



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA DE
DETECCIÓN TEMPRANA DE AFLORAMIENTOS DE ALGAS NOCIVAS
MEDIANTE ANÁLISIS ESPECTRAL EN TIEMPO REAL**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL ELÉCTRICO

MARCELO IGNACIO GATICA RUEDLINGER

PROFESOR GUÍA:
RICARDO FINGER CAMUS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
FRANCO CUROTTO MOLINA
ÁLVARO SILVA MADRID
SERGIO ASTUDILLO TORRES

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Centro de Astrofísica y Tecnologías Afines (CATA), junto con su apoyo técnico durante todo el proyecto.

SANTIAGO DE CHILE
2025

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL ELÉCTRICO
POR: MARCELO IGNACIO GATICA RUEDLINGER
FECHA: 2025
PROF. GUÍA: RICARDO FINGER CAMUS

DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN TEMPRANA DE AFLORAMIENTOS DE ALGAS NOCIVAS MEDIANTE ANÁLISIS ESPECTRAL EN TIEMPO REAL

Los fenómenos de afloramientos de algas nocivas –FAN, por sus siglas– son eventos naturales que ocurren en las costas de varias regiones del mundo, incluyendo la costa chilena. Estos eventos son causados por la ploriferación explosiva de ciertas especies de fitoplancton que pueden producir toxinas perjudiciales para la salud humana y la vida marina. Los eventos de FAN causan un gran impacto económico, social y ambiental en las comunidades costeras, afectando la pesca al tener que confiscar y descartar productos del mar, para luego cerrar sectores completos a la pesca, al turismo dado que una alerta sanitaria disuade a los visitantes, y a la salud pública, ya que la ingestión de mariscos contaminados puede provocar enfermedades graves e incluso la muerte, sobre todo en los sectores más rurales o aislados donde el servicio de salud es limitado. Con esta problemática en mente, el objetivo de esta memoria fue diseñar un sistema basado en la espectroscopía de la luz visible y de la fluorescencia en tiempo real para así detectar la presencia de algas nocivas en el agua de mar mucho antes de la explosiva aparición de toxinas. Dicho sistema debía ser simple de fabricar, de bajo costo y de fácil implementación en terreno para permitir la masificación, sin comprometer la precisión y confiabilidad de las mediciones. Comenzando con la prueba de concepto, se fabricó un prototipo inicial no sumergible donde se evaluaron distintos sensores, componentes electrónicos y disposiciones ópticas para evaluar la factibilidad del sistema. Luego, se dio con un diseño sumergible tentativo que en un inicio prometía ser efectivo, sin embargo, tras discutir con expertos en oceanografía y biología marina, se optó por modificar este diseño inicial en búsqueda de uno más simple y robusto para su operación a largo plazo en el mar. Esto hizo necesario el desarrollo de un nuevo prototipo de laboratorio no sumergible para evaluar el nuevo diseño óptico del dispositivo usando muestras de agua controladas. Continuando con la mejora del sistema, se implementaron nuevos controladores electrónicos, se optimizó el manejo energético y mejoró el protocolo de comunicación de datos. Más adelante se fabricaron nuevas unidades hasta tener un total de 4 equipos que fueron nuevamente desplegados en Puerto Williams para una campaña de medición prolongada, obteniendo así datos durante varios días consecutivos. Con dichos datos se encontró una fuerte correlación de la temperatura del sensor con las mediciones de color, al ver un alto índice de Pearson entre ambas variables, por lo que se implementó una corrección por temperatura en las mediciones para mejorar la estabilidad y precisión de los datos obtenidos. Aplicada dicha corrección, se demostró que el sistema tenía la sensibilidad necesaria para detectar con certeza una concentración de tinta roja de una gota en 20 litros de agua, indicando un cambio varias veces mayor a una desviación estándar de la media previo a la incorporación del pigmento, siendo así, un resultado prometedor para la detección de algas nocivas en concentraciones bajas en el agua marina. Finalmente, se estudiaron los datos de dicha campaña, encontrando correlaciones entre los equipos al medir una misma zona del mar, al también compararse con los datos de los mismos equipos sumergidos en el tubo de seis metros de profundidad en Santiago.