

# Universidad Siglo 21



**Trabajo Final de Grado. Prototipado Tecnológico**

**Carrera:** Licenciatura en informática

Blockchain para garantizar la Autenticidad de Certificados Académicos

**Autor:** Daniel Ricardo Diaz Quiroga

**Legajo:** VINF04162

Buenos Aires, noviembre de 2023

## Índice

|  |    |
|--|----|
| Índice .....   | 1  |
| Índice de imágenes.....                                    | 2  |
| Índice de tablas.....                                      | 2  |
| Resumen.....   | 4  |
| Abstract.....  | 5  |
| Título.....  | 6  |
| Introducción.....  | 6  |
| Antecedentes .....   | 6  |
| Descripción del Área Problemática.....                     | 7  |
| Justificación.....   | 7  |
| Objetivo General del Proyecto .....                        | 8  |
| Objetivos Específicos del Proyecto .....                   | 8  |
| Marco Teórico Referencial .....                            | 8  |
| Dominio del Problema.....                                  | 8  |
| TIC (Tecnología de la Información y la Comunicación) ..... | 9  |
| Competencias.....  | 10 |
| Diseño Metodológico .....                                  | 10 |
| Herramientas Metodológicas .....                           | 10 |
| Herramientas de Desarrollo .....                           | 11 |
| Recolección de Datos.....                                  | 11 |
| Planificación del Proyecto .....                           | 12 |
| Relevamiento.....  | 13 |
| Relevamiento Estructural.....                              | 13 |
| Relevamiento Funcional.....                                | 14 |
| Proceso de Negocios .....                                  | 17 |
| Diagnóstico y Propuesta.....                               | 17 |
| Diagnóstico .....  | 17 |
| Propuesta .....  | 18 |
| Objetivos, Límites y Alcance del Prototipo .....           | 18 |
| Objetivo del Prototipo .....                               | 18 |
| Limites.....   | 19 |
| Alcances .....   | 19 |

|  |    |
|--|----|
| Descripción del Sistema .....              | 19 |
| Product Backlog.....                       | 19 |
| Historias de Usuario.....                  | 21 |
| Sprint Backlog .....                       | 28 |
| Estructura de Datos.....                   | 30 |
| Prototipos de Interfaces de Pantallas..... | 32 |
| Diagrama de Arquitectura .....             | 35 |
| Seguridad .....                            | 36 |
| Acceso a la aplicación .....               | 36 |
| Política de Respaldo de Datos .....        | 36 |
| Análisis de Costos .....                   | 38 |
| Análisis de Riesgos .....                  | 40 |
| Conclusiones.....                          | 42 |
| Demo.....                                  | 43 |
| Referencias.....                           | 43 |

### Índice de imágenes

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 1: Diagrama Gantt .....  | 12 |
| Ilustración 2: Organigrama de la Universidad .....                                     | 14 |
| Ilustración 3: Flujograma proceso de Certificación del Diploma y Certificado Analítico | 17 |
| Ilustración 4: Diagrama de Clases.....   | 30 |
| Ilustración 5: Diagrama de Entidad Relación .....                                      | 31 |
| Ilustración 6: Prototipo pantalla acceso.....  | 32 |
| Ilustración 7: Prototipo pantalla registro nuevo usuario .....                         | 33 |
| Ilustración 8: Prototipo pantalla solicitud nuevo certificado .....                    | 34 |
| Ilustración 9: Prototipo pantalla listados de certificados.....                        | 34 |
| Ilustración 10: Diagrama Arquitectura.....   | 35 |

### Índice de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: Ventajas y desventajas de estas plataformas..... | 10 |
| Tabla 2: Actividades del proyecto.....                    | 13 |
| Tabla 3: Product Backlog.....                             | 19 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Tabla 4:  | Listado tareas del primer sprint ..... | 29 |
| Tabla 5:  | Costo de Recursos Humanos .....        | 38 |
| Tabla 6:  | Costos de Software .....               | 39 |
| Tabla 7:  | Costos de Hardware .....               | 39 |
| Tabla 8:  | Resumen de Costos.....                 | 40 |
| Tabla 9:  | Análisis de Riesgos .....              | 40 |
| Tabla 10: | Plan de Contingencia .....             | 41 |

## Resumen

Este proyecto abordó problemas arraigados en la integridad de los certificados académicos en Argentina. A través de la tecnología Blockchain y tokens no fungibles utilizando la red Polygon, se logró una modernización exitosa del proceso de emisión y verificación de certificados académicos. Se llevó a cabo un análisis de las tecnologías Blockchain, la evaluación de las deficiencias del sistema tradicional y el diseño de una sólida arquitectura web, lo que permitió alcanzar los objetivos del proyecto. Un prototipo funcional del sistema web garantizó la integridad y seguridad de los certificados, brindando transparencia y confianza a las partes interesadas. Este prototipo utilizó la red pública Polygon para generar los contratos inteligentes necesarios. Este enfoque innovador beneficia a estudiantes, instituciones educativas, empresas y la sociedad en general al facilitar la validación rápida y precisa de credenciales académicas. Finalmente, este proyecto demuestra el poder de la tecnología Blockchain en la modernización de procesos educativos y la garantía de la autenticidad, abordando problemas arraigados en el ámbito académico de manera exitosa.

Palabras clave: Blockchain, Certificados, Modernización, Integridad, Validación.

## **Abstract**

This project addressed rooted issues in the integrity of academic certificates in Argentina. Through Blockchain technology and non-fungible tokens using the Polygon network, a successful modernization of the process of issuing and verifying academic certificates was achieved. An analysis of Blockchain technologies was carried out, evaluating deficiencies in the traditional system, and the design of a robust web architecture, which allowed the project's objectives to be met. A functional prototype of the web system ensured the integrity and security of certificates, providing transparency and confidence to stakeholders. This prototype utilized the Polygon public network to generate the necessary smart contracts. This innovative approach benefits students, educational institutions, businesses, and society at large by facilitating rapid and accurate validation of academic credentials. Finally, this project demonstrates the power of Blockchain technology in the modernization of educational processes and the assurance of authenticity, successfully addressing deep-seated issues in the academic field.

Keywords: Blockchain, Certificates, Modernization, Integrity, Validation

## **Título**

Blockchain para garantizar la Autenticidad de Certificados Académicos

### **Introducción**

En el presente trabajo final de grado, se centró en la conceptualización y desarrollo de un proyecto de prototipado tecnológico en el contexto argentino, donde el proceso de emisión y certificación de títulos universitarios se digitalizó utilizando el Sistema Informático de Diplomas y Certificaciones (SIDCer) desde el año 2018.

El proyecto fue llevado a cabo con el propósito de diseñar e implementar un sistema Blockchain (cadena de bloques) especializado para la emisión y administración de certificados académicos, aprovechando la red Polygon como plataforma de soporte. Esta iniciativa buscaba mejorar la forma en que se generaban y gestionaban los certificados, garantizando su autenticidad, aportando innovación al ámbito educativo y tecnológico.

#### *Antecedentes*

En 2008, el proyecto Bitcoin introdujo la primera moneda digital, lo que marcó el inicio de una nueva era en las transacciones económicas. En aquel momento, este sistema se basaba en tecnologías como redes peer-to-peer (P2P) y técnicas criptográficas avanzadas para garantizar su seguridad.

Con el tiempo, la tecnología subyacente, conocida como Blockchain (cadena de bloques), ha experimentado una evolución acelerada. Además de su uso inicial para respaldar Bitcoin, se han explorado el uso en diferentes aplicaciones más allá del ámbito financiero.

La evolución en la generación de títulos académicos ha experimentado un cambio significativo a lo largo de los años, pasando de un sistema basado en papel a uno más digitalizado. La implementación de tecnologías como Blockchain (cadena de bloques) ha contribuido a mejorar la autenticidad, seguridad y accesibilidad de estos títulos.

### *Descripción del Área Problemática*

A pesar de la digitalización del proceso de emisión de diplomas y títulos universitarios en Argentina mediante SIDCer, persistió una problemática arraigada en la integridad de los datos. Los títulos, en su trámite, pasaron por diversas entidades, generando vulnerabilidades en cuanto a su autenticidad y posibilidad de falsificación. La necesidad de legalización y certificación de copias demostró la falta de un mecanismo infalible para garantizar la autenticidad y seguridad en la circulación de estos documentos.

Este proyecto buscó abordar esta problemática aplicando innovaciones tecnológicas y aprovechando las ventajas de la tecnología Blockchain (cadena de bloques) y Smart Contracts (contratos inteligentes), para crear un sistema que asegurara la autenticidad y singularidad de los certificados académicos. Los avances en esta dirección incluyeron la utilización de Smart Contracts (contratos inteligentes) y tokens no fungibles (NFT) que se utilizaron para lograr certificaciones únicas y seguras, contribuyendo así a la evolución del proceso de certificación académica en la era digital.

### **Justificación**

El proyecto surgió como respuesta a la necesidad de modernizar y asegurar la autenticidad de los certificados académicos en un entorno digital. El sistema propuesto se basó en la tecnología Blockchain (cadena de bloques), una solución innovadora que abordó la problemática existente al garantizar la veracidad de los conocimientos adquiridos por los alumnos.

La tecnología Blockchain (cadena de bloques) ofreció un beneficio clave al asegurar que los documentos académicos no pudieran ser alterados, estableciendo así la integridad y confiabilidad de la información. La principal característica fue la autenticidad, reconociendo que los métodos tradicionales enfrentaban desafíos de falsificación.

Además de la inalterabilidad de los documentos, la tecnología Blockchain (cadena de bloques) proporcionó transparencia en todo el proceso digital, permitiendo a las partes interesadas verificar y rastrear la emisión y validación de certificados de manera

confiable. La auditabilidad del proceso fue otro beneficio significativo, ya que brindó una capa adicional de confianza al asegurar que cada certificado había pasado por un proceso seguro y legítimo.

Este enfoque innovador no solo benefició a los estudiantes y las instituciones educativas, sino también a las empresas y la sociedad en general. Facilitó la validación rápida y precisa de credenciales académicas, mediante la aplicación efectiva de la tecnología Blockchain (cadena de bloques) en el ámbito educativo.

### **Objetivo General del Proyecto**

Modernizar el proceso de emisión de certificados académicos, garantizar su autenticidad mediante contratos inteligentes innovadores y tokens no fungibles utilizando la red Polygon busca transformar la gestión de certificaciones académicas, mejorando la eficiencia y reduciendo costos y tiempos en comparación con los sistemas tradicionales.

### **Objetivos Específicos del Proyecto**

- Investigar las tecnologías Blockchain y sus aplicaciones en la emisión de certificados académicos.
- Analizar el proceso actual de emisión de certificados académicos y sus desafíos.
- Diseñar la arquitectura del sistema web basado en Blockchain.
- Desarrollar y probar el prototipo del sistema web.
- Evaluar la viabilidad y eficacia del sistema web.

### **Marco Teórico Referencial**

#### *Dominio del Problema*

La problemática relacionada con la autenticidad de los títulos universitarios y la necesidad de transformar los procedimientos tradicionales de generación y gestión de certificados académicos hacia soluciones más eficientes y seguras ha sido ampliamente

reconocida en investigaciones previas. Varios autores han abordado esta problemática y han aportado perspectivas significativas.

Smith (2019) enfatizó los desafíos relacionados con la autenticidad y seguridad de los certificados convencionales, lo que ha motivado la exploración de tecnologías innovadoras como la Blockchain. Además, Johnson (2020) destacó la creciente importancia de abordar estas preocupaciones en el contexto educativo actual.

La tecnología Blockchain se ha destacado por su capacidad para garantizar la unicidad y autenticidad en diversos campos. En el contexto específico de la generación de certificados académicos, se ha reconocido su potencial disruptivo al proporcionar un libro de contabilidad digital descentralizado, inmutable y distribuido que registra transacciones de manera segura y transparente.

El proyecto se basó en el uso de Smart Contracts y tokens no fungibles. Los Smart Contracts son programas autoejecutables con términos y condiciones predefinidos que brindan automatización y transparencia en las interacciones digitales. Esta perspectiva fue respaldada por la investigación de García (2018), quien subrayó la eficacia de los Smart Contracts en la gestión de procesos automatizados.

Por otro lado, los tokens no fungibles son representaciones digitales únicas e indivisibles respaldadas por Blockchain. Estos elementos teóricos fueron esenciales para el desarrollo del sistema propuesto, ya que los NFTs garantizarían la unicidad y autenticidad de cada certificado, como señaló Torres (2021) en su análisis de las aplicaciones de NFT en el ámbito educativo.

#### *TIC (Tecnología de la Información y la Comunicación)*

En el ámbito de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), se ha elegido MariaDB como la base de datos principal para almacenar la información del sistema. Además, se ha optado por utilizar el lenguaje de programación Python como la herramienta principal para el desarrollo de la plataforma web, y se ha empleado el framework Flask para la construcción del entorno web. También se ha decidido aprovechar la red Polygon para llevar a cabo las transacciones de Smart Contracts, dada su escalabilidad, eficiencia y bajo costo.

### *Competencias*

En el ámbito de la competencia, se identificaron dos plataformas en el mercado que permiten la aplicación de Blockchain para la creación de Smart Contracts. A continuación, se presenta una tabla que muestra las ventajas y desventajas de estas plataformas según los parámetros que se deben medir:

Tabla 1: Ventajas y desventajas de estas plataformas.

| Plataforma | Ventajas  | Desventajas   |
|------------|---|---|
| Credly     | Amplio respaldo por parte de Pearson.                     | Es utilizado en el ámbito corporativo.                            |
| Blockcerts | Estándar abierto para credenciales basadas en blockchain. | Alto costo en las transacciones debido al uso de la red Ethereum. |

Fuente: Elaboración propia

Es importante tener en cuenta que este análisis proporciona una visión general de las ventajas y desventajas de cada plataforma.

## **Diseño Metodológico**

### *Herramientas Metodológicas*

En el marco del proyecto, adoptamos una metodología ágil basada en Scrum, una metodología ampliamente reconocida y utilizada por diversas empresas. Scrum fue nuestra elección debido a su enfoque iterativo e incremental, que nos permitió adaptarnos de manera flexible a los cambios en los requisitos del proyecto.

Para explicar conceptualmente la aplicación de metodologías ágiles, es importante destacar que estas metodologías se centran en la colaboración, la adaptación continua y la entrega incremental de resultados. En el caso de Scrum, se divide el trabajo en ciclos llamados sprints, que suelen tener una duración de dos a cuatro semanas. En cada sprint, el equipo de trabajo se enfoca en un conjunto específico de tareas y objetivos, lo que permite una atención concentrada y una entrega más rápida de resultados. Al final de

cada sprint, se revisa el trabajo realizado y se ajusta la planificación en función de los cambios en los requisitos o las necesidades del proyecto. Este enfoque iterativo y flexible facilita la respuesta a los cambios de manera eficaz y garantiza que el proyecto esté alineado con las necesidades del cliente o del mercado.

La metodología ágil promueve la comunicación constante entre los miembros del equipo, la colaboración estrecha con los stakeholders y la priorización de las tareas más importantes. Además, fomenta la transparencia y la responsabilidad, ya que se realizan reuniones regulares de seguimiento y se mantiene un tablero de tareas visible para todos los miembros del equipo.

### *Herramientas de Desarrollo*

En términos de herramientas, se emplearon tecnologías modernas y eficaces. Para el desarrollo de la plataforma web, se utilizó el lenguaje de programación Python y Flask como framework web. La elección se basó en la amplia comunidad que tienen ambos proyectos.

Python es un lenguaje de programación ampliamente utilizado en el desarrollo debido a su facilidad de uso y a su gran cantidad de bibliotecas disponibles. Además, Flask es un framework web que proporciona una estructura sólida y eficiente para la creación de aplicaciones web.

En cuanto a la base de datos, se seleccionó cuidadosamente teniendo en cuenta la necesidad de almacenar toda la información generada por el sistema de manera segura y accesible. Por este motivo se seleccionó MariaDB como base de datos central del sistema.

En particular, para la gestión de Smart Contracts (contratos inteligentes) y tokens no fungibles (NFTs) en la red Polygon, se emplearon las herramientas proporcionadas por esta red.

### *Recolección de Datos*

Para la recolección de datos esenciales, se utilizaron diversas técnicas de relevamiento. En primer lugar, se llevaron a cabo entrevistas con expertos en certificación académica y representantes de instituciones educativas. Estas entrevistas



Tabla 2: Actividades del proyecto

| #  | NAME                              | ASSIGNEE            | STATUS   | START DATE | DUE DATE   |
|----|-----------------------------------|---------------------|----------|------------|------------|
| 1  | Título                            | Daniel Diaz Quiroga | COMPLETE | 8/8/23     | 8/9/23     |
| 2  | Introducción                      | Daniel Diaz Quiroga | COMPLETE | 8/10/23    | 8/13/23    |
| 3  | Justificación                     | Daniel Diaz Quiroga | COMPLETE | 8/14/23    | 8/18/23    |
| 4  | Objetivo General del Proyecto     | Daniel Diaz Quiroga | COMPLETE | 8/19/23    | 8/21/23    |
| 5  | Objetivos Específicos del Proy... | Daniel Diaz Quiroga | COMPLETE | 8/22/23    | 8/25/23    |
| 6  | Marco Teórico Referencial         | Daniel Diaz Quiroga | COMPLETE | 8/26/23    | 8/30/23    |
| 7  | Diseño Metodológico               | Daniel Diaz Quiroga | COMPLETE | 8/31/23    | 9/6/23     |
| 8  | Relevamiento                      | Daniel Diaz Quiroga | COMPLETE | 9/7/23     | 9/11/23    |
| 9  | Proceso de Negocios               | Daniel Diaz Quiroga | COMPLETE | 9/12/23    | 9/18/23    |
| 10 | Diagnóstico y Propuesta           | Daniel Diaz Quiroga | COMPLETE | 9/20/23    | 9/28/23    |
| 11 | Objetivo, Límites y Alcances d... | Daniel Diaz Quiroga | COMPLETE | 9/28/23    | 10/5/23    |
| 12 | Descripción del Sistema           | Daniel Diaz Quiroga | COMPLETE | 10/4/23    | 10/7/23    |
| 13 | Seguridad                         | Daniel Diaz Quiroga | TO DO    | 10/9/23    | 10/14/23   |
| 14 | Análisis de Costos                | Daniel Diaz Quiroga | TO DO    | 10/13/23   | 10/15/23   |
| 15 | Análisis de Riesgos               | Daniel Diaz Quiroga | TO DO    | 10/16/23   | 10/17/23   |
| 16 | Conclusiones                      | Daniel Diaz Quiroga | TO DO    | 10/18/23   | 3 days ago |
| 17 | Anexos                            | Daniel Diaz Quiroga | TO DO    | 5 days ago | 2 days ago |
| 18 | Resumen / Abstract                | Daniel Diaz Quiroga | TO DO    | 3 days ago | Yesterday  |
| 19 | Portada                           | Daniel Diaz Quiroga | TO DO    | Tomorrow   | Thursday   |
| 20 | Índice                            | Daniel Diaz Quiroga | TO DO    | Saturday   | 11/8/23    |
| 21 | Referencias                       | Daniel Diaz Quiroga | TO DO    | 11/8/23    | 11/13/23   |
| 22 | Codificación del Prototipo        | Daniel Diaz Quiroga | TO DO    | 8/13/23    | 11/18/23   |
| 23 | Demo                              | Daniel Diaz Quiroga | TO DO    | 11/19/23   | 11/19/23   |

Fuente: Elaboración propia

## Relevamiento

En la actualidad en Argentina, la legalización de los títulos universitarios se realiza de forma completamente digital mediante el Sistema Informático de Diplomas y Certificaciones (SIDCER). Aunque el proceso se lleva a cabo de manera electrónica, es importante destacar que, actualmente, no se puede compartir el certificado de manera digital con un sistema que garantice la inmutabilidad de este.

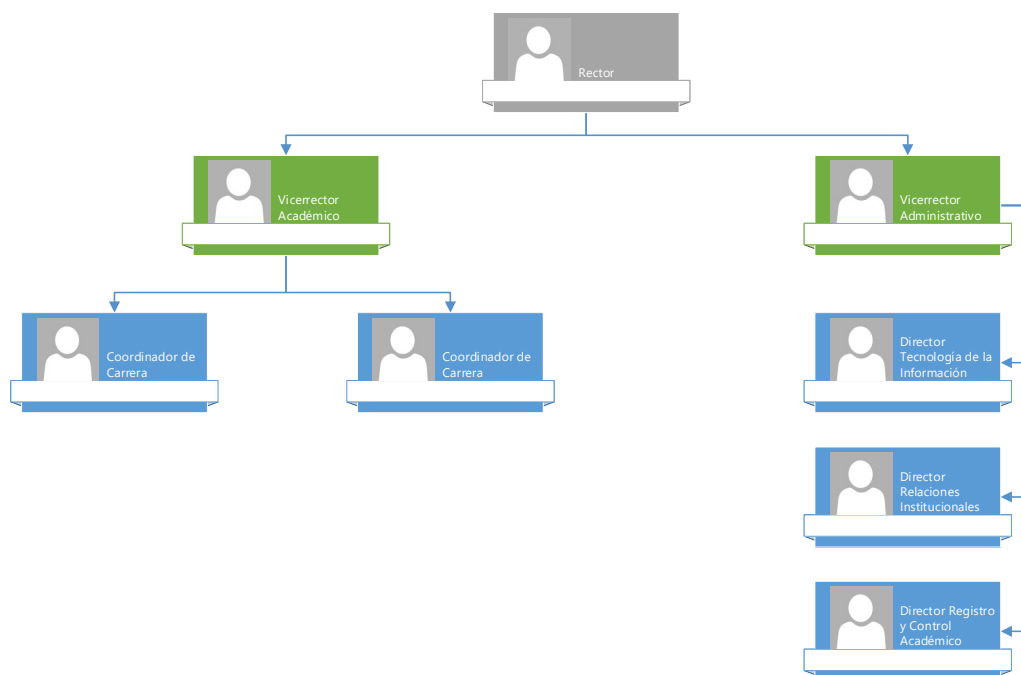
### *Relevamiento Estructural*

Se toma como ejemplo, la Universidad Católica Argentina (UCA) que dispone una amplia gama de títulos académicos en diversas áreas del conocimiento. La obtención de estos títulos implica completar con éxito un programa de estudios y cumplir con todos los requisitos académicos establecidos por la institución.

### *Relevamiento Funcional*

En este punto, presentaremos la estructura jerárquica de la Universidad en forma de organigrama, describiremos las funciones de las áreas involucradas en el proyecto de emisión de certificados académicos basados en Blockchain y realizaremos un relevamiento de los procesos intervinientes en estas áreas que impactan en el trabajo.

Ilustración 2: Organigrama de la Universidad



Fuente: Elaboración propia

**Tecnología de la Información (TI):** Encargada de desarrollar y mantener los sistemas informáticos de la universidad.

**Registro y Control Académico:** Responsable de verificar y validar la historia académica de los alumnos, emitir títulos y gestionar la información en la Blockchain.

**Coordinadores de Carrera:** Participan en el proceso de validación académica de los alumnos y en la generación de certificados.

**Relaciones Institucionales:** Encargada de establecer relaciones con otras instituciones educativas y colaborar en la validación de certificados.

Proceso: Gestión de Documentación Universitaria para Apostillar

Roles:

- Solicitante (Institución Universitaria)
- Departamento de Certificación de Títulos de la DNGU

Pasos:

1. Solicitud Inicial:

- La universidad remite la solicitud al Departamento de Certificación de Títulos.

2. Validación y Observaciones:

- El Departamento de Certificación de Títulos revisa la solicitud.
- En caso de inconsistencias, se devuelve a la universidad para correcciones.

3. Certificación del Trámite:

- Una vez validada, el trámite se certifica y se devuelve a la universidad para su entrega al solicitante.

Proceso: Certificación del Diploma y Certificado Analítico Final

Roles:

- Institución Universitaria
- Departamento de Certificación de Títulos de la DNGU

Pasos:

1. Solicitud Electrónica:

- La universidad envía la solicitud digital al Departamento de Certificación de Títulos.

## 2. Revisión y Observaciones:

- El Departamento de Certificación de Títulos revisa la solicitud electrónica.
- Si hay discrepancias, se devuelve a la universidad para correcciones.

## 3. Certificación y Entrega:

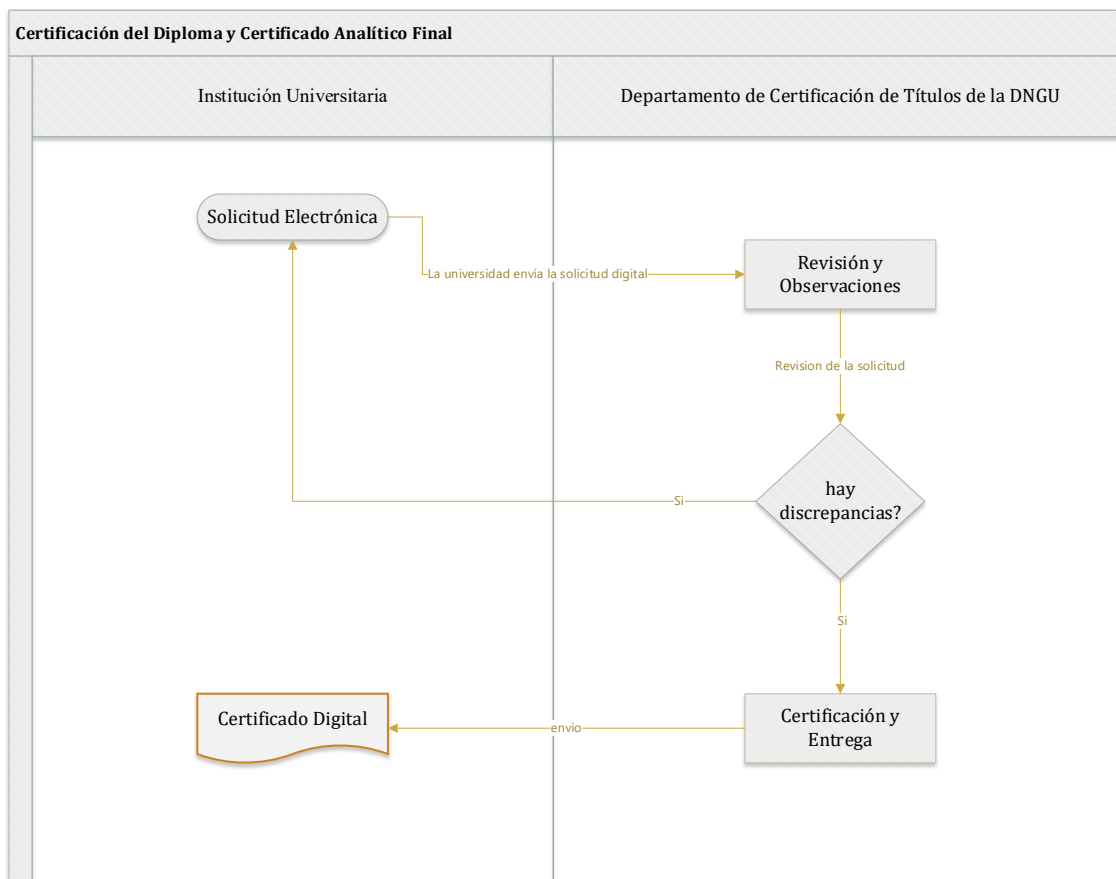
- Una vez validado, el trámite se certifica y se devuelve a la universidad para ser entregado al interesado/a.

Este relevamiento funcional presenta una visión más detallada del sistema de certificación digital actualmente utilizado en la Argentina.

## Proceso de Negocios

Basado en el relevamiento funcional se desarrolla el diagrama de flujo sobre el proceso de Certificación del Diploma y Certificado Analítico Final. El mismo incluye los dos actores principales actuales.

Ilustración 3: Flujograma proceso de Certificación del Diploma y Certificado Analítico



Fuente: Elaboración propia

## Diagnóstico y Propuesta

### *Diagnóstico*

En este proyecto, se han abordado los problemas identificados en los procesos actuales, tal como se describieron en el relevamiento funcional. Los dos principales problemas en los procesos actuales son en la falsificación de certificados y la validación en la autenticidad de estos.

### *Propuesta*

Para abordar estos problemas, se propone la implementación del sistema de blockchain centrado en la emisión y gestión de certificados académicos respaldados por la red Polygon. Aquí está la descripción de cómo este proyecto puede resolver los problemas identificados:

#### Solución 1: Falsificación de Certificados

- *Acción:* La implementación de contratos inteligentes y tokens NFT 721 en la red Polygon garantizará la unicidad y autenticidad de cada certificado académico emitido.
- *Beneficio:* Esto eliminará la posibilidad de falsificación y garantizará la integridad de los certificados académicos.

#### Solución 2: Validación de Autenticidad de Certificados

- *Acción:* El sistema permitirá a las instituciones educativas y empleadores verificar la autenticidad de los certificados de manera rápida y sencilla, consultando la información almacenada en la Blockchain (cadena de bloques) a través del sistema web.
- *Beneficio:* Esto simplificará y acelerará el proceso de verificación de la autenticidad de los certificados, beneficiando a las instituciones educativas y a quienes contratan a graduados.

## **Objetivos, Límites y Alcance del Prototipo**

### *Objetivo del Prototipo*

Desarrollar una plataforma web que automatice la emisión y gestión de certificados académicos mediante Smart Contracts en la red Polygon, garantizando la autenticidad, eliminando la falsificación y agilizando los procesos para las instituciones educativas y alumnos.

### *Limites*

El límite del proyecto es desde el momento en que un alumno solicita su certificado académico en la plataforma web hasta la entrega del certificado validado al alumno. Además, incluye la validación del certificado por parte de las instituciones educativas cuando un alumno lo presenta a terceros.

### *Alcances*

- Solicitud de Certificado Académico
- Validación de Historia Académica
- Generación del Certificado en PDF
- Validación de Certificado por la Institución Educativa
- Entrega del Certificado al Alumno
- Validación de Certificado por Terceros (Instituciones o Empleadores)

## **Descripción del Sistema**

### *Product Backlog*

Se presenta el Product Backlog con las historias de usuario, prioridades, dependencias y puntos de historia para el desarrollo del sistema:

Tabla 3: Product Backlog

| ID | Título   | Prioridad | Dependencias | Puntos de Historia |
|----|--|-----------|--------------|--------------------|
| 1  | Registro de Instituciones Educativas y Estudiantes           | Alta      | Ninguna      | 5                  |
| 2  | Inicio de Sesión para Instituciones Educativas y Estudiantes | Media     | 1            | 3                  |
| 3  | Emisión de Certificados Académicos                           | Alta      | 3            | 13                 |
| 4  | Validación de Certificados por Instituciones                 | Alta      | 4            | 8                  |
| 5  | Solicitud de Certificado por                                 | Media     | Ninguna      | 5                  |

|    |   |       |         |   |
|----|---|-------|---------|---|
|    | Estudiantes                                   |       |         |   |
| 6  | Notificaciones de Certificado Listo           | Alta  | 6       | 3 |
| 7  | Descarga de Certificados en Formato PDF       | Media | 7       | 3 |
| 8  | Verificación de Autenticidad por Empleadores  | Alta  | 5       | 8 |
| 9  | Panel de Control para Administradores         | Alta  | Ninguna | 5 |
| 10 | Verificación de Disponibilidad de Red Polygon | Alta  | Ninguna | 3 |
| 11 | Pruebas de Seguridad                          | Alta  | 4, 9    | 8 |
| 12 | Documentación del Sistema                     | Media | 10      | 5 |
| 13 | Soporte Técnico para Instituciones            | Media | 10      | 5 |
| 14 | Personalización de Certificados               | Baja  | 4       | 5 |

Fuente: Elaboración propia

*Historias de Usuario*

A continuación, se presentan las historias de usuario pertenecientes al Product Backlog:

## HU-1: Registro de Instituciones Educativas y Estudiantes

|                         |  |
|-------------------------|--|
| ID                      | 1  |
| Título                  | Registro de Instituciones Educativas y Estudiantes   |
| Descripción             | Como usuario, quiero poder registrar instituciones educativas y estudiantes en el sistema para que puedan utilizar los servicios del sistema.  |
| Criterios de Aceptación | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dado que soy un usuario, cuando deseo registrar una institución educativa, entonces puedo hacerlo con éxito.</li> <li>- Dado que soy un usuario, cuando deseo registrar un estudiante, entonces puedo hacerlo con éxito.</li> </ul> |
| Prioridad               | Alta   |
| Puntos de Historia      | 5  |

## HU-2: Iniciar Sesión para Instituciones Educativas y Estudiantes

|                         |  |
|-------------------------|--|
| ID                      | 2  |
| Título                  | Iniciar Sesión para Instituciones Educativas y Estudiantes   |
| Descripción             | Como usuario registrado, quiero poder iniciar sesión como institución educativa o estudiante para acceder a las funcionalidades del sistema. |
| Criterios de Aceptación | - Dado que soy un usuario registrado y poseo los roles correspondientes, cuando deseo iniciar sesión. Entonces lo puedo hacer con éxito.     |
| Prioridad               | Media  |
| Puntos de Historia      | 3  |

## HU-3: Emitir Certificados Académicos

|                         |   |
|-------------------------|---|
| ID                      | 3   |
| Título                  | Emitir Certificados Académicos  |
| Descripción             | Como institución educativa, quiero poder emitir certificados académicos para estudiantes que hayan completado sus estudios.                           |
| Criterios de Aceptación | - Dado que soy usuario con el rol necesario para emitir un certificado solicitado por un alumno de la institución académica, puedo hacerlo con éxito. |
| Prioridad               | Alta  |
| Puntos de Historia      | 13  |

## HU-4: Validar Certificados por Instituciones

|                         |   |
|-------------------------|---|
| ID                      | 4   |
| Título                  | Validar Certificados por Instituciones  |
| Descripción             | Como institución educativa, quiero poder validar los certificados emitidos para garantizar su autenticidad.                                   |
| Criterios de Aceptación | - Dado que soy una institución educativa, cuando deseo ingresar un certificado y verificar su autenticidad, entonces puedo hacerlo con éxito. |
| Prioridad               | Alta  |
| Puntos de Historia      | 8   |

## HU-5: Solicitar Certificado por Estudiantes

|                         |   |
|-------------------------|---|
| ID                      | 5   |
| Título                  | Solicitar Certificado por Estudiantes   |
| Descripción             | Como estudiante, quiero poder solicitar certificados académicos a mi institución educativa.                     |
| Criterios de Aceptación | - Dado que soy un estudiante, cuando deseo solicitar certificados académicos, entonces puedo hacerlo con éxito. |
| Prioridad               | Media   |
| Puntos de Historia      | 5   |

## HU-6: Recibir Notificaciones de Certificado Listo

|                         |   |
|-------------------------|---|
| ID                      | 6   |
| Título                  | Recibir Notificaciones de Certificado Listo   |
| Descripción             | Como estudiante, quiero recibir notificaciones cuando mi certificado académico esté listo para su descarga.       |
| Criterios de Aceptación | - Dado que soy un estudiante, cuando mi certificado está listo, entonces recibo notificaciones de manera exitosa. |
| Prioridad               | Alta  |
| Puntos de Historia      | 3   |

## HU-7: Descargar Certificados en Formato PDF

|                         |   |
|-------------------------|---|
| ID                      | 7   |
| Título                  | Descargar Certificados en Formato PDF   |
| Descripción             | Como estudiante, quiero poder descargar mis certificados académicos en formato PDF desde el sistema.                    |
| Criterios de Aceptación | - Dado que soy un estudiante, cuando deseo descargar mis certificados en formato PDF, entonces puedo hacerlo con éxito. |
| Prioridad               | Media   |
| Puntos de Historia      | 3   |

## HU-8: Verificar Autenticidad por Empleadores

|                         |   |
|-------------------------|---|
| ID                      | 8   |
| Título                  | Verificar Autenticidad por Empleadores  |
| Descripción             | Como empleador, quiero poder verificar la autenticidad de los certificados académicos presentados por los solicitantes de empleo. |
| Criterios de Aceptación | - Dado que soy un empleador, cuando deseo ingresar un certificado y verificar su autenticidad, entonces puedo hacerlo con éxito.  |
| Prioridad               | Alta  |
| Puntos de Historia      | 8   |

## HU-9: Acceder al Panel de Control para Administradores

|                         |   |
|-------------------------|---|
| ID                      | 9   |
| Título                  | Acceder al Panel de Control para Administradores  |
| Descripción             | Como administrador del sistema, quiero tener un panel de control para gestionar y supervisar las actividades de las instituciones educativas y estudiantes. |
| Criterios de Aceptación | - Dado que soy un administrador del sistema, cuando deseo acceder a un panel de control con funciones de administración, entonces puedo hacerlo con éxito.  |
| Prioridad               | Alta  |
| Puntos de Historia      | 5   |

## HU-10: Verificar Disponibilidad de Red Polygon

|                         |   |
|-------------------------|---|
| ID                      | 10  |
| Título                  | Verificar Disponibilidad de Red Polygon   |
| Descripción             | Como administrador del sistema, quiero verificar la disponibilidad de la red Polygon para garantizar una conexión estable y confiable.                                |
| Criterios de Aceptación | - Dado que soy un administrador del sistema, cuando deseo realizar una verificación exitosa de la disponibilidad de la red Polygon, entonces puedo hacerlo con éxito. |
| Prioridad               | Alta  |
| Puntos de Historia      | 3   |

## HU-11: Realizar Pruebas de Seguridad

|                         |  |
|-------------------------|--|
| ID                      | 11   |
| Título                  | Realizar Pruebas de Seguridad  |
| Descripción             | Como administrador del sistema, quiero realizar pruebas de seguridad para identificar posibles vulnerabilidades y garantizar la protección de los datos del sistema.   |
| Criterios de Aceptación | - Dado que soy un administrador del sistema, cuando deseo realizar pruebas de seguridad, entonces puedo hacerlo con éxito.<br>- Dado que soy un administrador del sistema, cuando deseo corregir todas las vulnerabilidades identificadas, entonces puedo hacerlo con éxito. |
| Prioridad               | Alta   |
| Puntos de Historia      | 8  |

## HU-12: Crear Documentación del Sistema

|                         |   |
|-------------------------|---|
| ID                      | 12  |
| Título                  | Crear Documentación del Sistema   |
| Descripción             | Como administrador del sistema, quiero crear una documentación completa que describa las funcionalidades y el funcionamiento del sistema para futuros mantenimientos y referencias. |
| Criterios de Aceptación | - Dado que soy un administrador del sistema, cuando deseo crear una documentación detallada del sistema, entonces puedo hacerlo con éxito.  |
| Prioridad               | Media   |
| Puntos de Historia      | 5   |

## HU-13: Proporcionar Soporte Técnico para Instituciones

|                         |   |
|-------------------------|---|
| ID                      | 13  |
| Título                  | Proporcionar Soporte Técnico para Instituciones   |
| Descripción             | Como administrador del sistema, quiero proporcionar soporte técnico a las instituciones educativas para resolver problemas y responder preguntas relacionadas con el uso del sistema.   |
| Criterios de Aceptación | - Dado que soy un administrador del sistema, cuando deseo establecer un sistema de soporte técnico eficiente, entonces puedo hacerlo con éxito.<br>- Dado que soy un administrador del sistema, cuando deseo abordar de manera oportuna las consultas y problemas de las instituciones, entonces puedo hacerlo con éxito. |
| Prioridad               | Media   |
| Puntos de Historia      | 5   |

## HU-14: Personalizar Certificados

|                         |   |
|-------------------------|---|
| ID                      | 14  |
| Título                  | Personalizar Certificados   |
| Descripción             | Como institución educativa, quiero poder personalizar los certificados académicos emitidos con el logo y la información de la institución.                          |
| Criterios de Aceptación | - Dado que soy una institución educativa, cuando deseo personalizar los certificados con el logo e información de mi institución, entonces puedo hacerlo con éxito. |
| Prioridad               | Baja  |
| Puntos de Historia      | 5   |

*Sprint Backlog*

Tabla 4: Listado tareas del primer sprint

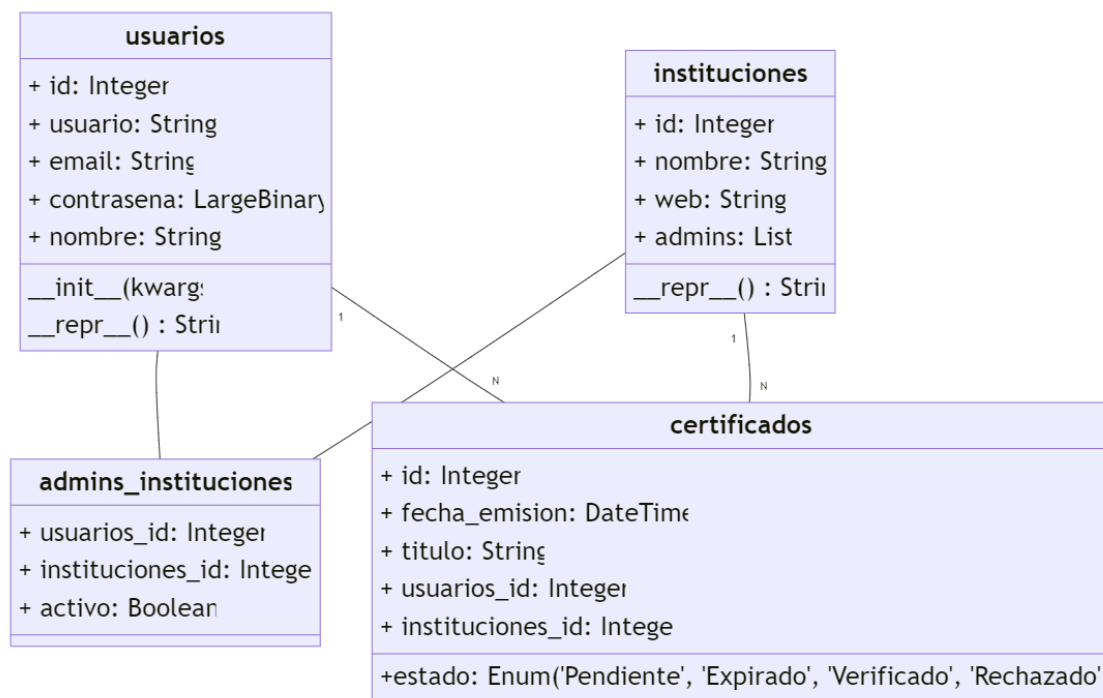
| Sprint | ID de Tarea | Tarea                                 | Historia de Usuario Asociada | Estimación de Esfuerzo |
|--------|-------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------|
| 1      | 1           | Configurar entorno de desarrollo      | -                            | 5 puntos               |
| 1      | 2           | Crear base de datos                   | -                            | 8 puntos               |
| 1      | 3           | Implementar registro de instituciones | 1: Registro de Instituciones | 13 puntos              |
| 1      | 4           | Implementar inicio de sesión          | 2: Inicio de Sesión          | 10 puntos              |
| 1      | 5           | Implementar carga de información      | 3: Carga de Información      | 15 puntos              |
| 1      | 6           | Implementar emisión de certificados   | 4: Emisión de Certificados   | 12 puntos              |
| 1      | 7           | Implementar solicitud de certificado  | 6: Solicitud de Certificado  | 9 puntos               |

Fuente: Elaboración propia

Estas tareas se enfocarán en establecer el entorno de desarrollo, crear la base de datos y comenzar a implementar las funcionalidades clave del sistema, incluyendo el registro, el inicio de sesión, la carga de información y la emisión de certificados.

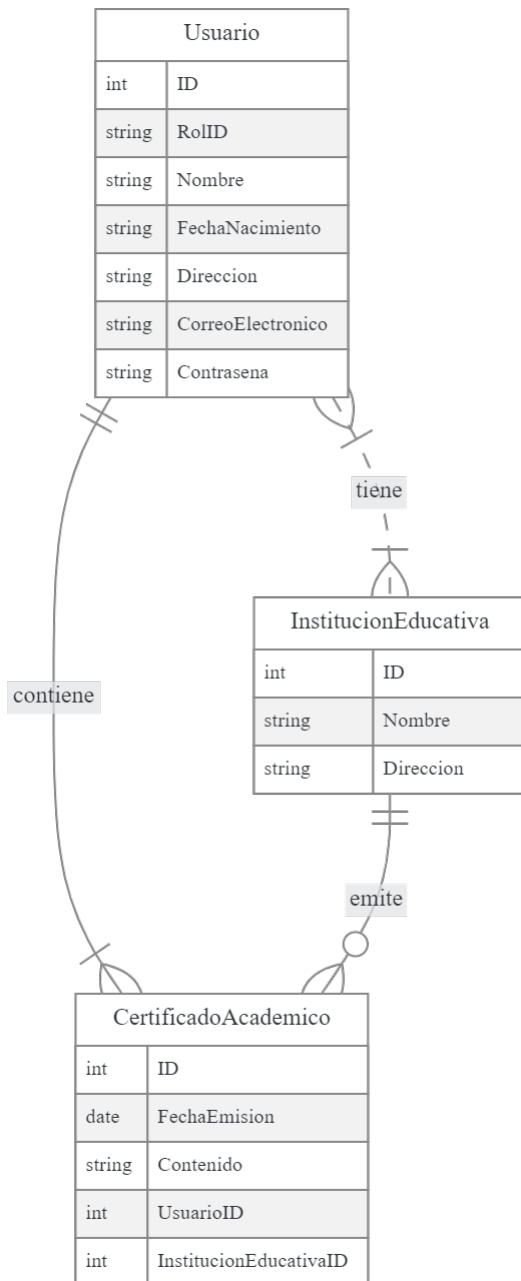
## Estructura de Datos

Ilustración 4: Diagrama de Clases



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5: Diagrama de Entidad Relación

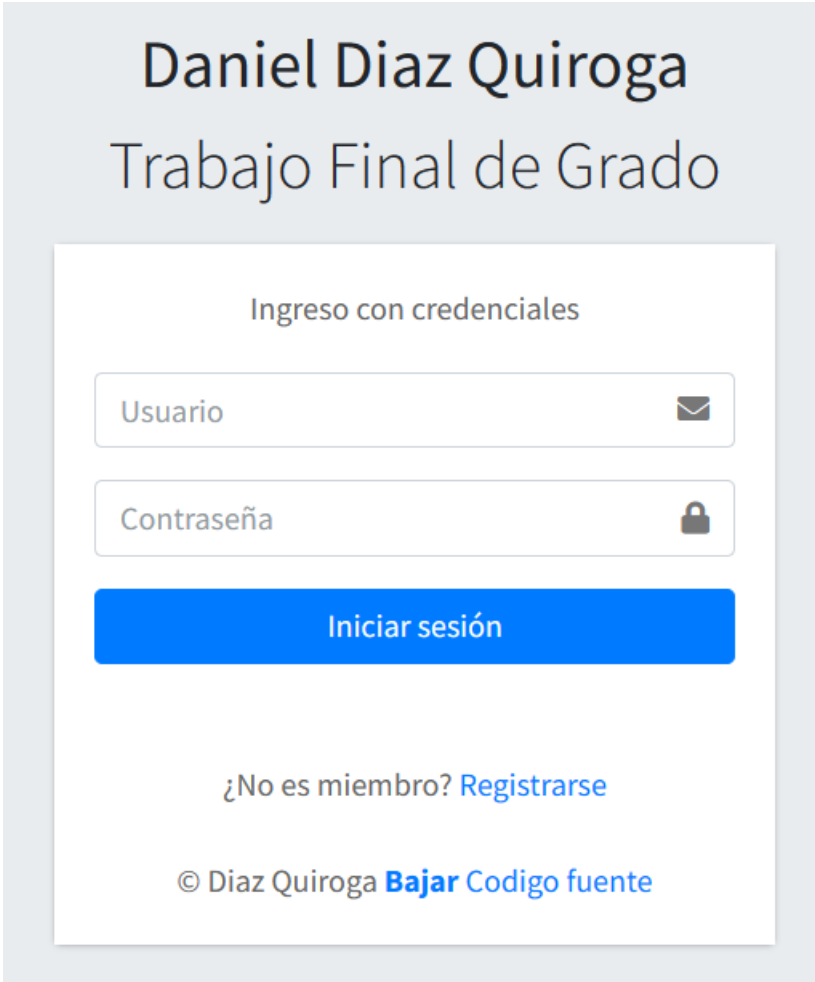


Fuente: Elaboración propia

### *Prototipos de Interfaces de Pantallas*

El propósito de este prototipo es proporcionar una vista previa de la página de inicio para ingresar al sistema.


Ilustración 6: Prototipo pantalla acceso




Prototipo de pantalla de acceso con el siguiente contenido:

**Daniel Diaz Quiroga**  
Trabajo Final de Grado

Ingreso con credenciales

Usuario 

Contraseña 

**Iniciar sesión**

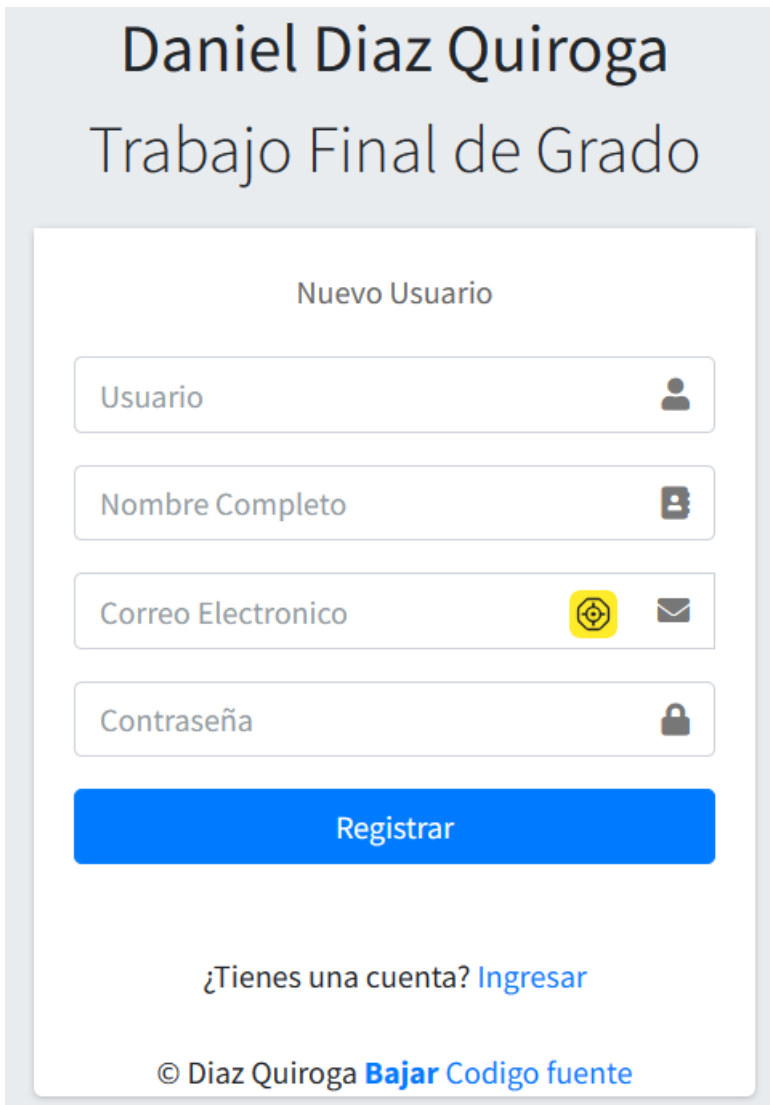
¿No es miembro? [Registrarse](#)

© Diaz Quiroga [Bajar Código fuente](#)

Fuente: Elaboración propia

El propósito de este prototipo es proporcionar una vista previa de la página de registro de nuevos usuarios en el sistema.


Ilustración 7: Prototipo pantalla registro nuevo usuario






El prototipo muestra una interfaz de usuario para el registro de un nuevo usuario. En la parte superior, se muestra el nombre 'Daniel Diaz Quiroga' y el título 'Trabajo Final de Grado'. El formulario principal, titulado 'Nuevo Usuario', contiene cuatro campos de entrada: 'Usuario' con un ícono de persona, 'Nombre Completo' con un ícono de tarjeta de identidad, 'Correo Electronico' con íconos de correo y un ícono de configuración, y 'Contraseña' con un ícono de candado. Debajo de los campos hay un botón azul 'Registrar'. En la parte inferior, se encuentra un enlace '¿Tienes una cuenta? Ingresar' y el pie de página '© Diaz Quiroga Bajar Código fuente'.


Daniel Diaz Quiroga  
Trabajo Final de Grado

Nuevo Usuario

Usuario 

Nombre Completo 

Correo Electronico  

Contraseña 

Registrar

¿Tienes una cuenta? [Ingresar](#)

© Diaz Quiroga [Bajar Código fuente](#)

Fuente: Elaboración propia

El propósito de este prototipo es proporcionar una vista previa de la página para solicitar nuevo certificado.

Ilustración 8: Prototipo pantalla solicitud nuevo certificado

The screenshot shows a web application interface for requesting a new certificate. The page title is 'Nuevo Certificado'. A blue banner at the top says 'Completar todos los campos'. The form contains the following fields:

- Titulo:** A text input field with the placeholder 'Ingrese titulo Certificado'.
- Fecha emision:** A date picker field.
- Institucion:** A dropdown menu currently showing 'Universidad Siglo 21'.

At the bottom of the form is a blue 'Solicitar' button. The left sidebar shows the user 'ddiazquirola - Salir' and navigation options: 'Certificados', 'Formularios', 'Nuevo Certificado', and 'Solicitar Rol'.

Fuente: Elaboración propia

El propósito de este prototipo es proporcionar una vista previa de la página con el estado de todos los certificados solicitados.

Ilustración 9: Prototipo pantalla listados de certificados

The screenshot shows a web application interface for viewing a list of certificates. The page title is 'Certificados'. The table below lists the certificates:

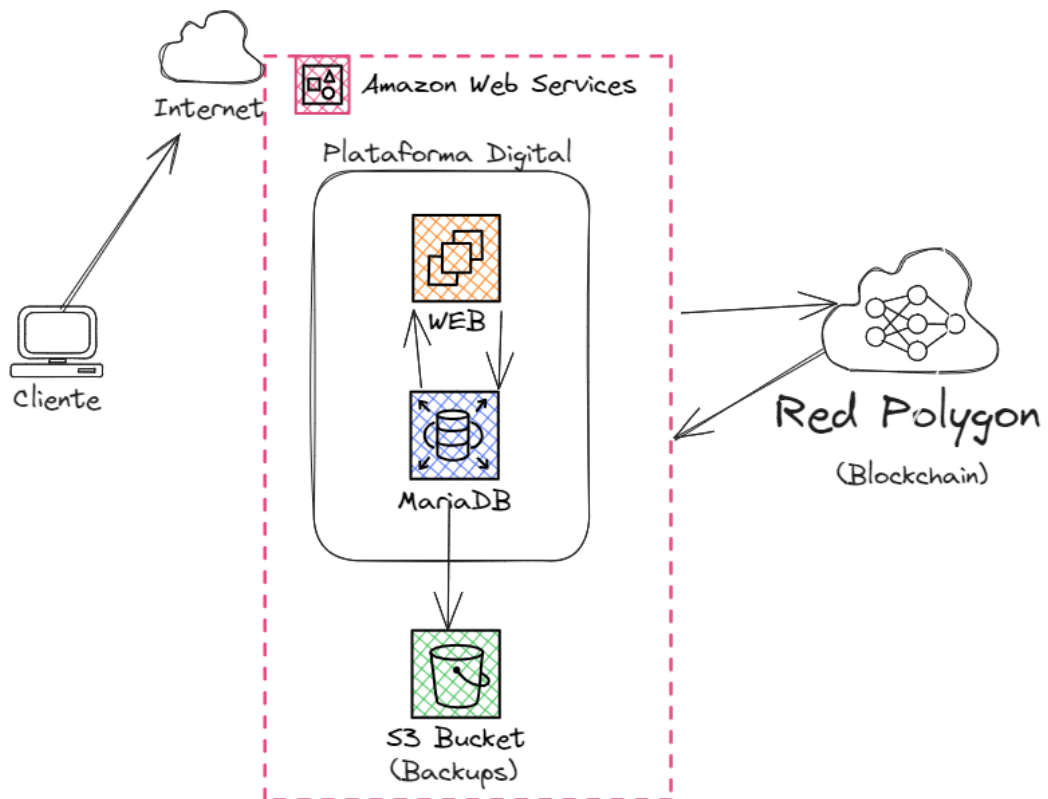
| # | Certificado  | Institucion              | Otorgado a          | Estado     | Acciones               |
|---|--|--------------------------|---------------------|------------|------------------------|
| 1 | Licenciatura en Informatica<br>Fecha emision: 01/12/2023 | Universidad Siglo 21     | Daniel Diaz Quiroga | Verificado | Ver, Editar, Recharzar |
| 2 | Ingenieria en Informatica<br>Fecha emision: 01/12/2021   | Universidad Buenos Aires | Daniel Diaz Quiroga | Pendiente  | Ver, Editar, Recharzar |

The left sidebar shows the user 'ddiazquirola - Salir' and navigation options: 'Certificados', 'Listado de Certificados', and 'Formularios'.

Fuente: Elaboración propia

*Diagrama de Arquitectura*

Ilustración 10: Diagrama Arquitectura



Fuente: Elaboración propia

## Seguridad

La política de seguridad y respaldo de datos se centra en garantizar la protección de la información confidencial y la disponibilidad de los recursos.

### *Acceso a la aplicación*

Para garantizar un acceso seguro a la aplicación, se establecieron las siguientes políticas de seguridad:

**Autenticación:** Para asegurar la creación de contraseña robustas y seguras se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Mínimo de 12 caracteres.
- Contener al menos dos letras mayúsculas.
- Contener al menos dos letras minúsculas.
- Contener al menos dos números.
- Contener al menos un carácter especial.

**Perfiles de Usuario:** Cada usuario tiene asignado un perfil específico que define sus niveles de acceso a las distintas funcionalidades del sistema. Esto garantiza que solo los usuarios autorizados puedan acceder a áreas y datos sensibles.

**Alarma y bloqueo por Intentos de Inicio de Sesión Fallidos:** Se configuro alarmas para detectar y responder a intentos de inicio de sesión fallidos. También se bloquea el usuario luego de 3 intentos fallidos, lo que protege el sistema contra posibles ataques de fuerza bruta.

**Control de Sesiones:** Las sesiones se desconectan automáticamente después de 30 minutos de inactividad o por solicitud manual del administrador de seguridad. Además, se utilizaron mecanismos de encriptación, como HTTPS/SSL, para proteger la transferencia de datos sensibles durante las sesiones.

### *Política de Respaldo de Datos*

Nuestra política de respaldo de datos se ha diseñado para garantizar la disponibilidad y la protección integral de la información almacenada:

Blockchain: Esta tecnología permite la replicación, distribución y validación de datos en nodos de la red, asegurando que la información no pueda ser modificada ni eliminada, solo añadida. De esta manera se respaldan los datos ingresados a la red pública de Blockchain

Base de Datos: La base de datos MariaDB se ejecuta en el servicio AWS RDS, con respaldos programados cada 24 horas. Los respaldos se configuran en el sistema de AWS con una política de retención diarias por 30 días, así también copias de seguridad cada 6 meses. Las copias se almacenan en S3 buckets privados y encriptados, con replicas en dos zonas de una misma región.

Código Fuente: El código fuente se encuentra en nuestro servidor privado de GitLab, que ofrece un servicio de versionado y respaldo. Se realizan copias diarias y se mantiene un historial de respaldos con una antigüedad máxima de 30 días. La mismas se almacenan en buckets privados y encriptados de AWS S3, con réplicas en dos zonas de una misma región.

En todos los casos, el acceso a la información de los respaldos está disponible las 24 horas del día, los 7 días de la semana, garantizando la seguridad y la disponibilidad de los datos críticos del sistema.

## Análisis de Costos

El análisis de costos se llevó a cabo considerando los valores reales y actuales del mercado. Se tuvo en cuenta el esfuerzo en horas hombre, así como también se evaluó si eran necesarias licencias de software, hardware y alquiler de servicios. Se tomaron como referencia los honorarios publicados por el Consejo Profesional de Ciencias Informáticas de la Provincia de Buenos Aires para septiembre 2023. Se fijan los precios en pesos argentinos tomado la cotización del dólar estadounidense de 365.5 a fecha 19/11/2023 del Banco de la Nación Argentina.

Tabla 5: Costo de Recursos Humanos

| Recurso                              | Costo Mensual<br>(ARS) | Cantidad de<br>Recursos | Periodo<br>Estimado | Subtotal<br>(ARS)   |
|--------------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
| Dueño de<br>Producto/Scrum<br>Master | \$ 1,067,900.00        | 1                       | 6                   | \$<br>6,407,400.00  |
| Líder de Proyecto                    | \$ 866,120.00          | 1                       | 6                   | \$<br>5,196,720.00  |
| Desarrollador<br>Backend             | \$ 785,880.00          | 2                       | 6                   | \$<br>9,430,560.00  |
| Desarrollador<br>FrontEnd            | \$ 560,500.00          | 2                       | 6                   | \$<br>6,726,000.00  |
| Analista de Calidad<br>Senior        | \$ 541,620.00          | 1                       | 2                   | \$<br>1,083,240.00  |
| Diseñador Gráfico<br>Senior          | \$ 529,820.00          | 1                       | 3                   | \$<br>1,589,460.00  |
| Subtotal sin<br>impuestos            |                        |                         |                     | \$<br>30,433,380.00 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Costos de Software

| Recurso  | Fuente         | Costo (USD) | Subtotal (USD) |
|----------|----------------|-------------|----------------|
| Python   | Python (2023)  | 0           | 0              |
| Flask    | Flask (2023)   | 0           | 0              |
| MariaDB  | MariaDB (2023) | 0           | 0              |
| Grafana  | Grafana (2023) | 0           | 0              |
| Subtotal |                |             | 0              |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Costos de Hardware

| Recurso   | Fuente                     | Costo Mensual (USD)  | Cant. | Subtotal (USD) |
|---|----------------------------|--|-------|----------------|
| Red Polygon   | Polygon (2023)             | 50 USD por mes aproximadamente . Se paga una tarifa por transacción. | 1     | \$ 50          |
| Amazon EC2, m4.xlarge   | Amazon Web Services (2023) | 36.28 USD por instancia  | 4     | \$ 145.12      |
| Amazon RDS for MariaDB, db.m4.xlarge                                  | Amazon Web Services (2023) | 561.70 USD   | 1     | \$ 561.70      |
| AWS S3 Estándar Acceso poco frecuente de S3                           | Amazon Web Services (2023) | 0.02 USD por GB  | 1     | \$ 1           |
| Costo mensual estimado  |                            |  |       | \$ 750 USD     |
| Pesos Argentinos (ARS) al día 19 de noviembre 2023 según Banco Nación |                            |  |       | \$ 274125 ARS  |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Resumen de Costos

| Concepto         | Costos iniciales | Costos recurrentes |
|------------------|------------------|--------------------|
| Recursos Humanos | \$ 30,433,380    |                    |
| Software         | \$ 0             |                    |
| Hardware         |                  | \$ 274,125         |
| Total            | \$ 30,433,380    | \$ 274,125         |

Fuente: Elaboración propia

### Análisis de Riesgos

Tabla 9: Análisis de Riesgos

| Riesgo   | Probabilidad | Efecto/Impacto | Causa   |
|--|--------------|----------------|---|
| Retrasos inesperados en una tarea que producen retrasos en tareas dependientes | Media        | 3              | Eventos no previsibles                                |
| Omisión de tareas en la planificación  | Media        | 3              | Falta de atención en la ejecución                     |
| Aumento de los costos  | Alta         | 4              | Inflación del país                                    |
| Cambios en los requisitos del proyecto   | Baja         | 2              | Se modifican y/o agregan nuevos requisitos            |
| Falta de recursos con conocimiento en desarrollo Blockchain                    | Media        | 3              | Tecnología nueva, con pocos profesionales capacitados |
| Renuncia de personal   | Media        | 4              | Cambio de trabajo                                     |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Plan de Contingencia

| Riesgo   | Contingencia  |
|--|---|
| Retrasos inesperados en una tarea que producen retrasos en tareas dependientes | Notificar al equipo y reasignar recursos para acelerar la tarea más crítica. Realizar reuniones periódicas de seguimiento.                                  |
| Omisión de tareas en la planificación  | Establecer un proceso de revisión de calidad y llevar un registro de tareas planificadas y completadas.   |
| Aumento de los costos  | Monitorear el entorno económico y buscar formas de reducir costos en otras áreas. Buscar fuentes adicionales de financiamiento si es necesario.             |
| Cambios en los requisitos del proyecto   | Establecer un proceso de gestión de cambios que incluye la documentación y aprobación de nuevos requisitos.   |
| Falta de recursos con conocimiento en desarrollo Blockchain                    | Establecer un programa de formación interna y buscar expertos externos en Blockchain si es necesario.   |
| Renuncia de personal   | Crear una matriz de responsabilidades. Mantener un registro de responsabilidades clave y realizar una transición planificada de tareas y responsabilidades. |

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

El proyecto se originó para abordar un problema arraigado en la integridad de los certificados académicos en Argentina. A pesar de la digitalización del proceso de emisión de diplomas y títulos universitarios a través del Sistema Informático de Diplomas y Certificaciones (SIDCer), persistían problemas relacionados con la autenticidad y la seguridad de los certificados. El proceso de emisión y gestión de estos documentos atravesaba múltiples entidades, lo que generaba vulnerabilidades y la posibilidad de falsificación. El proyecto buscó modernizar y garantizar la autenticidad de los certificados académicos a través de la tecnología Blockchain, aprovechando Smart Contracts y tokens no fungibles en la red Polygon. El objetivo general del proyecto era modernizar el proceso de emisión de certificados académicos, garantizando su autenticidad a través de contratos inteligentes innovadores y tokens no fungibles utilizando la red Polygon. Esto buscaba transformar la gestión de certificaciones académicas, mejorando la eficiencia, reduciendo costos y tiempos en comparación con los sistemas tradicionales. El proyecto logró con éxito sus objetivos. Se modernizó el proceso de emisión de certificados académicos, asegurando su autenticidad a través de la tecnología Blockchain.

Desde una perspectiva profesional, el proyecto demostró la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el ámbito educativo y su capacidad para abordar problemas arraigados. Además, se utilizó una metodología ágil (Scrum) que permitió la adaptación continua a los cambios en los requisitos del proyecto. Desde una perspectiva personal, el proyecto representó un desafío emocionante y exitoso para el equipo. La resolución de un problema importante y la aplicación de tecnologías innovadoras proporcionaron un sentido de logro y contribución al campo de la educación.

Por último, el proyecto no solo alcanzó sus objetivos, sino que también ofreció soluciones valiosas para una problemática real en el ámbito académico, demostrando el poder de la tecnología Blockchain en la modernización de procesos y la garantía de autenticidad.

## Demo

En el siguiente enlace, se encuentra disponible una demostración del sistema propuesto. Aquí, los usuarios pueden explorar y experimentar con el prototipo desarrollado. Además, se ofrece la opción de descargar el código fuente de la aplicación, acompañado de instrucciones detalladas para facilitar la ejecución del sistema de manera local.

Link: <https://tfg-prod.diazquirola.com/>

## Referencias

- Smith, A. (2019). Títulos universitarios: Desafíos en la autenticidad y seguridad. *Journal of Education*.
- Johnson, B. (2020). Transformación de la gestión de certificados académicos. *Educational Technology Review*.
- García, M. (2018). Efectividad de los Smart Contracts en la automatización. *Blockchain Studies*.
- Torres, R. (2021). Aplicaciones de NFT en la educación. *Journal of Digital Learning*.
- MariaDB. (19 de noviembre de 2023) MariaDB . Obtenido de <https://mariadb.org>.
- Python. (19 de noviembre de 2023). Python. Obtenido de <https://www.python.org>.
- Flask. (19 de noviembre de 2023). Flask. Obtenido de <https://flask.palletsprojects.com>.
- Polygon. (19 de noviembre de 2023). Polygon. Obtenido de <https://polygon.technology>.
- Credly by Pearson. (19 de noviembre de 2023). Credly. Obtenido de <https://info.credly.com>.
- Blockcerts: The Open Standard for Blockchain Credentials. (19 de noviembre de 2023).
- Blockcerts. Obtenido de <https://www.blockcerts.org>.
- Scrum. (19 de noviembre de 2023). Scrum. Obtenido de <https://scrum.org>.

ClickApp. (19 de noviembre de 2023). ClickApp. Obtenido de <https://app.clickup.com>.

Grafana. (19 de noviembre de 2023). Grafana. Obtenido de <https://grafana.com>.

Amazon Web Services. (19 de noviembre de 2023). Amazon Web Services. Obtenido de <https://aws.amazon.com>.