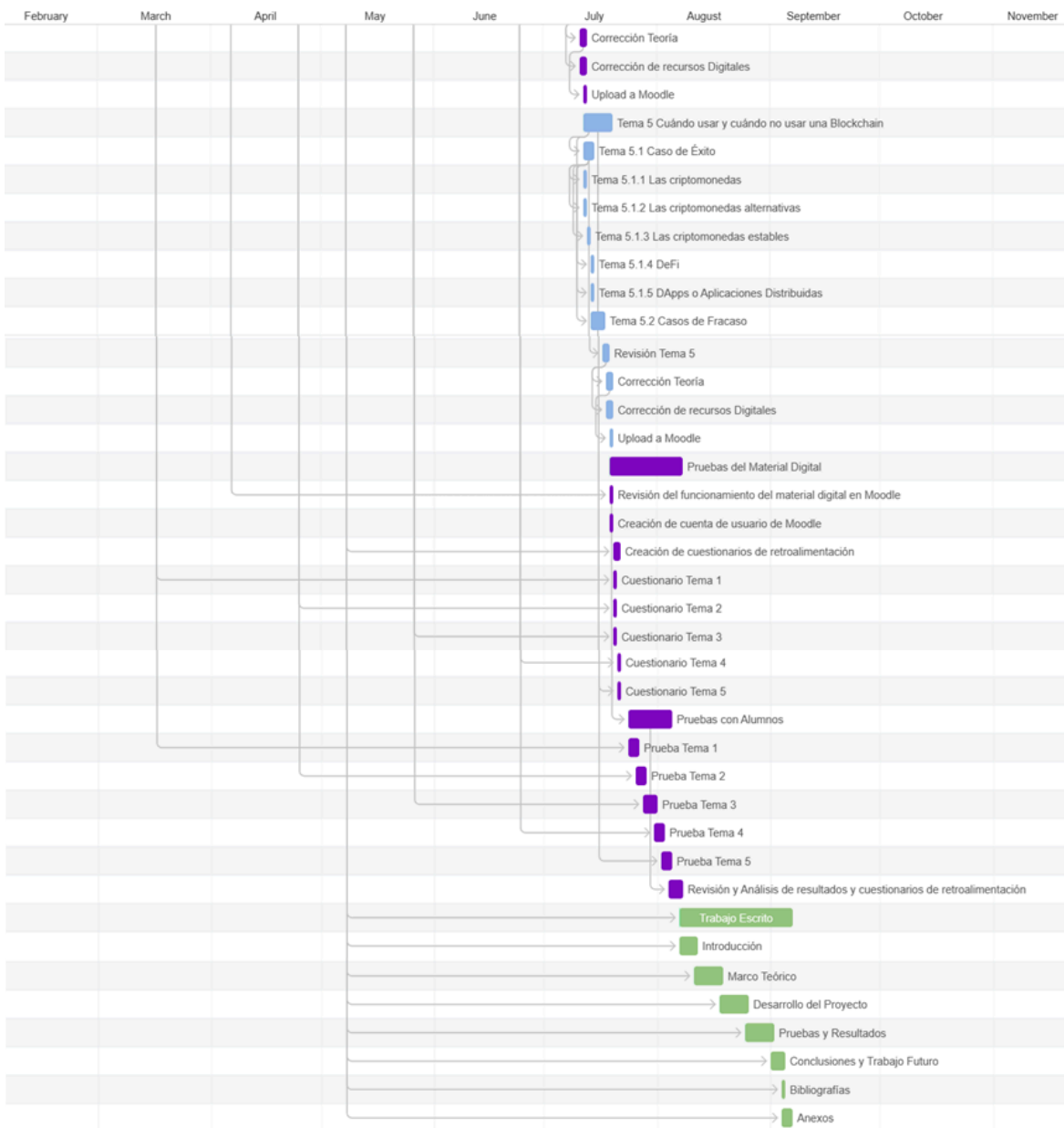


Figura 4.72 Diagrama de Gantt del cronograma de trabajo Parte 3

4.8 Impacto en la Formación y Desarrollo Tecnológico

En esta sección abordamos cuál es el impacto que tendrá la creación de esta nueva asignatura en la formación de los estudiantes así como el impacto que tendrá en las oportunidades de capacitación sobre el profesorado.

Oferta a la Comunidad Estudiantil (ALUMNO – PROFESOR)

La nueva materia propuesta de Fundamentos de *Blockchain* ofrece a la comunidad estudiantil una serie de beneficios tanto para alumnos como profesores enlistados a continuación.

Oferta para estudiantes

- Un conocimiento de lo más actualizado y completo sobre los fundamentos de la tecnología de *Blockchain* como el de ningún otro curso disponible en el mercado.
- Una experiencia práctica en diferentes tipos de *Blockchain* que les permite aplicar los conocimientos adquiridos en la resolución de problemas donde el uso de la tecnología de *Blockchain* es conveniente.
- Mayor preparación y competencia profesional. Como se menciona en un informe realizado por el Foro Económico Mundial en 2022 titulado “6 Formas de evaluar los beneficios de *blockchain*”, las habilidades en tecnología *blockchain* serán cada vez más demandadas en el mercado laboral futuro. Además, otro informe de la consultora Deloitte estima que la demanda de profesionales con conocimientos de *blockchain* crecerá un 45.5% entre 2021 y 2027 (Deloitte, 2022), mientras que otro estudio de la empresa de análisis de datos *Burning Glass Technologies* descubrió que las ofertas de empleo que requieren conocimientos en *blockchain* aumentaron 220% en los últimos 5 años (*Burning Glass Technologies*, 2022).
- Los puntos antes mencionados demuestran que los estudiantes que adquieran los conocimientos de este curso tendrán una ventaja competitiva frente a otros candidatos a empleo ya que las empresas buscan cada vez más profesionales que posean estas habilidades.

Oferta para profesores

- La oportunidad de capacitar al alumnado en una tecnología emergente que tiene un gran potencial de impacto como menciona un informe de la consultora *McKinsey & Company* que encontró que la tecnología *blockchain* tiene el potencial de generar 267,000 millones de dólares en beneficios económicos para las empresas (*McKinsey & Company*, 2022).
- Material didáctico completo y actualizado que facilite la enseñanza de la materia.
- Mayor oferta laboral para profesores en el área de conocimiento de tecnología de Blockchain que posean la capacidad de impartir la materia y que pueden comprender fácilmente el material e implementar sus propias mejoras sobre el curso.

Integración en la plataforma Moodle

Todo el material creado para la nueva materia está integrado en la plataforma Moodle la cual tiene una alta disponibilidad ya que permite que los estudiantes accedan al material completo a través de cualquier dispositivo con conexión a internet y a cualquier horario. Una de las principales razones de elección de esta plataforma es que es la usada de manera oficial por la CUAIED (Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia (CUAIEED), (CUAIEED, 2024) quien es la entidad encargada de la oferta de cursos a distancia y de manera digital.

En cuanto a los beneficios para los profesores, que sus alumnos tengan el material disponible en Moodle, facilita la capacidad para realizar seguimiento del progreso de los estudiantes y permite proporcionarles retroalimentación. Asimismo, provee a los profesores con la capacidad de personalizar el material en la plataforma para satisfacer las necesidades de sus alumnos como, por ejemplo: el poder crear grupos de estudiantes para la realización de prácticas en equipo y fomentar la cooperación, asignar tareas o exámenes personalizados de acuerdo a las áreas de oportunidad de sus alumnos, y crear nuevos ejercicios y exámenes a partir de los bancos de preguntas proporcionados, entre otros.

Capítulo 5

5. Conclusiones y trabajo futuro

En este capítulo se presentan las conclusiones del trabajo presentado así como el trabajo a futuro a realizar para continuar con la mejora de este material, incluyendo el ofrecer el contenido a un grupo real para su posterior evaluación.

El objetivo principal de este proyecto fue el diseñar un curso interactivo, en línea y gratuito, para aprender los principios computacionales de Blockchain.

Dicho curso consta de 5 módulos: Módulo 1: Fundamentos teóricos de *blockchain*; Módulo 2: ¿Qué es *blockchain*?; Módulo 3: Protocolos de consenso; Módulo 4: Aplicaciones y Módulo 5: Cuándo usar y cuándo no usar una *blockchain*.

Fue montado en la plataforma Moodle a través de libros interactivos que incluyen material como videos, presentaciones, textos e imágenes dinámicos, despletables, *slideshows*, *memory cards*, cuadros comparativos, entre otros.

La relevancia y contenido del material fue revisado por los docentes a cargo del proyecto, por alumnos de Ingeniería en Computación de los semestres tercero a décimo y por la DGAPA a través de la revisión del proyecto PAPIME PE103222. Obteniendo retroalimentaciones positivas de todos las personas y organismos mencionados como se describió en la sección 4.6 Evaluaciones con usuarios y mejoras realizadas.

El curso diseñado cumple el doble objetivo de brindar a los alumnos de la Facultad de Ingeniería la posibilidad de tener conocimientos teóricos y prácticos en una de las tecnologías más relevantes del momento por medio de este material.

Esto da pie a que profesionales en el área puedan aprender de manera autónoma usando este contenido o usarlo en la modalidad escolarizada (con un profesor que guíe el aprendizaje en las instalaciones de la facultad) e incluso usarlo en el formato de educación

a distancia (dónde la figura del profesor puede ser un moderador y el alumno puede aprender remotamente a la facultad).

Además de la creación del contenido se propusieron prácticas de programación que apoyen el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura diseñada.

Las prácticas de programación son un elemento clave para la carrera de Ingeniería en Computación, pues en el ramo laboral todo reduce a ello, es por eso que las propuestas fueron diseñadas para ser desafiantes pero alcanzables al representar escenarios modernos de la industria en dónde podría ser aplicada una cadena de bloques, los conceptos y ejercicios propuestos anteriormente.

Se entrega para su realización una máquina virtual con las herramientas necesarias, un documento que incluye los objetivos de la práctica, los materiales (*software* y *hardware*) necesarios, saberes previos y en qué módulo del curso se abordaron, un escenario realista dónde la solución requiere una implementación de *blockchain* y una rúbrica de evaluación que proporciona a los estudiantes una guía clara acerca de lo que se espera de ellos. Todo eso se mostró con detalle en la sección 4.5 Actividades de Programación.

Antes de las prácticas, se proporcionaron ejercicios guiados (documentos guías y videos explicativos) que tienen la función de familiarizar a los estudiantes con el entorno de desarrollo, además de incluir ejercicios prácticos donde el alumno deberá demostrar su conocimiento y comprensión de la funcionalidad de las tecnologías antes mencionadas haciendo modificaciones en cada uno para obtener resultados distintos.

Finalmente se crearon diferentes actividades de evaluación y autoevaluación de los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos.

Específicamente se entregan 4 tipos de evaluación que a continuación se describen.

- **Autoevaluaciones:** Se encuentran al final de cada módulo, son autogestivas y proporcionan al alumno una buena referencia de su nivel de comprensión de los contenidos revisados en el módulo correspondiente.

- **Evaluaciones:** Éstas son autogestivas y con retroalimentación inmediata, se encuentra en la plataforma Moodle, sólo se permite un intento por alumno. Tienen como objetivo validar de manera definitiva el conocimiento de los alumnos.
- **Banco de preguntas:** En caso que el profesor que imparte la materia lo deseé, existe un banco de preguntas por módulo (contiene la pregunta, opciones de respuesta y retroalimentaciones) con el que puede aplicarse un examen presencial o utilizar el compendio de preguntas como parte de una evaluación final.
- **Rúbricas:** Contienen de manera detallada la forma en que se obtienen puntos de acuerdo con los elementos entregados y la funcionalidad para cada práctica. Apoyan la evaluación basándose en los objetivos descritos.

Posteriormente este material fue evaluado para conocer la eficacia del curso en su totalidad para enseñar los principios computacionales de Blockchain.

Los alumnos y profesores considerados para probar y evaluar el contenido, interactividad, secuencia de trabajo y prácticas, lo calificó cualitativamente positivo, como pudo verse en la sección 4.6 Evaluaciones con usuarios y mejoras realizadas.

También se evaluó la utilidad de las prácticas de programación para apoyar el aprendizaje de la *blockchain*. Esto se discutió en la sección 4.6 Evaluaciones con usuarios y mejoras realizadas, donde se muestra en las secciones de satisfacción y opinión que la mayoría de los encuestados había considerado que el impacto en su aprendizaje fue positivo y significativo.

Según el Foro Económico Mundial en 2021, la demanda de las habilidades relacionadas con el diseño, creación e implementación de la tecnología *blockchain* están creciendo rápidamente, por lo que la necesidad de profesionales que tengan habilidades prácticas y teóricas es imperante. De acuerdo con el estudio: *The Effectiveness of Programming Exercises for Learning Complex Concepts* (2022) de la Universidad de California, Berkeley, las prácticas de programación son una herramienta eficaz para apoyar el aprendizaje y se encontró que los estudiantes que completaron las prácticas de programación obtuvieron mejores resultados en las evaluaciones (teórico-prácticas) que aquellos que no las completaron.

Trasladando estos hallazgos al campo laboral, las prácticas de programación son un “ensayo” de las soluciones que un egresado tendrá que rendir, por lo que las propuestas en escenarios reales del material aquí presentado resultan de vital importancia para los alumnos y aquellos que logren resultados satisfactorios tendrán mejores opciones en el ejercicio de su profesión.

Finalmente, se evaluó la eficacia de las actividades de evaluación para medir los conocimientos adquiridos encontrando que la mayoría de los profesores y alumnos encuestados consideran que el material de evaluación es adecuado en complejidad y refleja correctamente el aprendizaje obtenido. Esto se discutió a detalle en la Sección 4.6 Evaluaciones con usuarios y mejoras realizadas

El material (libros interactivos, evaluaciones, ejercicios guiados, UAPAs, prácticas y proyectos), es vigente e innovador para la fecha de la tesis presente, sin embargo, considerando el avance acelerado que ha tenido en los últimos tiempos el campo de la computación, los autores recomendamos que la materia propuesta “Fundamentos de *Blockchain*” debe estar en un proceso de mejoramiento continuo .

Esto se puede hacer al actualizar el contenido del curso para incluir las últimas novedades en la tecnología *blockchain* de manera constante, ya que el desarrollo de esta tecnología es exponencial.

También se deben incluir nuevas prácticas de programación que permitan a los estudiantes explorar diferentes aplicaciones y tecnologías de la blockchain. Para asegurar que el curso siga manteniendo relevancia en el ambiente profesional se necesita un continuo desarrollo de estudiantes competentes y competitivos en el ámbito de Blockchain, preparados para contribuir al desarrollo tecnológico del país, a través del incremento del conocimiento y aplicación de tecnologías emergentes, especialmente en relación con la confianza y transparencia de sistemas.

Otra área que está en constante mejora es la docencia. Por esta razón se deben investigar nuevas formas innovadoras de evaluar los conocimientos adquiridos.

Finalmente se debe fortalecer el enfoque interdisciplinario que la tecnología blockchain ofrece, por medio de más ejemplos y prácticas relacionadas con diversas áreas del

conocimiento, lo que permitirá que este contenido llegue a más personas más allá de los estudiantes o profesionales del área de la Ingeniería en Computación.

Bibliografía

Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*.

Awan, M., & Evans, D. (2017). The impact of blockchain technology on trust and privacy in digital transactions. *Internet Policy Review*, 6(4).

Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation*, 2, 6-10, 71.

Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and smart contracts for the Internet of Things. *IEEE Access*, 4, 2292-2303.

Anderberg, A., Riso, C., Lundell, B., & Lounis, S. (2019). *Blockchain Now And Tomorrow* (EUR 29813). Publications Office of the European Union.

Universia Net. (2019, diciembre 4). *Experto en blockchain: ¿Una profesión de futuro?*

Raikwar, M., Gligoroski, D., & Kravlevska, K. (2019). SoK of Used Cryptography in Blockchain. *IEEE Access*, 7, 148550-148575. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2946983>.

World Economic Forum. (2021). *The future of jobs report 2021*.

World Economic Forum. (2023). *The future of jobs report 2023*.

INEE Red Interagencial para la Educación en Situaciones de Emergencia. (2024). *Procesos de Enseñanza y Aprendizaje*. Recuperado de <https://inee.org/es/eie-glossary/procesos-de-ensenanza-y-aprendizaje>

Dirección de Educación Media Superior, IPN. (2021). *Taller de Diseño y Rediseño de Programas de Estudio para el NMS*. Recuperado de <https://www.ipn.mx/dems/inicio/taller-dis-red.html>

Ministerio de Educación Nacional. (2020). *Plan de estudios*.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). *Tecnologías digitales para un nuevo futuro (LC/TS.2021/43)*. Santiago, Chile.

Da Silva, F., & Núñez, G. (2021). La era de las plataformas digitales y el desarrollo de los mercados de datos en un contexto de libre competencia. *Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/173)*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Dolader Retamal, C., Bel Roig, J., & Muñoz Tapia, J. L. (2023, febrero 11). *La blockchain: Fundamentos, aplicaciones y relación con otras tecnologías disruptivas*. Recuperado de <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/405/DOLADER,%20BEL%20Y%20MU%C3%91OZ.pdf>

IBM Blockchain. (n.d.). *Beneficios de blockchain*. Recuperado de <https://www.ibm.com/es-es/topics/benefits-of-blockchain>

Pastorino, C. P. (2022, mayo 13). Blockchain: Qué es y cómo funciona esta tecnología. *We Live Security*. Recuperado de <https://www.welivesecurity.com/la-es/2022/05/13/blockchain-que-es-como-funciona-y-como-se-esta-usando-en-el-mercado/>

Casino, F., Dasaklis, T. K., & Patsakis, C. (2019). A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. *Telematics and Informatics, 36*, 55-81.

Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2018). *Blockchain technology overview*. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology. Recuperado de <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2018/NIST.IR.8202.pdf> (Consultado: el 7 de junio de 2021).

Abb.com. (n.d.). *Blockchain: Elementos básicos y avanzados*. Recuperado de <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107046A1240&LanguageCode=es&DocumentPartId=&Action=Launch> (Consultado: el 7 de junio de 2021).

International Journal of Scientific Research and Technology. (n.d.). Blockchain Evolution - A Survey Paper. Recuperado de https://www.academia.edu/37082843/Blockchain_Evolution_A_Survey_Paper (Consultado: el 7 de junio de 2021).

Waldman, J. (n.d.). Blockchain Fundamentals. *Microsoft.com*. Recuperado de <https://docs.microsoft.com/en-us/archive/msdn-magazine/2018/march/blockchain-blockchain-fundamentals> (Consultado: el 7 de junio de 2021).

CB Insights. (2021, enero 5). What is blockchain technology? Recuperado de <https://www.cbinsights.com/research/what-is-blockchain-technology/>

López Fuentes, F. de A. (n.d.). *Sistemas Distribuidos*. Uam.mx. Recuperado de http://hermes.cua.uam.mx/libros/archivos/03IXStream_sistemas_distribuidos.pdf (Consultado: el 7 de junio de 2021).

Tecnologias-informacion.com. (n.d.). *Bases de Datos Distribuidas: Popularidad, Uso y Tipos*. Recuperado de <https://www.tecnologias-informacion.com/distribuidas.html> (Consultado: el 7 de junio de 2021).

Kunz Arrache, G. (1998). *Administrador de Bases de Datos Distribuidas* (Tesis de maestría, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey). Recuperado de <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/628096> (Consultado: el 7 de junio de 2021).

Menezes, A. J., van Oorschot, P. C., & Vanstone, S. A. (1997). *Handbook of Applied Cryptography*. CRC Press.

Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., & Goldfeder, S. (2016). *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction*. Princeton University Press.

Maldonado, J. (n.d.). Protocolos de Consenso - Pilar en la Seguridad de Blockchain. Recuperado de <https://www.bitcobie.com/protocolos-de-consenso-pilar-en-la-seguridad-blockchain/>

Learn, B. (2020, diciembre 8). Explained: What is proof of Work (PoW) in blockchain? *Bybit Learn*. Recuperado de

<https://learn.bybit.com/blockchain/what-is-proof-of-work-in-blockchain/> (Consultado: el 14 de junio de 2021).

Criptomonedaz.com. (n.d.). Proof of Work y Proof of Stake: ¿Cuáles Son Las Diferencias? Recuperado de <https://criptomonedaz.com/proof-of-work-vs-proof-of-stake/> (Consultado: el 15 de junio de 2021).

Lindsey, N. (n.d.). Proof of Stake (PoS): What is it and how does it work? *Blocklr.com*. Recuperado de <https://blocklr.com/guides/proof-of-stake-pos/> (Consultado: el 15 de junio de 2021).

Rhodes, D. (n.d.). What is delegated Proof of Stake? An overview of DPoS blockchains. *Komodo Platform Blog*. Recuperado de <https://komodoplatform.com/en/blog/delegated-proof-of-stake/> (Consultado: el 15 de junio de 2021).

Insidecryptocoins.com. (n.d.). What is Proof of Authority (PoA)? Recuperado de <https://www.insidecryptocoins.com/what-is-proof-of-authority-poa/> (Consultado: el 15 de junio de 2021).

Bit2Me Academy. (n.d.). ¿Qué es PoA (Proof of Authority - Prueba de Autoridad)? *Bit2me.com*. Recuperado de <https://academy.bit2me.com/que-es-proof-of-authority-poa/> (Consultado: el 15 de junio de 2021).

Crushcrypto.com. (n.d.). What is practical byzantine fault tolerance (pBFT)? - Crush Crypto. Recuperado de <https://crushcrypto.com/what-is-practical-byzantine-fault-tolerance/> (Consultado: el 21 de junio de 2021).

Malviya, H. (n.d.). Practical byzantine fault tolerance algorithm (PBFT Consensus). *Itsblockchain.com*. Recuperado de <https://itsblockchain.com/practical-byzantine-fault-tolerance-algorithm-pbft-consensus/> (Consultado: el 21 de junio de 2021).

Github.io. (n.d.). Raft Consensus Algorithm. Recuperado de <https://raft.github.io/> (Consultado: el 12 de julio de 2021).

GeeksforGeeks.org. (n.d.). Raft Consensus Algorithm - GeeksforGeeks. Recuperado de <https://www.geeksforgeeks.org/raft-consensus-algorithm/> (Consultado: el 12 de julio de 2021).

Webopedia.com. (n.d.). Raft Consensus Algorithm. Recuperado de <https://www.webopedia.com/definiciones/raft-consensus-algorithm/> (Consultado: el 12 de julio de 2021).

Preukschat, A. (n.d.). Ethereum es Turing completo ¿y eso qué es? *elEconomista*. Recuperado de <https://www.eleconomista.es/economia/noticias/8817210/12/17/Ethereum-es-Turing-completo-y-eso-que-es.html> (Consultado: el 21 de octubre de 2021).

BBVA. (n.d.). Qué son los 'smart contracts' o contratos inteligentes. *BBVA*. Recuperado de <https://www.bbva.com/es/smart-contracts-los-contratos-basados-blockchain-no-necesitan-abogados/> (Consultado: el 21 de octubre de 2021).

Github.com. (n.d.). *Solidity: Solidity, the Smart Contract Programming Language*. Recuperado de <https://github.com/ethereum/solidity> (Consultado: el 21 de octubre de 2021).

Soliditylang.org. (n.d.). *Introduction to Smart Contracts — Solidity 0.8.10 documentation*. Recuperado de <https://docs.soliditylang.org/en/latest/introduction-to-smart-contracts.html> (Consultado: el 21 de octubre de 2021).

Attachmate.com. (n.d.). *PKI y certificados*. Recuperado de https://www.attachmate.com/es-es/documentation/reflection-desktop-v16/rdesktop-guide/data/t_1339.htm (Consultado: el 8 de junio de 2021).

Sabolansky, A. J. (2010). *Utilizando Software Libre para un servicio de Sellado Digital de Tiempo* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional De La Plata, Facultad de Ingeniería). Recuperado de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/4025/Tesis_.pdf?sequence=3

Mougayar, W. (2016). *The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology*. John Wiley & Sons.

Swan, M. (2015). *Blockchain: Blueprint for a New Economy*. O'Reilly Media.

Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain revolution: How the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world*. Penguin.

Iansiti, M., & Lakhani, K. R. (2017). The Truth About Blockchain. *Harvard Business Review*.

Mettler, M. (2016). Blockchain technology in healthcare: The revolution starts here. En *2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom)* (pp. 1-3). IEEE.

Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016). Where Is Current Research on Blockchain?: A Systematic Review. *PloS One, 11*(10), e0163477.

Clift, P. (2017). Blockchain in education: A critical review. *Journal of Interactive Media in Education, 2017*(1), 2.

Chen, M., Xu, L., Lu, Y., & Shancang, L. (2018). Blockchain-based carbon emission management in smart cities. *IEEE Transactions on Industrial Informatics, 14*, 5857-5865.

Antonopoulos, A. M. (2014). *Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Cryptocurrencies*. O'Reilly Media, Inc.

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., Chen, W., & Wang, H. (2017). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International Journal of Web and Grid Services, 13*(4), 352-375.

Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). *Active learning: Creating excitement in the classroom (ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1)*. George Washington University.

Ausubel, D. P. (1963). *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. Grune & Stratton.

Tomlinson, C. A. (2001). *How to differentiate instruction in mixed-ability classrooms* (2nd ed.). Association for Supervision and Curriculum Development.

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93*(3), 223–231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77*(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>

Novak, J. D. (2010). *Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations**. Routledge.

Bates, A. W. (2015). *Teaching in a Digital Age**. Tony Bates Associates Ltd.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning** (2nd ed.). Cambridge University Press.

Anderson, T. (2003). Getting the mix right again: An updated and theoretical rationale for interaction. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning**.

Clark, R. E. (2013). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning**. Wiley.

Guo, P. J., Kim, J., & Rubin, R. (2014). How video production affects student engagement: An empirical study of MOOC videos. *Proceedings of the First ACM Conference on Learning at Scale**.

Pellegrino, J. W., Chudowsky, N., & Glaser, R. (Eds.). (2001). *Knowing what students know: The science and design of educational assessment**. National Academies Press.

Brookhart, S. M. (2013). *Assessing creativity. Educational Leadership**.

Casey, M. J., & Vigna, P. (2018). *The truth machine: The blockchain and the future of everything**. St. Martin's Press.

Coursera. (2024). Desarrolle habilidades esenciales para la cadena de bloques. Coursera Inc. <https://www.coursera.org/courses?query=blockchain>

edX. (2024). Blockchain Courses. edX LLC. <https://www.edx.org/search?q=Blockchain>

Levy, G. (2024). Blockchain and Bitcoin Fundamentals. Udemy, Inc. https://www.udemy.com/course/blockchain-and-bitcoin-fundamentals/?matchtype=b&mclick_id=c3ed62a6af3e18bb6c1507021b2efd6a&utm_campaign=BG-LongTail_la.EN_cc.ROW&utm_content=deal4584&utm_medium=udemyads&utm_source=bing&utm_term=._.ag_1212761738273301._.ad._.kw_%2BBlockchain+%2BTraining._.de_c._.dm._.pl._.ti_kwd-75797921146734._.li_144402._.pd._.

Fundación Carlos Slim. (2021). Capacítate para el empleo ofrece el curso Fundamentos de blockchain. <https://fundacioncarlosslim.org/capacitate-para-ele-empleo-ofrece-el-curso-fundamentos-de-blockchain/>

H5P Group. (2024). Developer Guide. H5P. <https://h5p.org/library-development>

B@UNAM. (2024). Unidades de apoyo para el aprendizaje de nivel medio superior. CUAIEED. <https://uapas.bunam.unam.mx/>

CUAIEED. (2024). Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia. UNAM. <https://cuaieed.unam.mx/>

Anexo A.

Material creado

El material creado completo puede verse en el siguiente repositorio:

https://drive.google.com/drive/folders/1TIdBsv2AJ8MBGO80qbR72WPeJNm5LNfT?usp=drive_link

El material dentro de la plataforma Moodle puede verse en:

Curso del Departamento de Computación FI - UNAM: Log in to the site:
<http://45.33.120.30/moodle/login/index.php>

Para acceder a Moodle es necesario solicitar las credenciales correspondientes a los creadores del mismo.