

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD
DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, INFORMÁTICA Y
MECÁNICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



PROYECTO DE CURSO

“TÍTULO DEL PROYECTO”

Presentado por:

Nombre completo del integrante 1

Nombre completo del integrante 2

Nombre completo del integrante 3

Curso:

Nombre del curso

Profesor:

Nombre completo del profesor

5 de octubre de 2025

Resumen

Debe contener el tema del proyecto del curso, su importancia, los objetivos propuestos, las estrategias metodología y posibles aplicaciones. Debe ser redactado en un solo párrafo y no contener espacios entre líneas ni sangrías. Presentación: máximo 200 palabras.

Índice general

Índice de cuadros	V
Lista de Tablas	V
Índice de figuras	VI
Lista de Figuras	VI
1. Planteamiento del Problema	1
1.1. Problema General	1
1.2. Problemas Específicos	1
2. Antecedentes	2
2.1. Trabajos Relacionados	2
3. Justificación	3
4. Objetivos	4
4.1. Objetivo General	4
4.2. Objetivos Específicos	4
5. Hipótesis	5
5.1. Hipótesis General	5
5.2. Hipótesis Específicas	5

6. Alcances y Limitaciones	6
6.1. Alcances	6
6.2. Limitaciones	6
7. Marco Teórico	7
7.1. Líquenes	7
7.2. Cobertura Liquenica	8
7.3. Simbiosis líquénica	8
7.4. Biodeterioro	9
7.5. Patrimonio arqueológico	9
7.6. Deterioro pétreo	10
7.7. Segmentación de imágenes	11
7.8. Reflectancia espectral	11
7.9. Índices espectrales	12
7.10. Validación de campo	12
8. Metodología	13
8.1. Métodos de Validación Propuestas	14
9. Resultados Esperados	15
10. Contribuciones Originales Esperadas	16
Bibliografía	17

Índice de cuadros

Índice de figuras

7.1. Organismo Líquen en una roca	7
7.2. Superficie líquenica - área de ocupación	8
7.3. Simbiosis entre especies Líquenicas - Líquen - fungica vegetal	9
7.4. Patrimonio cultural - Sacsayhuaman Cusco	10
7.5. Desgaste y/o biodeterioro piedra a causa de los líquenes	10
7.6. Reflectancia espectral para determinar el tipo de planta en función a la longitud de onda en la luz reflejada	11
8.1. Especificación de las cámaras para la recepción de muestras	14

1 | Planteamiento del Problema

1.1. Problema General

Como se describió previamente los líquenes son organismos simbiontes de alta adaptabilidad que le permiten surgir en ambientes hostiles por lo tanto gracias a esta características su aparición en rocas y/o otros elementos no fértiles hace que su crecimiento se considere como algo no deseado debido al desgaste de las piedras que esta origina, sin embargo esto no debería ser un problema en cuestión si ello no afectara al patrimonio cultural y el cual debe ser mantenido por su relevancia histórica.

1.2. Problemas Específicos

- Primer problema específico.
- Segundo problema específico.
- Tercer problema específico.

2 | Antecedentes

2.1. Trabajos Relacionados

3 | Justificación

4 | Objetivos

4.1. Objetivo General

4.2. Objetivos Específicos

- Primer objetivo específico
- Segundo objetivo específico
- Tercer objetivo específico

5 | Hipótesis

5.1. Hipótesis General

5.2. Hipótesis Específicas

- Primera hipótesis específica
- Segunda hipótesis específica
- Tercera hipótesis específica

6 | Alcances y Limitaciones

6.1. Alcances

- Primer Alcance.
- Segundo Alcance.
- Tercer Alcance.

6.2. Limitaciones

- Primera limitación.
- Segunda limitación.
- Tercera limitación.

7 | Marco Teórico

7.1. Líquenes

Los líquenes son organismos simbióticos formados por la asociación entre un hongo y un alga (o cianobacteria). Esta simbiosis les permite colonizar sustratos difíciles, como superficies rocosas y piedras de monumentos arqueológicos, donde otros organismos no podrían sobrevivir. Su capacidad para fijarse en estas superficies los convierte en organismos pioneros en los procesos de colonización biológica. Gamboa Osorio et al. (2017)

Sin embargo, la presencia de líquenes en monumentos y construcciones históricas puede ser un factor significativo de biodeterioro. Al crecer sobre la piedra, su talo puede retener humedad que promueve la meteorización física y química, además de provocar la desagregación mineral. Por ello, es crucial entender su biología para diseñar estrategias eficaces de conservación del patrimonio pétreo en centros arqueológicos.



Figura 7.1: Organismo Líquen en una roca

7.2. Cobertura Líquenica

La cobertura líquenica se refiere a la extensión o superficie ocupada por las colonias de líquenes sobre un sustrato, en este caso, las piedras de monumentos arqueológicos. Un alto nivel de cobertura puede indicar un proceso avanzado de colonización que puede acelerar el deterioro del material.

La cuantificación de la cobertura líquenica es vital para monitorear la integridad de las piedras y evaluar la efectividad de tratamientos conservacionistas. Estos datos permiten identificar zonas críticas donde la acción de los líquenes es más intensa y donde las medidas de conservación deben ser prioritarias para proteger el patrimonio. Gamboa Osorio et al. (2017)



Figura 7.2: Superficie liquenica - area de ocupación

7.3. Simbiosis liquénica

La simbiosis líquenica es la relación mutualista entre hongos y algas o cianobacterias que da lugar al organismo visible como líquen. Esta asociación es fundamental para la resiliencia de los líquenes, permitiéndoles sobrevivir en ambientes extremos y colonizar materiales sólidos.

Esta particularidad implica que los líquenes tienen mecanismos adaptativos que favorecen su persistencia sobre las piedras, complicando su eliminación y aumentando el riesgo de biodeterioro en monumentos arqueológicos. Comprender esta simbiosis es clave para desarrollar tratamientos que respeten la estabilidad del monumento mientras controlan el crecimiento del líquen.



Figura 7.3: Simbiosis entre especies Líquenicas - Líquen - fungica vegetal

7.4. Biodeterioro

El biodeterioro es el proceso de degradación de materiales, en este caso rocas y piedras monumentales, causado por la acción de agentes biológicos como líquenes, hongos, bacterias y musgos. Estos organismos pueden alterar la estructura física y química de las piedras, debilitando su integridad.

En los centros arqueológicos, el biodeterioro representa una amenaza significativa para la conservación a largo plazo del patrimonio pétreo. La acción conjunta de microorganismos favorece la exfoliación, fisuración y cambio de color en las piedras, lo que puede llevar a la pérdida irreversible de información histórica y cultural contenida en los monumentos.

Según se cita de Gamboa Osorio et al. (2017)

7.5. Patrimonio arqueológico

El patrimonio arqueológico está constituido por los bienes culturales materiales de valor histórico, tales como monumentos, construcciones y artefactos que representan la herencia de civilizaciones pasadas. Las piedras que conforman estos elementos son testimonios materiales fundamentales para el estudio del pasado.

La conservación del patrimonio arqueológico implica proteger las piedras de la acción degradativa de factores biológicos como los líquenes. Su cuidado es esencial para preservar no solo la integridad física de los monumentos sino también el valor simbólico y cultural que estos representan para las generaciones presentes y futuras.



Figura 7.4: Patrimonio cultural - Sacsayhuaman Cusco

7.6. Deterioro pétreo

El deterioro pétreo es el conjunto de procesos que degradan la piedra, tanto por causas naturales como antropogénicas. Entre las causas naturales destacan la acción del agua, la temperatura, la contaminación atmosférica y la acción biológica como la de los líquenes, que provocan procesos físicos, químicos y biológicos que modifican la estructura y composición del material pétreo.

En contextos arqueológicos, el deterioro pétreo puede ser acelerado tras la excavación, que expone las piedras a condiciones ambientales nuevas. Es fundamental controlar agentes como los líquenes para evitar que el desgaste avance y se pierda información cultural contenida en las piedras.



Figura 7.5: Desgaste y/o biodeterioro piedra a causa de los liquenes

Según se cita en Navarrete (2022)

7.7. Segmentación de imágenes

La segmentación de imágenes es una técnica de procesamiento digital que permite separar y clasificar distintas zonas dentro de una imagen, facilitando el análisis específico de áreas afectadas por líquenes en las piedras. Es una herramienta útil para cuantificar la cobertura líquenica de manera objetiva y reproducible.

Esta técnica es importante para la conservación de monumentos porque posibilita la identificación temprana de zonas deterioradas y el monitoreo continuo del progreso del biodeterioro. Así se pueden tomar decisiones informadas sobre intervenciones conservacionistas y su seguimiento en el tiempo.

7.8. Reflectancia espectral

La reflectancia espectral mide la cantidad de luz que una superficie refleja en diferentes longitudes de onda. En el estudio de líquenes, la reflectancia espectral permite detectar y caracterizar la presencia de estas colonias sobre piedras mediante técnicas remotas o en campo.

Este método es valioso para la conservación porque permite evaluar la extensión y tipo de cobertura líquenica sin contacto físico con el monumento, minimizando daños y facilitando protocolos de monitoreo eficientes y no invasivos para la protección del patrimonio pétreo.

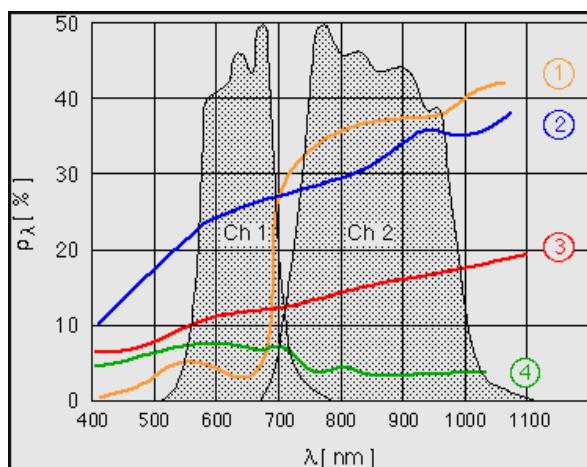


Figura 7.6: Reflectancia espectral para determinar el tipo de planta en función a la longitud de onda en la luz reflejada

7.9. Índices espectrales

Los índices espectrales son combinaciones matemáticas de reflectancias en diferentes bandas del espectro electromagnético que realzan características específicas de la superficie, como la vegetación o en este caso, la cobertura líquenica. Son herramientas útiles para detectar y cuantificar la presencia de líquenes en imágenes obtenidas por satélites o drones.

Estos índices permiten a los especialistas en conservación identificar patrones de colonización biológica y evaluar el impacto del biodeterioro en áreas arqueológicas. De esta forma, se optimizan las estrategias de conservación mediante un análisis más preciso y global.

7.10. Validación de campo

La validación de campo es el proceso de verificar *in situ* los datos obtenidos por técnicas remotas o analíticas, calibrando y confirmando la información sobre la presencia y extensión de líquenes en las piedras. Es un paso crucial para garantizar la fiabilidad de los estudios y tratamientos de conservación.

Esta validación es fundamental en centros arqueológicos porque asegura que las medidas de monitoreo y control del biodeterioro basadas en tecnologías avanzadas coinciden con la realidad física, permitiendo así intervenciones más efectivas y acertadas para preservar los monumentos.

8 | Metodología

El objeto de estudio se encuentra localizado en la superficie rocosa de los centros arqueológicos y/o monumentos en el ciudad de Cusco, es así que para la detección y estimación del área que ocupa se tendrá en cuenta un enfoque pseudo-multiespectral dentro del espacio y rango visible [380nm - 760nm] para la obtención de imágenes RGB para su posterior procesamiento.

8.1. Limitantes

El enfoque propuesto restringe el espectro electromagnético al espectro visible para longitudes de onda entre correspondientes al rojo, verde y azul, dejando de lado así la radiación ultra violeta e infrarroja para el análisis de las muestras e imágenes capturadas, pudiendo aplicar de esta forma un método que no requiera de equipo de calidad y/o filtros de luz que incurren en un gasto considerable para su implementación.

Una vez establecidos los parámetros principales para el dispositivo receptor de luz y sus limitantes es necesario describir el espacio de estudio el cual se desarrollara en los centro arqueológico de Qenq'o y Sacsayhuaman pertenecientes a la ciudad del Cusco, siendo este lugar el preciso gracias al fácil acceso al patrimonio pétreo que lo conforman posibilitando la siguiente etapa que consiste en la recopilación de muestras (imágenes) de los muros afectados por el organismo simbionte (Liquen).

8.2. Materiales y toma de muestras

Para la toma de muestra y/o recolección de imágenes una vez en el sitio se harán uso de las cámaras de uso personal e integrados en los dispositivos móviles, la cual cuenta con las siguientes características:

- 3 cámaras posteriores
- Resolución: 50MP f/1.8 + 5.0 MP f/2.2 + 2.0 MP f/2.4

- Espacio de luz detectable en el espectro RGB

Y de la cual se puede destacar que el sensor de 50MP representa la cámara principal con una distancia focal de 1.8, mientras que la cámara de gran angular para un registro más amplio tiene una resolución de 5.0MP con una distancia focal de 2.2 y finalmente se tiene la cámara macro como 2.0MP con una distancia focal de 2.24 para la recepción de imágenes de alta resolución que se encuentran cerca al sensor y lente.



Figura 8.1: Especificación de las cámaras para la recepción de muestras

En la imagen previa se puede apreciar la disposición de cada cámara y su resolución correspondiente para el dispositivo móvil a emplear.

Una vez definidos los materiales necesarios para la toma de muestras se realizará una visita in situ para realizar una recopilación de fotografías del material pétreo afectado, siendo así que para cada caso se tendrá en cuenta diferentes indicadores desde diferentes ángulos y para diferentes tipos de iluminación según lo requerido para una recolección satisfactoria.



Figura 8.2: Muestra pétrea afectada por un Líquen

En la imagen superior se tiene una muestra de ejemplo el cual consiste en una figura pétrea afectada para la cual se realizará el procesamiento digital de la imagen

8.3. PROCESAMIENTO DE MUESTRAS Y SEGMENTACIÓN MEDIANTE ESPECTRO15

para el análisis espectral utilizando para tal propósito la librería open-cv (Python) y relacionadas para un análisis en los diferentes modos de color que nos permitan segmentar las áreas de importancia afectadas por la especie orgánica.

8.3. Procesamiento de muestras y segmentación mediante espectro

Para el procesamiento de muestras se consideraran 2 puntos divididos en el preprocesamiento de la imagen y la detección del área afectada teniendo en cuenta para ello el enfoque teórico visto hasta el momento el actual procedimiento contemplará un esquema dinámico mediante el uso de diferentes modos de color entre los que destacaran

- HSV (Hue,Saturation, Value)
- YUV (Luma, Croma (UV))
- YCbCr (Iluminación y cromado)
- LAB (Lightness, A, B)

u otros, considerando para caso la equalización entre otras transformaciones para la segmentación de la imagen según la reflectancia espectral de luz que los especímenes generan y que son captados por los sensores de las cámaras.

8.4. Estimación del área afectada mediante segmentación

Una vez procesadas las imágenes la siguiente etapa consta del reconocimiento del área afectada utilizando para ello un algoritmo de aprendizaje reforzado o Machine Learning mediante las tonalidades resultantes para cada pixel como resultado de la segmentación espectral aplicada mediante los modos de color y transformaciones ejecutadas, esto al no contemplar cierta uniformidad o linealidad para cada pixel,

y que posteriormente se usará para el cálculo de área y en función a ello aplicar una toma de decisiones para la activación de alerta o indicador de acción.

La metodología de investigación hace referencia al conjunto de procedimientos racionales y ordenados utilizados para alcanzar uno o varios objetivos que rigen en una investigación científica, en otras palabras, es el método utilizado para alcanzar los objetivos perseguidos. Se recomienda que el estudiante redacte en forma de párrafos el procedimiento a seguir para la elaboración de investigación.

8.5. Métodos de Validación Propuestas

Cuales serán las métricas utilizadas

9 | Resultados Esperados

Finalmente como salida del procedimiento a implementar se busca crear un criterio para la detección del área afectada por los especies simbiontes líquenes mediante procesamiento digital de imágenes para el tratamiento correspondiente de las figuras pétreas afectadas con la institución correspondientes, limitándose este estudio al cálculo de área afectada y un indicador de alerta para realizar el mantenimiento de las zonas afectadas de forma objetiva al contar con un algoritmo para este objetivo.

El estudiante redactará los resultados que espera obtener al finalizar su proyecto o investigación.

10 | Contribuciones Originales Esperadas

En el aspecto general de la investigación planteada el estado del arte relacionado destacada métodos de extracción, toma de muestras físicas para la identificación de los diferentes organismos en los líquenes para comprender su interacción y posibles efectos sobre el patrimonio pétreo o incluso en investigaciones pioneras se busca la implementación y uso de los rayos x para realizar investigaciones menos invasivas para el estudio en el campo de la petrología, sin embargo a priori un análisis desde el punto de vista digital mediante el procesamiento de imágenes no se contempla como punto de partida para una solución es así que un procedimiento en función al análisis espectral sería un aporte no aplicado en la actual problemática y que puede ser punto de partida para futuras investigaciones en el campo creciente del procesamiento digital que cada vez cuenta con más y mejores equipos para analizar con mejor detalle incluso longitudes de onda no perceptibles por el ojo humano en el rango del ultravioleta e infrarrojo como se viene aplicando con las cámaras hiperespectrales y multiespectrales.

Las principales contribuciones de este trabajo pueden resumirse en:

- Análisis espectral de las especies simbiontes mediante el procesamiento de imágenes
- Propone el uso de un espacio limitado al RGB para el procedimiento limitando costos de implementación.
- Algoritmo de procesamiento basado en los diferentes modos de color y el reconocimiento del área afectada de forma inteligente.

Bibliografía

Gamboa Osorio, J., Lago González, A., Nieto Iglesias, J., Núñez Estévez, B., and Núñez González, C. (2017). Los líquenes y la degradación: Conservación del patrimonio arquitectónico. *Revista de Bioloxía*, 9:83–94.

Navarrete, I. (2022). Biota liquénica en el monumento arqueológico de pawkarkancha, santuario histórico de machupicchu. *Revista Q'EUNA*, 13(1):25–37.