**Imagen que contiene dibujo

Descripción generada automáticamenteUNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

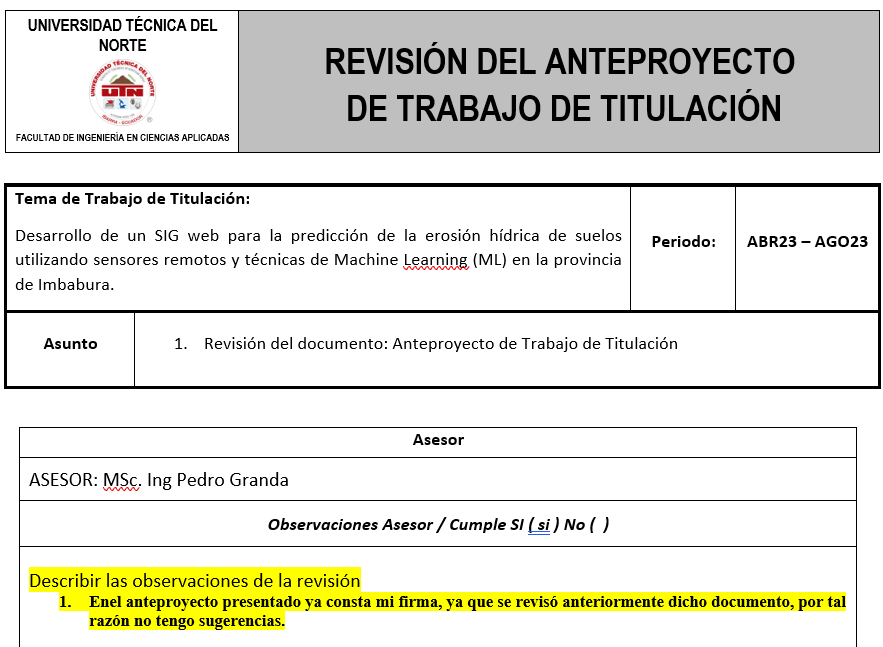
**CARRERA DE SOFTWARE**

Ibarra, 19 de julio de 2023

MSc. MacArthur Ortega  
**COORDINADOR  
CARRERA DE SOFTWARE**

De mis consideraciones

De acuerdo con las observaciones de la Comisión Asesora y señor Asesor, me permito presentar e informar que en la revisión del anteproyecto no hubo cambios como se evidencia en la imagen.



|  |  |
| --- | --- |
|  | Close-up of a paper with writing  Description automatically generated |

------------------------------------------------- --------------------------------------------

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN |  | ESTUDIANTE |
| MSc. José Fernando Garrido Sánchez  C.I: 1707852081 |  | Sr. Mario Andrés Salazar Anrango  C.I: 1003938477 |

**Logotipo

Descripción generada automáticamente**A close-up of a coat of arms

Description automatically generated

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

UNIVERSIDAD ACREDITADA

Resolución No. 173-SE-33 CACES – 2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

Ibarra, 19 de julio de 2023

MSc. Catalina Ramírez

**DECANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS   
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Presente.

Por medio de la presente certifico haber revisado el anteproyecto de titulación del señor estudiante Mario Andrés Salazar Anrango titulado **“Desarrollo de un SIG web para la predicción de la erosión hídrica de suelos utilizando sensores remotos y técnicas de Machine Learning (ML) en la provincia de Imbabura.”**, y después de haber realizado las correcciones necesarias, manifiesto estar de acuerdo con los planteamientos propuestos por lo que me comprometo a realizar la tutoría de este como Director de Trabajo de Titulación hasta su culminación.

Por la atención prestada al presente, anticipo mis sinceros agradecimientos.

Atentamente.

|  |  |
| --- | --- |
| ---------------------------------------------------  MSc. José Fernando Garrido Sánchez  **DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN** | ----------------------------------------------  MSc. Pedro David Granda Gudiño  **ASESOR TRABAJO DE TITULACIÓN** |

|  |  |
| --- | --- |
| **Logotipo  Descripción generada automáticamente** | **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  UNIVERSIDAD ACREDITADA  Resolución No. 173-SE-33 CACES – 2020 **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS** |

Ibarra, 19 de julio de 2023

**CARTA DE AVAL**

Yo, MSc. José Fernando Garrido Sánchez, en calidad de docente de la carrera de Software de la Universidad Técnica del Norte, doy el aval técnico-científico al trabajo de titulación: **“Desarrollo de un SIG web para la predicción de la erosión hídrica de suelos utilizando sensores remotos y técnicas de Machine Learning (ML) en la provincia de Imbabura.”**, del señor estudiante Mario Andrés Salazar Anrango, está temática es parte de mi experticia que se encuentra como una sublínea de interés del área de investigación y formación académica.

Atentamente,

-------------------------------------------------------------

Ing. José Fernando Garrido Sánchez, MSc.  
C.I.: 1707852081  
**CARRERA DE SOFTWARE  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ciudadela Universitaria UTN | Imagen que contiene texto, señal, reloj  Descripción generada con confianza altaTelf: +593 62997800 |  |
| Av. 17 de Julio 5-21 | e-mail: info@utn.edu.ec |  |
| Ibarra Ecuador, EC 100105 | casilla 199 | http://www.utn.edu.ec |  |

**Logotipo

Descripción generada automáticamenteUNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE SOFTWARE**

|  |  |
| --- | --- |
| **Fecha** | : Ibarra, 19 de julio de 2023 |
| **Dirigido a** | : MSc. Catalina Ramírez, Decana FICA |
| **Solicitante** | : Sr. Mario Andrés Salazar Anrango |
| **Facultad** | : Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas |
| **Carrera** | : Software |
| **Asunto** | : Solicitud defensa de anteproyecto de titulación |

De mi consideración:

Por medio de la presente, solicito muy comedidamente, autorice realizar el trámite para defender el anteproyecto de titulación con el tema: “Desarrollo de un SIG web para la predicción de la erosión hídrica de suelos utilizando sensores remotes y técnicas de Machine Learning (ML) en la provincia de Imbabura.”, proyecto que ha sido revisado y aprobado por mi director y asesor.

Por su favorable atención.

Close-up of a paper with writing

Description automatically generated

ESTUDIANTE

Sr. Mario Andrés Salazar Anrango

C.I: 1003938477

Adjunto: Documento del anteproyecto

**Logotipo

Descripción generada automáticamenteUNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CARRERA DE SOFTWARE**

**ANTEPROYECTO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**DATOS GENERALES**

|  |  |
| --- | --- |
| 1. TEMA: Desarrollo de un SIG web para la predicción de la erosión hídrica de suelos utilizando sensores remotos y técnicas de Machine Learning (ML) en la provincia de Imbabura. | |
| 1. ÁREA / LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:   Línea de Investigación Carrera de Software: Desarrollo, aplicación de software y cyber security (seguridad cibernética).  Sublínea de Investigación Carrera de Software: Ingeniería de Software, Inteligencia Artificial e Informática Empresarial. | |
| 1. ENTIDAD QUE AUSPICIA:   Carrera de Software UTN, experticia del Ing. Fernando Garrido MSc. en SIG | |
| 1. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN:   Director: Ing. Fernando Garrido MSc | |
| 1. PERTINENCIA DEL PROYECTO:   Mitigar la erosión hídrica del suelo mediante el desarrollo de una SIG web aplicando *Machine Learning* (ML) e Inteligencia de Ubicación, de autoría del MSc Fernando Garrido. | |
| 1. AUTOR: Sr. Salazar Anrango Mario Andrés   DIRECCIÓN: El Tejar - Ibarra  TELÉFONO: 0979432426  CORREO ELECTRÓNICO: [masalazara@utn.edu.ec](mailto:masalazara@utn.edu.ec), [mario10salazar.1995@gmail.com](mailto:mario10salazar.1995@gmail.com) | |
| 1. DURACIÓN (Estimado): 6 meses | |
| 1. INVESTIGACIÓN: Nueva (X) Continuación () | |
| 1. PRESUPUESTO (Estimado): $ 4.527,60 | |
| PARA USO DEL CONSEJO ACADÉMICO | |
| FECHA DE ENTREGA: | FECHA DE REVISIÓN: |
| APROBADO: SI ( ) NO ( ) | FECHA DE APROBACIÓN: |
| OBSERVACIONES: | |
|  | |

**Logotipo

Descripción generada automáticamente UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS

**CARRERA DE SOFTWARE**

**PLAN DEL ANTEPROYECTO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

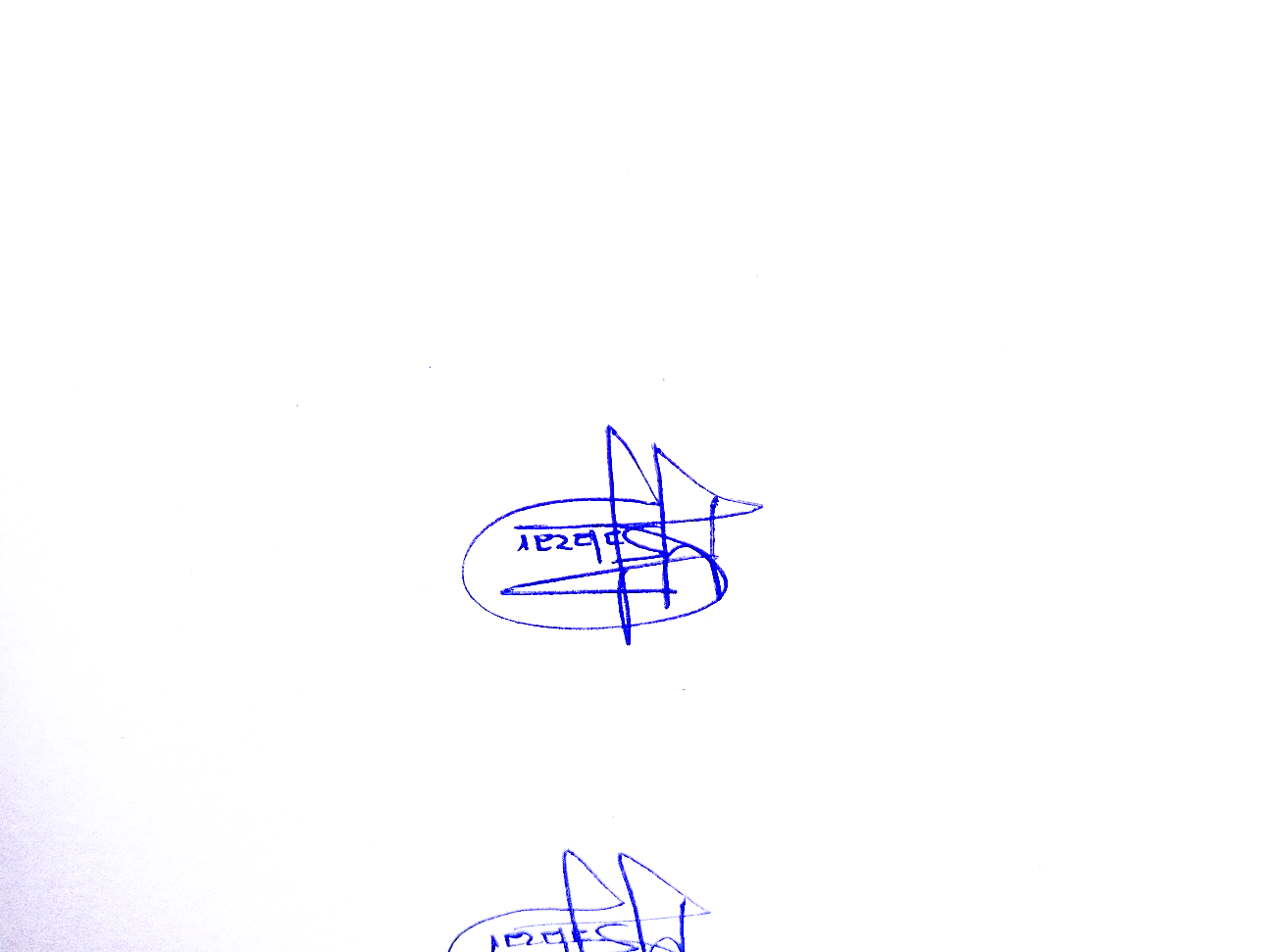
|  |  |
| --- | --- |
| **Propuesto por:**  Ing. Fernando Garrido MSc | **Áreas Técnicas del Tema:**   * Ingeniería del Software * Ingeniería Web * Sistema de Información Geográfica (SIG) * Machine Learning (ML) * Inteligencia de Ubicación (IU) |
| **Director sugerido:**  Ing. Fernando Garrido MSc | **Fecha:**  20/05/2023 |

|  |
| --- |
| 1. **Tema**   Desarrollo de un SIG web para la predicción de la erosión hídrica de suelos utilizando sensores remotos y técnicas de Machine Learning (ML) en la provincia de Imbabura. |
| 1. **Planteamiento del Problema**   La erosión del suelo es un problema global que afecta a diferentes regiones del mundo, representando una amenaza para la conservación de los sistemas agrícolas a nivel mundial. En la actualidad, la degradación del suelo abarca alrededor de 1900 millones de hectáreas, lo que equivale al 65% de los recursos edáficos del planeta. La principal causa de esta degradación es la erosión del suelo, responsable del 85% de su deterioro. Se estima que se pierden aproximadamente 36,000 millones de toneladas de suelo fértil anualmente, lo que resulta en pérdidas económicas estimadas en 400,000 millones de dólares debido a la erosión del suelo, según datos de la FAO (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2023).  En América Latina, la erosión del suelo afecta al 23% de las tierras con potencial para la agricultura, al 12% de los suelos ya cultivados y al 46% de los bosques tropicales. A pesar de tener uno de los mejores recursos naturales a nivel mundial, América Latina solo alberga al 8% de la población (Naciones Unidas, 2015).  En Ecuador, la erosión del suelo se observa principalmente en las cuencas hidrográficas de la región de la sierra, además, los datos estadísticos muestran que 40 000 hectáreas de suelo arable presentan una erosión crítica, los valores más altos de erosión es del 90 a 95% en la provincia de Zamora. Los efectos de la erosión hídrica del suelo incluyen la pérdida de biodiversidad, la disminución de la productividad agrícola y el riesgo de inundaciones graves. Es importante destacar que esto se debe también a la eliminación de bosques, cobertura vegetal nativa, practicas inadecuadas en la producción agrícola (Paredes, 2018).  En la provincia de Imbabura, se presentan principalmente problemas derivados del incorrecto uso de los suelos por parte de los agricultores. Estos usos inadecuados abarcan diversas prácticas, como la sobreutilización de las tierras, el cultivo de un solo tipo de planta, la deforestación en las cuencas hidrográficas, el uso excesivo de químicos y fertilizantes, la labranza de los suelos en la misma dirección de la pendiente, los incendios forestales y las técnicas de riego inadecuadas, entre otros. La persistencia de estas malas prácticas agrícolas es una de las causas más preocupantes de la degradación del suelo y de la pérdida gradual de la productividad agrícola en la provincia (Quiñónez, 2022).  En la Figura 1 se puede observar el árbol de problemas de la erosión hídrica de suelos:    Figura. 1 Árbol de problemas de la erosión hídrica de suelos |
| 1. **Objetivos**  Objetivo General Realizar un *Sistema de información Geográfica* (SIG) web que utilice imágenes espectrales obtenidas a través de la API de Sentinel Hub de la *Agencia Espacial Europea* (ESA), con el objetivo de predecir la erosión del suelo en la provincia de Imbabura. Objetivos Específicos Realizar (Documentar) un estudio sobre las técnicas de erosión hídrica, la utilización de la teledetección o Remote Sensing.  Aplicar técnicas de *Machine Learning* (ML) e *Inteligencia de Ubicación* (IU) para utilizar el API de *Earth Observation* (EO) a través de Python.  Integrar el monitoreo de la erosión del suelo en la provincia de Imbabura dentro de una plataforma como StoryMap, Dashboard o AppBuilder de ArcGIS online.  (Utilizar la herramienta de Software ArcGIS Online para el monitoreo de la erosión del suelo en la provincia de Imbabura.)  Diseñar (Presentar) estrategias de conservación y manejo del suelo, así como evaluar sus impactos en la provincia de Imbabura. |
| 1. **Alcance**   El objetivo principal de este proyecto es predecir la erosión hídrica del suelo, y para lograrlo se desarrollará un SIG web. Este sistema permitirá detectar y predecir la erosión del suelo en la provincia de Imbabura, que brindará a la población la capacidad de tomar decisiones de manera más rápida en lo que respecta a la protección y cuidado preventivo del suelo. Algunas de las medidas que se pueden tomar incluyen la implementación de buenas prácticas agrícolas, la reducción del uso de fertilizantes y productos químicos, el apoyo económico para adquirir equipos tecnológicos que ayuden a prevenir la erosión del suelo, entre otras.  Para llevar a cabo este proyecto, se realizará un análisis de datos utilizando imágenes multiespectrales de alta resolución proporcionadas por los satélites Sentinel-2. Estas imágenes serán procesadas y utilizadas para entrenar un modelo de Machine Learning (ML).  En el desarrollo del SIG web se utilizará las herramientas que se presentan en la Figura 2.    Figura. 2 Esquema del alcance del proyecto   1. **Metodología**   En el desarrollo de este proyecto se utilizarán diferentes tipologías de investigación. La investigación documental se empleará para recopilar información y datos, como las imágenes multiespectrales proporcionadas por Sentinel Hub de la *Agencia Espacial Europea* (ESA). Se llevará a cabo una investigación descriptiva para realizar un estudio detallado de las características y condiciones actuales de la erosión hídrica del suelo en la provincia. Asimismo, se empleará una investigación cuantitativa para procesar los datos recopilados y entrenar los modelos predictivos de erosión hídrica del suelo mediante algoritmos de *Machine Learning* (ML). Por último, se realizará una investigación aplicada para representar los resultados a través de una aplicación web (Díaz-Narváez & Núñez, 2016).  Para cumplir con el primer objetivo, se llevará a cabo un estudio y revisión sobre las técnicas de erosión hídrica, así como el uso de la teledetección satelital. La metodología utilizada será la *Revisión Sistemática de Literatura* (SLR) para recopilar información, analizar y describir múltiples trabajos de investigación de manera sistemática.  En relación con el segundo objetivo, se utilizarán los datos de imágenes multiespectrales de la ESA para entrenar un modelo de *Machine Learning* (ML) e *Inteligencia de Ubicación* (IU), utilizando una *Red Neuronal Convolucional* (*Convolutional Neural Network*, CNN). El propósito es realizar predicciones de la erosión hídrica del suelo en la provincia de Imbabura.  Para alcanzar el tercer objetivo, se desarrollará un SIG web utilizando la metodología *Cross Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM), esta metodología cumple un ciclo de vida que comprende de fases orientado a la ciencia de datos desde la comprensión del negocio o entendimiento de los objetivos y requisitos, entendimiento de los datos para identificar, recopilar y analizar los datos, preparación y organización de los datos, modelado o técnicas aplicadas para el mejoramiento, evaluación e implementación (Data Science Process Alliance, 2023). Esta aplicación permitirá visualizar los resultados obtenidos a través de un StoryMap, Dashboard o AppBuilder de ArcGIS online. Además, se aplicarán técnicas de estadística inferencial para presentar gráficas de las predicciones.  En la Figura 3 se puede observar la metodología CRISP-DM.    Figura. Metodología CRISP-DM (Data Science Process Alliance, 2023).  Para lograr el cuarto objetivo, en la visualización del SIG web se presentará los posibles impactos en la provincia, para la mitigación de estos impactos se mostrará diferentes estrategias de conservación y manejo del suelo, estas presentaciones se realizarán mediante los resultados de la predicción de erosión hídrica de suelos aplicadas con las técnicas de *Machine Learning* (ML).  En la Figura 4 se presenta el esquema de la metodología de investigación de cada uno de los objetivos.    Figura. 4 Esquema de la metodología de investigación |
| 1. **Justificación**   El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar un SIG (*Sistema de información Geográfica*) web para predecir la erosión hídrica del suelo, con el fin de obtener resultados estadísticos en la provincia de Imbabura y fortalecer la toma de decisiones en el marco del *Objetivo de Desarrollo Sostenible* (ODS) número 15. Este objetivo busca proteger, restaurar y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible los bosques, combatir la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad (Naciones Unidas, 2022).  En particular, el proyecto se enfoca en la meta 15.3 del ODS, que busca combatir la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluyendo aquellas afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y lograr un mundo con una degradación neutral de las tierras para el año 2030 (Naciones Unidas, 2018).  El SIG web desarrollado, basado en técnicas de *Machine Learning* (ML), contribuirá a la toma de decisiones de agricultores y la población en general, con el propósito de mitigar la rápida degradación del suelo y prevenir deslizamientos de tierra, inundaciones y otros desastres naturales. Mediante el uso del SIG web, se podrán establecer nuevos planes estratégicos para combatir la erosión hídrica del suelo.  **Justificación Tecnológica**  La utilización de sensores remotos (teledetección) satelitales y los *Sistemas de Información Geográfica* (SIG) o *Geographic Information System* (GIS) por sus siglas en inglés, proveen datos e información valiosa a partir de imágenes multiespectrales. Mediante el empleo de técnicas de *Machine Learning* (ML), se logra obtener una mayor precisión en la predicción de la erosión hídrica del suelo. Estas técnicas tienen la capacidad de aprender y adaptarse a los datos mediante el uso de *Redes Neuronales Convolucionales* (CNN), las cuales son capaces de procesar y analizar grandes conjuntos de datos, identificando patrones relacionados con la erosión hídrica y extrayendo características relevantes.  Al hacer uso de sensores remotos, técnicas de SIG y el modelo RUSLE, es posible realizar el análisis de cinco factores que contribuyen a la erosión del suelo. Estos factores son: la erosividad de la lluvia (factor R), la erosión del suelo (factor K), la duración e inclinación de la pendiente (factor LS), la gestión de la cubierta terrestre (factor C) y las prácticas de protección y conservación del suelo (factor P). El estudio de estos factores permite estimar la pérdida de suelo promedio (factor A). ver ecuación (1) (Almouctar et al., 2021). El uso de *Machine Learning* (ML) y SIG desempeña un papel crucial en la protección y conservación de la biodiversidad del ecosistema. Estas herramientas, junto con la programación en Python, facilitan el desarrollo de aplicaciones que contribuyen a una mejor planificación territorial y la protección de los recursos naturales.  (1)  **Justificación Ambiental**  El desarrollo del SIG web facilita la toma de decisiones en la planificación y conservación del ecosistema, con el fin de mitigar la erosión hídrica del suelo, preservar la biodiversidad y reducir los riesgos de desastres naturales.  **Justificación Social.**  El desarrollo del SIG web brindará a los agricultores la oportunidad de conocer el estado de erosión del suelo en el que se encuentran. Esto les permitirá mejorar las técnicas de producción agrícola, reduciendo el daño causado a los suelos. Al conocer el nivel de erosión, podrán tomar medidas como disminuir el uso de químicos y fertilizantes, así como implementar nuevas técnicas de riego y labranza en sus cultivos.  **Riesgos**  En la Tabla 1. se describe los diferentes tipos de riesgos existentes y las respectivas estrategias de mitigación para el proceso de desarrollo del proyecto:  Tabla 1 Tabla de riesgos   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **Nro.** | **Riesgo** | **Estrategia de Mitigación** | | **R1** | No conocer a fondo los algoritmos de *Redes Neuronales Convolucionales* (CNN) en el área de erosión hídrica de suelos. | Estudiar y seguir un curso de CNN para fortalecer el conocimiento de *Machine Learning* (ML) | | **R2** | No saber utilizar las APIs de Sentinel Hub, SIG y teledetección. | Revisión de las plataformas respectivas y solicitar reuniones al tutor de tesis para la asesoría sobre el uso y sus beneficios. | | **R3** | Indisposición de herramientas con un hardware de alto rendimiento para el uso de *Machine Learning* (ML). | Utilizar herramientas de la nube como Google Collaboratory y ArcGIS Online para el entrenamiento de las Redes Neuronales Convolucionales. | | **R4** | Alto costo para las técnicas de teledetección en la nube. | Solicitar al tutor de tesis sus cuentas en las respectivas plataformas de teledetección y sensores remotos. | | **R5** | Inconsistencia en el análisis de datos de las imágenes multiespectrales. | Realizar los entrenamientos necesarios de la Red Neuronal para mejorar la eficiencia de los resultados. | | **R6** | Servidor de aplicaciones no es compatible con las técnicas utilizadas en el SIG web. | Investigar técnicas de compatibilidad para el servidor de aplicaciones. |   En la Figura. 5 se representa la matriz de riesgos.    Figura. 5 Matriz de riesgos |
| 1. **Contexto**  |  |  |  | | --- | --- | --- | | Contexto local, nacional e internacional en base a tesis, trabajos o investigaciones realizadas: | | | | **INVESTIGACIÓN** | **ENLACE** | **APORTE** | | **Contexto:** Local  Desarrollo de una aplicación web para el monitoreo de cultivos (crop monitoring) mediante el análisis de imágenes multiespectrales (Quespaz Rosero, 2022). | <http://repositorio.utn.edu.ec>  /handle/123456789/12234 | La investigación encontrada realiza una aplicación web utilizando el análisis de imágenes multiespectrales, para monitoreo de cultivos para. La investigación propuesta utilizará imágenes multiespectrales, para predicción de erosión hídrica de suelos en la provincia de Imbabura. | | **Contexto:** Local  Evaluación multitemporal del aumento de la superficie de vegetación acuática del embalse Daule Peripa, mediante la aplicación de imágenes espectrales de sensores remotos (López Ortega, 2017). | <http://repositorio.utn.edu.ec>  /handle/123456789/6927 | La tesis encontrada emplea técnicas de teledetección satelital o sensores remotos para estimar cambios de la vegetación acuática. La investigación propuesta utilizara la teledetección satelital para identificar áreas de suelos en riesgo de pérdida de nutrientes. | | **Contexto:** Nacional  Impactos de la erosión del suelo y el cambio climático en el patrimonio construido del Complejo Fortaleza de Pambamarca en el norte de Ecuador (Santos et al., 2023). | <https://doi.org/10.1371>  /journal.pone.0281869 | La investigación implementa una metodología para identificar la erosión laminar, en surcos y en cárcavas aplicando la ecuación universal RUSLE. La investigación propuesta hará uso de la ecuación RUSLE para estimar la erosión media del suelo. | | **Contexto:** Nacional  Estimación de la erosión del suelo mediante el modelo RUSLE. Caso de estudio: cuenca media alta del río Mira en los Andes de Ecuador (Arias-Muñoz et al., 2023). | <https://doi.org/10.14198>  /INGEO.22390 | El objetivo del artículo encontrado es conocer la distribución espacial de la erosión hídrica mediante la ecuación universal RUSLE en áreas como: bosques y paramos, áreas con vegetación y sin vegetación. La investigación propuesta utilizara la ecuación RUSLE para estimar tasas de erosión hídrica de suelos. | | **Contexto:** Internacional  Soil water erosion susceptibility assessment using deep learning algorithms (Khosravi et al., 2023). | <https://doi.org/10.1016>  /j.jhydrol.2023.129229 | El articulo encontrado hace énfasis en tres técnicas de algoritmos de aprendizaje profundo: CNN, RNN y LSTM para comparar, analizar el rendimiento e identificar el algoritmo más flexible para la predicción de susceptibilidad SWE. La investigación propuesta utilizara RNN para la clasificación y predicción de la erosión hídrica de suelos. | | **Contexto:** Internacional  Evaluation of soil erosion risk and identification of soil cover and management factor (C) for RUSLE in European vineyards with different soil management (Biddoccu et al., 2020). | <https://doi.org/10.1016>  /j.iswcr.2020.07.003 | Este artículo se centra en la erosión hídrica del suelo en viñedos, considerando las practicas agronómicas, condiciones climáticas, control de malezas con herbicidas; es por eso por lo que pretende facilitar la calibración de RUSLE2. La investigación propuesta tendrá en cuenta las prácticas agrícolas, pendiente del suelo, uso de fertilizantes y para ello se empleará la ecuación RUSLE. | |
| 1. **Contenidos**   **INTRODUCCIÓN**  Antecedente  Situación actual  Planteamiento del Problema  Objetivos  Alcance y Metodología  Justificación y Riesgos  Contexto  **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO**   * 1. Erosión hídrica de suelos   2. Teledetección satelital, tipos, usos y aplicaciones   3. *Machine Learning* (ML) e *Inteligencia de Ubicación* (IU)   4. Imágenes multiespectrales de suelos, ArcGIS Online y sus aplicaciones   **CAPÍTULO II: DESARROLLO**   * 1. Metodología *Cross Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM)   2. Especificaciones funcionales y de requerimientos   3. Diseño conceptual   4. Implementación, pruebas y mantenimiento   **CAPÍTULO III: RESULTADOS**   * 1. Análisis de resultados   2. Interpretación de resultados   3. Pruebas de funcionamiento   4. Evaluación e impactos de resultados   **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**  Conclusiones  Recomendaciones  **REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA**  Bibliografía  **ANEXOS** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. **Cronograma de Actividades.** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nro. | Nombre de tarea | Duración | MES 1 | | | | MES 2 | | | | MES 3 | | | | MES 4 | | | | MES 5 | | | | MES 6 | | | | |
| 1 | Tema: Desarrollo de un SIG web para la predicción de la erosión hídrica de suelos utilizando sensores remotos y técnicas de *Machine Learning* (ML) en la provincia de Imbabura. | **175 días** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | **INTRODUCCIÓN** | **15 días** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | Antecedente | 3 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | Situación actual | 2 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | Planteamiento del Problema | 2 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | Objetivos | 2 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | Alcance y Metodología | 2 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | Justificación y Riesgos | 2 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 | Contexto | 2 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 | **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO** | **40 días** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 | 1.1 Erosión hídrica del suelo | 10 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 | 1.2 Teledetección satelital, tipos, usos y aplicaciones | 10 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 | 1.3 *Machine Learning* (ML) e *Inteligencia de Ubicación* (IU) | 10 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 | 1.4 Imágenes multiespectrales de suelos, ArcGIS Online y sus aplicaciones | 10 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 | **CAPÍTULO II: DESARROLLO** | **90 días** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16 | 2.1 Metodología *Cross Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM) | 10 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 17 | 2.2 Especificaciones funcionales y de requerimientos | 10 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18 | 2.3 Diseño conceptual | 10 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 19 | 2.4 Desarrollo, pruebas y mantenimiento | 60 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 20 | **CAPÍTULO III: RESULTADOS** | **20 días** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 21 | 3.1 Análisis de resultados | 5 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 22 | 3.2 Interpretación de resultados | 5 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 23 | 3.3 Pruebas de mantenimiento | 5 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 24 | 3.4 Evaluación e impactos de resultados | 5 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 25 | **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** | **8 días** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 26 | Conclusiones | 4 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 27 | Recomendaciones | 4 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 28 | **REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA** | **1 días** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 29 | Bibliografía | 1 días |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 30 | **ANEXOS** | **1 días** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. **Presupuesto**  |  |  | | --- | --- | | **DESCRIPCIÓN** | **COSTO ESTIMADO** | | HARDWARE |  | | Laptop (Computador) | $1.000,00 | | Impresora | $200,00 | | SOFTWARE |  | | QGIS | $0.000,00 | | Anaconda | $0.000,00 | | Sentinel Hub | $240,00 | | Google Collaboratory | $0.000,00 | | ArcGIS Online | $800,00 | | TALENTO HUMANO |  | | Alimentación | $400,00 | | Movilización | $150,00 | | Tutorías ArcGIS Online | $40,00 | | Tutorías *Machine Learning* (ML) con Python | $80,00 | | MATERIALES DE OFICINA |  | | Impresiones | $30,00 | | Internet | $150,00 | | Hojas (1 Resma) | $10,00 | | Memory Flash | $16,00 | | INVESTIGACIÓN |  | | Imágenes multiespectrales satelitales | $1000,00 | |  | $0.000,00 | | **SUBTOTAL** | **$4.116,00** | | **10% IMPREVISTOS** | **$411,60** | | **TOTAL** | **$4.527,60** |  1. **Bibliografía.**   Almouctar, M. A. S., Wu, Y., Zhao, F., & Dossou, J. F. (2021). Soil erosion assessment using the rusle model and geospatial techniques (Remote sensing and gis) in south-central niger (maradi region). *Water (Switzerland)*, *13*(24). https://doi.org/10.3390/w13243511  Arias-Muñoz, P., Saz, M. A., & Escolano, S. (2023). Estimación de la erosión del suelo mediante el modelo RUSLE. Caso de estudio: cuenca media alta del río Mira en los Andes de Ecuador. *Investigaciones Geográficas*, *79*, 207. https://doi.org/10.14198/ingeo.22390  Biddoccu, M., Guzmán, G., Capello, G., Thielke, T., Strauss, P., Winter, S., Zaller, J. G., Nicolai, A., Cluzeau, D., Popescu, D., Bunea, C., Hoble, A., Cavallo, E., & Gómez, J. A. (2020). Evaluation of soil erosion risk and identification of soil cover and management factor (C) for RUSLE in European vineyards with different soil management. *International Soil and Water Conservation Research*, *8*(4), 337–353. https://doi.org/10.1016/J.ISWCR.2020.07.003  Data Science Process Alliance. (2023). *What is CRISP DM?* https://www.datascience-pm.com/crisp-dm-2/  Díaz-Narváez, V. P., & Núñez, A. C. (2016). Scientific articles, types of scientific research and productivity in health sciences. *Revista Ciencias de La Salud*, *14*(1), 115–121. https://doi.org/10.12804/revsalud14.01.2016.10  Khosravi, K., Rezaie, F., Cooper, J. R., Kalantari, Z., Abolfathi, S., & Hatamiafkoueieh, J. (2023). Soil water erosion susceptibility assessment using deep learning algorithms. *Journal of Hydrology*, *618*, 129229. https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2023.129229  López Ortega, E. J. (2017). *Evaluación multitemporal del aumento de la superficie de vegetación acuática del embalse Daule Peripa, mediante la aplicación de imágenes espectrales de sensores remotos* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6927  Naciones Unidas. (2015). *La FAO identifica las mayores amenazas para los suelos de América Latina*. https://news.un.org/es/story/2015/12/1347201  Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. www.issuu.com/publicacionescepal/stacks  Naciones Unidas. (2022). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022\_Spanish.pdf  Organismo Internacional de Energía Atómica. (2023). *Control de la erosión del suelo*. https://www.iaea.org/es/temas/control-de-la-erosion-del-suelo  Paredes, N. (2018). *El rol de los sistemas agroforestales en la conservación, recuperación y manejo de los suelos en sistemas de producción agropecuarios*. http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5450  Quespaz Rosero, C. A. (2022). *Desarrollo de una aplicación web para el monitoreo de cultivos (crop monitoring) mediante el análisis de imágenes multiespectrales* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12234  Quiñónez, P. (2022). *Evaluación de riesgos por erosión hídrica en el suelo de la microcuenca de la quebrada Quitumbe, provincia de Imbabura*. http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12305/2/PG%201101%20TRABAJO%20GRADO.pdf  Santos, F., Calle, N., Bonilla, S., Sarmiento, F., & Herrnegger, M. (2023). Impacts of soil erosion and climate change on the built heritage of the Pambamarca Fortress Complex in northern Ecuador. *PLoS ONE*, *18*(2 February). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281869 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN |  | ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN |
| Ing. Fernando Garrido MSc.  1707852081 |  | Ing. Pedro Granda, MSc.  1001701190 |



|  |  |
| --- | --- |
|  | ESTUDIANTE Sr. Mario Andrés Salazar Anrango  1003938477 |