

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS-ALEX M TIPULA last.pdf

AUTOR

Alex Mamani

RECUENTO DE PALABRAS

16516 Words

RECUENTO DE CARACTERES

90038 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

82 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.5MB

FECHA DE ENTREGA

Mar 15, 2024 4:27 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Mar 15, 2024 4:29 PM GMT-5

● 5% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS**
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.untels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1). TESIS () 2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ()

DATOS PERSONALES

| | |
|----------------------|----------------------------|
| Apellidos y Nombres: | MAMANI TIPULA ALEX ROBERTO |
| D.N.I.: | 70572697 |
| Otro Documento: | |
| Nacionalidad: | PERUANO |
| Teléfono: | 978488539 |
| e-mail: | 2015100151@untels.edu.pe |

DATOS ACADÉMICOS

Pregrado

| | |
|------------------------------|----------------------------------|
| Facultad: | FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN |
| Programa Académico: | TESIS |
| Título Profesional otorgado: | INGENIERO AMBIENTAL |

Postgrado

| | |
|-----------------------------|--|
| Universidad de Procedencia: | |
| País: | |
| Grado Académico otorgado: | |

Datos de trabajo de investigación

| | |
|------------------------|--|
| Título: | MODELAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA APLICANDO QUAL2K PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y PROPUESTAS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL CANAL VISTA ALEGRE DE CHORRILLOS, LIMA |
| Fecha de Sustentación: | 04 de diciembre del 2023 |
| Calificación: | APROBADO POR DISTINCIÓN |
| Año de Publicación: | 2024 |



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

| Derechos de autor | | |
|---------------------------|---|-------------------------------------|
| TIPO DE ACCESO | ATRIBUCIONES DE ACCESO | ELECCIÓN |
| ACCESO ABIERTO 12.1(*) | info:eu-repo/semantics/openAccess (Para documentos en acceso abierto) | <input checked="" type="checkbox"/> |

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

| Derechos de autor | | |
|--------------------|---|----------|
| TIPO DE ACCESO | ATRIBUCIONES DE ACCESO | ELECCIÓN |
| ACCESO RESTRINGIDO | info:eu-repo/semantics/restrictedAccess (Para documentos restringidos) | () |
| | info:eu-repo/semantics/embargoedAccess (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo) | () |
| | info:eu-repo/semantics/closedAccess (para documentos confidenciales) | () |

(*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

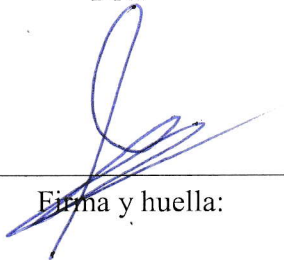
Motivos de la elección del acceso restringido:

MAMANI TIPULA ALEX ROBERTO

APELLIDOS Y NOMBRES

70572697

DNI



Firma y huella:



Lima, 19 de marzo del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**MODELAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA APLICANDO QUAL2K
PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y
PROPUESTAS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL CANAL VISTA
ALEGRE DE CHORRILLOS, LIMA**

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

MAMANI TIPULA, ALEX ROBERTO
ORCID: 0009-0001-7919-069X

ASESOR

HERRERA ESPINOZA, JAVIER
ORCID: 0000-0002-2571-1699

**Villa El Salvador
2023**



DECANATO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

En Villa El Salvador, siendo las 10:40 a.m. del día 04 de diciembre del 2023, en la Facultad de Ingeniería y Gestión, los miembros del Jurado Evaluador, integrado por:

PRESIDENTE: GUILLERMO LORENZO VILCHEZ OCHOA DNI N° 08968007 C.I.P. N° 046448
SECRETARIO: JOSE ALFONSO APESTEGUIA INFANTES DNI N° 09359857 C.Q.F.P. N° 06538
VOCAL : RUBEN ARMANDO DAGA LOPEZ DNI N° 40791052 C.I.P. N°117573
ASESOR : JAVIER HERRERA ESPINOZA DNI N° 07603432 CIP N° 45728

Designados mediante Resolución de Decanato N° 365-2023-UNTELS-R-D de fecha 15 de agosto del 2023 quienes dan inicio a la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación de Tesis.

Acto seguido, el (la) aspirante al: Grado de Bachiller Título Profesional

Don: ALEX ROBERTO MAMANI TIPULA identificado(a) con D.N.I. N° 70572697, procedió a la Sustentación de:

Trabajo de investigación Tesis Trabajo de suficiencia Artículo científico

Titulado: "MODELAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA APLICANDO QUAL2K PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y PROPUESTAS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL CANAL VISTA ALEGRE DE CHORRILLOS, LIMA".

Aprobado mediante Resolución de Decanato N° 813-2023-UNTELS-R-D de fecha 23 de noviembre, de conformidad con las disposiciones del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales vigentes, sustentó y absolvió las interrogantes que le formularon los señores miembros del Jurado Evaluador.

Concluida la Sustentación se procedió a la evaluación y calificación correspondiente, resultando el aspirante APROBADO por distinción con la nota de: dieciseis (letras)..... 16 (números), de acuerdo al Art. 65° del Reglamento General para optar el Título Profesional.

| CALIFICACIÓN | | CONDICIÓN | EQUIVALENCIA |
|--------------|-----------|-------------------------|--------------|
| NÚMERO | LETRAS | | |
| 16 | Dieciseis | aprobado por Distinción | Muy bueno |

Siendo las 11:30 a.m. horas del día 04 de diciembre del 2023, se dio por concluido el acto de sustentación, firmando el jurado evaluador el Acta de Sustentación, que obra en el Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión.

Dr. JOSE ALFONSO APESTEGUIA INFANTES
SECRETARIO

.....
JOSÉ A. APESTEGUIA INFANTES
QUÍMICO FARMACÉUTICO
C.Q.F.P. N°06538
ESP. TOXICOLOGÍA Y QUÍMICA LEGAL
R.N.E. N° 240

Dr. GUILLERMO LORENZO VILCHEZ OCHOA
PRESIDENTE

ALEX ROBERTO MAMANI TIPULA
BACHILLER

Mg. RUBEN ARMANDO DAGA LOPEZ
VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres Elena y Roberto por su apoyo incondicional y motivación.

A Anthony y Laura por su inspiración en forjar un camino y figura de autosuperación

AGRADECIMIENTO

Agradezco

A las personas que aleatoriamente estuvieron en este proceso de mi vida y sumaron valor al modelo de persona que resulto ser hoy.

Además, a mi asesor Javier Herrera Espinoza por su rigor en los avances de la tesis y a los docentes Alex Segundino Armas Blancas por su orientación en la temática y Maglio Ruiz Vergaray por haber sido revisor de esta investigación y su impacto educativo en la UNTELS.

Finalmente, un agradecimiento especial a mi familia por ser un apoyo incondicional en el cumplimiento de mis metas, desarrollo personal y profesional.

RESUMEN

El estudio sobre modelamiento de calidad de aguas con el modelo matemático Qual2k integra ecuaciones de balances de masa, coeficientes de rugosidad, reacciones cinéticas, tipos de canales o ríos, sedimentación, entre otras variables que se relacionan mediante métodos computacionales ya establecidos por el creador del modelo Steve Chapra.

Las variables de calidad de agua a modelar en el estudio se basan en los datos históricos comprendidos desde 2019 al 2022 por la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa, los datos y características hidráulicas del canal son del 2019 por el estudio hidrogeológico realizado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico y datos de monitoreos y características hidrológicas realizados en campo del 2022 al 2023 para la presente investigación.

Los procesos de modelamiento y calibración del modelo se realizaron mediante el cálculo de las ecuaciones presentes en el manual proporcionado por el autor de Qual2K con los datos existentes, asimismo con referencias tasas de calibración de otros estudios, las pruebas de simulación con el análisis de incertidumbre se realizaron con el método de Montecarlo con 1000 pruebas para un mejor ajuste al análisis del modelo.

Los resultados obtenidos en el modelo Qual2k aplicado al canal Vista Alegre fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental vigentes y aplicables al área de estudio concluyendo que las variaciones en los parámetros de calidad de agua no solo dependen de los vertimientos puntuales, sino que también son muy sensibles a los caudales ingresados en los tramos que se define en este estudio.

ABSTRACT

The study on water quality modeling with the Qual2k mathematical model integrates mass balance equations, roughness coefficients, kinetic reactions, types of canals or rivers, sedimentation, among other variables that are related through computational methods already established by the creator of the Model Steve Chapra.

The water quality variables to be modeled in the study are based on historical data included from 2019 to 2022 by the Municipal Authority of the Pantanos de Villa, the data and hydraulic characteristics of the channel are from 2019 by the hydrogeological study carried out by the Institute Geological, Mining and Metallurgical and data from monitoring and hydrological characteristics carried out in the field from 2022 to 2023 for this investigation.

The modeling and calibration processes of the model were carried out by calculating the equations present in the manual provided by the author of Qual2K with the existing data, also with references of calibration rates from other studies, the simulation tests with the analysis of uncertainty. It was carried out with the Monte Carlo method with 1000 tests for a better fit to the model analysis.

The results obtained in the Qual2k model applied to the Vista Alegre canal were compared with the Environmental Quality Standards in force and applicable to the study area, concluding that variations in water quality parameters not only depend on specific discharges, but are also very sensitive to the flows entered in the sections defined in this study.

INDICE

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA | ii |
| RESUMEN | iv |
| LISTADO DE TABLAS | viii |
| LISTADO DE FIGURAS | ix |
| INTRODUCCION | 1 |
| I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 2 |
| 1.1 Motivación..... | 2 |
| 1.2 Estado de arte..... | 2 |
| 1.3 Descripción del problema..... | 3 |
| 1.4 Formulación del problema..... | 4 |
| 1.4.1 Problema general | 4 |
| 1.4.2 Problemas específicos..... | 4 |
| 1.5 Objetivos..... | 4 |
| 1.5.1 Objetivo general | 4 |
| 1.5.2 Objetivos específicos | 4 |
| 1.6 Justificación..... | 5 |
| II. MARCO TEÓRICO | 8 |
| 2.1 Antecedentes..... | 8 |
| 2.1.1 Antecedentes Internacionales | 8 |
| 2.1.2 Antecedentes Nacionales | 9 |
| 2.2 Bases teóricas | 10 |
| III. VARIABLES E HIPÓTESIS | 15 |
| 3.1 Operacionalización de variables | 15 |
| 3.2 Hipótesis de la investigación | 16 |
| 3.2.1 Hipótesis general | 16 |
| 3.2.2 Hipótesis específicas..... | 16 |
| IV. METODOLOGÍA | 17 |
| 4.1 Descripción de la metodología | 17 |
| 4.2. Implementación de la investigación | 25 |
| 4.2.1. Pruebas realizadas..... | 25 |
| 4.2.2. Campaña de toma de muestras y ensayos de laboratorio | 25 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2.3. Campaña de control de caudales por método de flotadores | 29 |
| 4.2.4. Análisis y validación de datos | 33 |
| 4.2.5. Coeficientes de Rugosidad de Manning | 33 |
| 4.2.6. Manejo de datos para calibración | 34 |
| 4.2.7. Proceso de estimación de tasas de reacción..... | 34 |
| 4.2.8. Tasas de reaireación (ka) | 35 |
| 4.2.9. Tasa de nitrificación (kn)..... | 36 |
| 4.2.10. Tasa de decaimiento de patógenos (kb)..... | 37 |
| 4.3 Población y muestra | 40 |
| 4.4 Técnicas de recolección de datos | 40 |
| 4.5. Instrumentos de recolección de datos..... | 41 |
| 4.5.1. Validez..... | 41 |
| 4.5.2. Confiabilidad | 42 |
| 4.6 Resultados..... | 46 |
| 4.6.1. Tiempo de viaje | 46 |
| 4.6.2. Temperatura..... | 47 |
| 4.6.3. Conductividad..... | 48 |
| 4.6.4. Oxígeno Disuelto..... | 49 |
| 4.6.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno..... | 50 |
| 4.6.6. Nitrogeno Orgánico | 51 |
| 4.6.7. Amoniacó | 52 |
| 4.6.8. Amonio | 53 |
| 4.6.9. Nitratos | 54 |
| 4.6.10. Fósforo orgánico..... | 55 |
| 4.6.11. Alcalinidad | 56 |
| 4.6.12. pH | 57 |
| 4.6.13. Patógenos..... | 58 |
| VI. DISCUSION DE RESULTADOS | 59 |
| VII. CONCLUSIONES | 61 |
| VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 63 |
| ANEXOS | 65 |
| Anexo 1. Matriz de consistencia | 65 |
| Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos | 67 |
| Anexo 3. Glosario de términos | 71 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Actores involucrados en los vertimientos industriales y domésticos | 5 |
| Tabla 2. Problemática de contaminación en los canales de los Pantanos de Villa..... | 6 |
| Tabla 3. Operacionalización de variables | 15 |
| Tabla 4. Flujograma de la investigación aplicado al canal Vista Alegre | 17 |
| Tabla 5. Coordenadas de las zonas de monitoreo..... | 19 |
| Tabla 6. Parámetros de calidad de agua del canal Vista Alegre..... | 20 |
| Tabla 7. Resumen de velocidades en puntos de control del canal Vista Alegre | 20 |
| Tabla 8. Georreferenciación de los tramos definidos | 22 |
| Tabla 9. Parámetros de calidad de agua del canal Vista Alegre..... | 28 |
| Tabla 10. Formato llenado de control de caudal del canal Vista Alegre..... | 29 |
| Tabla 11. Variables de ingreso | 33 |
| Tabla 12. Valores de “n” de Manning aplicables al canal Vista Alegre | 33 |
| Tabla 13. Tipo de celdas (Qual2k) | 34 |
| Tabla 14. Ecuaciones de tasas de reacción de parámetros de calidad del agua..... | 34 |
| Tabla 15. Ecuaciones de reaireación para ríos de planicie | 36 |
| Tabla 16. Tasas de nitrificación referenciales | 37 |
| Tabla 17. Tasas de decaimiento de patógenos..... | 38 |
| Tabla 18. Parámetros meteorológicos de los Pantanos de Villa..... | 39 |
| Tabla 19. Resumen de variables estadísticas de los parámetros de calidad del agua con datos de campo..... | 43 |
| Tabla 20. Resumen de variables estadísticas aplicando el Método de Montecarlo para la probabilidad de sobrepasar los estándares de calidad del agua | 44 |
| Tabla 21. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL AMONIO Y NITRATO | 45 |
| Tabla 22. ANÁLISIS DE VARIANZA DE ALCALINIDAD Y PH..... | 45 |

LISTADO DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Ilustración 1. Recorrido del agua hacia laguna mayor. Lima, Perú. | 7 |
| Ilustración 2. Canal trapezoidal | 12 |
| Ilustración 3. Mapa de Zona de Reglamentación Especial..... | 15 |
| Ilustración 4. Ficha de campo de fuentes de agua | 18 |
| Ilustración 5. Zonas de monitoreo de calidad de agua | 19 |
| Ilustración 6. Modelo conceptual de los tramos del Canal Vista Alegre sin tributarios. | 21 |
| Ilustración 7. Canal Ganaderos..... | 23 |
| Ilustración 8. Panamericana..... | 23 |
| Ilustración 9. Lavadero mercados..... | 24 |
| Ilustración 10. Grupo chacras | 24 |
| Ilustración 11. Almacenes | 24 |
| Ilustración 12. Enjuague de frasco con agua del canal..... | 25 |
| Ilustración 13. Toma de muestra de aguas abajo para principales parámetros de calidad de agua..... | 26 |
| Ilustración 14. Lectura de conductividad en campo | 26 |
| Ilustración 15. Toma de muestra de aguas abajo..... | 26 |
| Ilustración 16. Toma de muestra aguas arriba para alcalinidad, amonio y nitrógeno orgánico | 27 |
| Ilustración 17. Toma de muestra aguas abajo para alcalinidad, amonio y nitrógeno orgánico | 27 |
| Ilustración 18. Hidráulica del canal con HCanales..... | 30 |
| Ilustración 19. Medida de profundidades aguas arriba..... | 30 |
| Ilustración 20. Medida de profundidades máximas en zona de lavadero de carros | 31 |
| Ilustración 21. Medida de ancho superior e inferior del río en tramos con accesibilidad ... | 31 |
| Ilustración 22. Aplicación de método de flotadores en los segmentos..... | 32 |
| Ilustración 23. Temporizado de flotador para longitudes de 50, 21 y 30 m..... | 32 |
| Ilustración 24. Tasas de reaireción según su profundidad y velocidad | 35 |
| Ilustración 25. Tiempos de viaje del modelo..... | 46 |
| Ilustración 26. Temperatura del agua | 47 |
| Ilustración 27. Conductividad Eléctrica | 48 |
| Ilustración 28. Oxígeno Disuelto..... | 49 |
| Ilustración 29. Demanda Bioquímica de Oxígeno..... | 50 |

| | |
|--|----|
| Ilustración 30. Nitrógeno Orgánico | 51 |
| Ilustración 31. Amoniacó | 52 |
| Ilustración 32. Amonio | 53 |
| Ilustración 33. Nitratos | 54 |
| Ilustración 34. Fósforo Orgánico..... | 55 |
| Ilustración 35. Alcalinidad | 56 |
| Ilustración 36. pH | 57 |
| Ilustración 37. Patógenos..... | 58 |
| Ilustración 38 Multiparámetro portátil HI 9813-6 Hanna Instruments..... | 67 |
| Ilustración 39 Kit de monitoreo Hach | 67 |
| Ilustración 40 Equipo Sistema Syscal Pro 48 Switch de IriS Instruments | 67 |
| Ilustración 41. Equipos meteorológicos del SENAMHI | 68 |
| Ilustración 42. Informe de ensayo del monitoreo del canal Vista Alegre | 69 |
| Ilustración 43. Cotización del informe de ensayo | 70 |

INTRODUCCION

El agua comprendida como un recurso finito y vital para la existencia de los ecosistemas como los Pantanos de Villa deben ser protegidos por la sociedad debido a que su existencia desempeña un rol de amortiguamiento de desastres naturales y reserva natural. En ese sentido, el canal Vista Alegre afronta amenazas por contaminación de las actividades antrópicas y los impactos ambientales inherentes que no solo afectan al agua sino a todo el entorno que interactúa con sus fuentes.

Para comprender los problemas específicos se inicia con la recopilación de datos existentes para una evaluación preliminar de las condiciones ambientales y su evolución del canal Vista Alegre, para ello se requiere verificar los estándares de calidad ambiental que aplican al área de estudio, identificar las fuentes de contaminación, recopilar monitoreos de calidad de agua, investigar las características hidráulicas del canal, consultar datos meteorológicos de estaciones cercanas y ubicarse geográficamente por las condiciones de zona costera.

La selección de modelo como método de evaluación de impactos ambientales requiere de criterio de campo para contrastar las simulaciones por realizar con la realidad, por ello, las variables que no se tenga en cuenta serán monitoreados por el investigador como parte del proceso de contar con un modelo robusto.

El objetivo de la presente investigación es evaluar cuantitativamente los impactos ambientales del canal Vista Alegre de acuerdo al comportamiento de sus principales contaminantes mediante la simulación de parámetros de calidad de agua con el modelo Qual2k (versión 2.12b1, 2012) para proponer alternativas de medidas de mitigación que se adecuen a los resultados observados por el modelo.

Los objetivos específicos se inician con la comprensión del código matemático integrado y su interfaz de las hojas de cálculo Excel. El proceso de calibración el modelo mediante coeficientes de rugosidad, tasas de reaireación y tasa de nitrificación, así como el método de Montecarlo como variable aleatoria para los procesos estocásticos del sistema hidrológico. Finalmente, los resultados cuantificables derivados del recorrido total del canal son evaluados de acuerdo a los estándares de calidad ambiental para proponer alternativas de mitigación que puedan contribuir a la conservación del canal Vista Alegre y los Pantanos de Villa.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Motivación

Los datos científicos son claros: los humedales son los sumideros de carbono más efectivos del planeta y son la solución fundamental al cambio climático, limitando el calentamiento global. (Martha Rojas Urrego, 2019). Por ende, la flora silvestre son un factor clave para la regulación de la calidad del aire y agua que consecuentemente generan un espacio adecuado para ser un refugio de vida silvestre y mantener la ecología del paisaje. En estudios realizados se evidencia que la pérdida y el deterioro de hábitats en los Pantanos de Villa está asociado al manejo inadecuado del recurso hídrico y a las presiones antropogénicas. (Pulido Capurro, 2018), por lo que controlar la calidad de sus aguas a lo largo del tiempo requieren de estudios especializados para su gestión integral del recurso hídrico y brindar propuestas de mitigación que favorezcan al Área Natural Protegida (ANP).

1.2 Estado de arte

En la actualidad, se han publicado gran variedad de investigaciones en torno a la problemática de la alteración de la calidad del agua de los Pantanos de Villa, distrito de Chorrillos – Lima. Por lo tanto, para comprender el comportamiento dinámico muchas veces impredecible se necesita de un modelo matemático (W. Quispe Prado, 2016), puesto que dicho comportamiento dependerá de la cantidad de contaminante y los mecanismos de transferencia de masas (Ávila Angulo y otros, 2014), entonces, el atractivo de aplicar el modelo Qual2k consiste en que permite modelar una gran cantidad de parámetros de calidad de agua (Castro Huertas, 2015) que puedan permitir realizar una evaluación de impacto ambiental del canal Vista Alegre que sufre impactos negativos debido a la descargas de aguas residuales (Enrique Ayala , 2021) para finalmente brindar una propuesta de mitigación siendo la fitorremediación la más tentativa por la diversidad de flora, considerando que actualmente hay 58 especies de flora vascular en los Pantanos de Villa, 47 silvestres (81%) y 11 cultivadas (19%). (Ramirez, 2010)

1.3 Descripción del problema

El área cubierta por humedales en el mundo (pantanos, lagos, etc.) ha disminuido en un 6% en quince años. (Prigent, 2012). La calidad del agua sigue empeorando, sin embargo, los humedales son de importancia por sus servicios ecosistémicos. (RAMSAR, 2018). Los Pantanos de Villa se encuentran en una zona de peligro de deterioro del suelo, agua y aire debido a la expansión de Lima, debido a factores sociales como migraciones, mejoras en los servicios básicos, entre otros los cuales se dieron debido a beneficiar intereses económicos inmediatistas (García et al, 2015), pero el avance urbanístico significa un mayor impacto para esta Área Natural Protegida (ANP) ya que como se ha explicado antes el planeamiento respondió a una necesidad económica y social de momento, por lo cual se generan diversas actividades que van ocupando área que pertenece a los humedales para convertirlos en zonas habitables o lugares donde se vierten residuos sólidos de diferente tipo, generando la destrucción de estos espacios los cuales han ido desapareciendo a lo largo del siglo (Cevallos, 2018). El drenaje y la contaminación son algunas de las actividades que producen mayor degradación a los humedales y reducción de ritmo medio de la biodiversidad (Sara Fraixedas, 2019), y que se encuentran presentes en el sector de Villa Baja perteneciente a la Zona de Reglamentación Especial (ZRE). En los últimos años se ha generado la acumulación de desmonte lo que ha acarreado que las zonas hidromórficas hayan sido rellenadas, transformándose radicalmente el ecosistema de hidromórfico a seco, es por esto que las lagunas varían constantemente y se están reduciendo (Pulido & Bermúdez, 2018).

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general

¿Cuáles serán los impactos ambientales evaluados mediante las simulaciones de calidad de agua del canal Vista Alegre empleando Qual2k para su propuesta de medidas mitigación que contribuyan a la conservación de los Pantanos de Villa, distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima?

1.4.2 Problemas específicos

- ¿Cómo integrar un modelo para la simulación de la calidad del agua del canal Vista Alegre?
- ¿Cuáles serán los impactos ambientales por la dispersión de contaminantes en el escenario real con contaminación del canal Vista Alegre?
- ¿Cuáles serán las propuestas mitigación para el escenario propuesto en el canal Vista Alegre, distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Determinar los impactos ambientales mediante la simulación de la calidad del agua del canal Vista Alegre empleando Qual2k para proponer medidas de mitigación que contribuyan a la conservación de los Pantanos de Villa del distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima

1.5.2 Objetivos específicos

- Aplicar del modelo Qual2k para la simulación de la calidad de agua del canal Vista Alegre para el periodo 2019-2022 de PROHVILLA e INGEMMET.
- Evaluar el impacto ambiental por la dispersión de contaminantes en el escenario real con contaminación con Qual2k en el canal Vista Alegre.
- Proponer alternativas de medidas de mitigación para la conservación de los Pantanos de Villa para el escenario propuesto en el canal Vista Alegre, distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima.

1.6 Justificación

1.5.1 Justificación teórica

La importancia del modelamiento de la calidad de aguas del canal Vista Alegre se basa en comprender el comportamiento de los contaminantes en los cuerpos de agua por vertimientos de tipo industrial y domésticos. La aplicación de la herramienta Qual2k permitirá realizar la simulación de dispersión de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos por el canal Vista Alegre brindando una percepción integral de los procesos que influyen en el cuerpo de agua. La presente investigación permitirá contribuir al conocimiento científico sobre el comportamiento de contaminantes en los canales de los humedales desde una base científica y tecnológica sólida disminuyendo costos en monitoreos y contribuir a la protección del medio ambiente.

Tabla 1. Actores involucrados en los vertimientos industriales y domésticos

| Amenaza | Actores Involucrados | Características |
|--|---------------------------------|--|
| Vertimiento de aguas residuales domésticas | LOMAS DE VILLA | Hacienda |
| | XTREME PERU VMJ | Centro de recreación/restaurante/mini zoológico |
| | LOAYZA | Hacienda |
| | SIERRA BRAVA | Local de eventos |
| | HORNO BRASA SABOR DE JOSE MARIA | Restaurante |
| Vertimiento de aguas residuales industriales | ESMERALDA CORP | Industria alimentaria y operación logística |
| | CONSORCIO Y SERVICIO SUR | Construcción y saneamiento en redes de agua potable y alcantarillado |
| | PERU CAR COLORS | Pintado de vehículos |
| | BACRUFLEX | Minera, industrial |
| | PERUVIAN ANDEAN TROUT SAC | Planta exportadora de truchas |
| Arrojo de residuos sólidos domésticos | EL ENCANTO | Hospedaje |
| | PITAGORAS | Colegio |
| | INKAFARMA | Almacén |
| | HORNO BRASA SABOR DE JOSE MARIA | Restaurante |
| Arrojo de residuos sólidos industriales | ULTRAFARMA | Farmacia |
| | INTER-MEDIUM PERU | Textil |
| | NOVAPERU | Venta / consumo de pescado |
| | AVINKA | Avícola |
| | TECLAB | Servicio de calidad de suelo/paredes, sector minero y construcción |
| | ESMERALDA CORP | Industria alimentaria y operación logística |

Fuente: PROHVILLA

1.5.2 Justificación práctica

La justificación práctica del presente estudio se basa en la necesidad de evaluar los impactos ambientales en el canal Vista Alegre debido a la contaminación del recurso hídrico por fuentes domésticas e industriales. El uso de la herramienta Qual2k permitirá a las autoridades vinculadas a la conservación del Área Natural Protegida y sus fuentes de agua para la toma de decisiones relacionadas a la gestión del recurso hídrico, identificación de fuentes contaminantes y medidas de mitigación. Los resultados de las corridas en los escenarios propuestos permitirán implementar medidas efectivas de conservación y recuperación de la calidad del agua del canal Vista Alegre y otros tributarios promoviendo el uso sostenible del recurso hídrico en el distrito de Chorrillos, Provincia de Lima, Departamento de Lima.

Tabla 2. Problemática de contaminación en los canales de los Pantanos de Villa

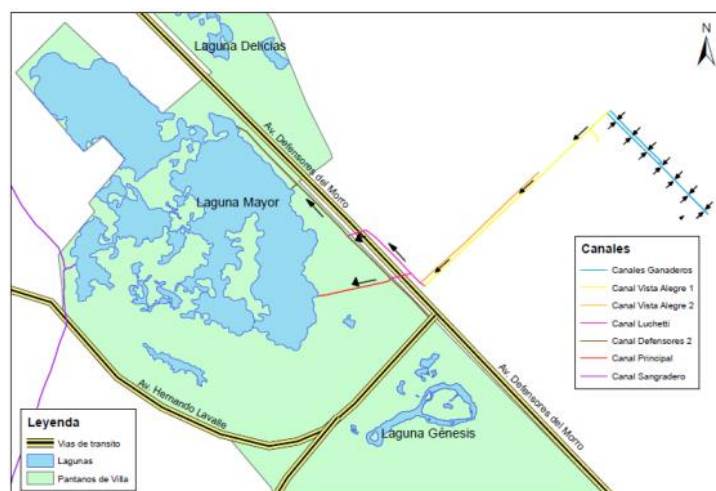
| Fuente contaminante | Coordenadas | | Zona UTM | Descripción |
|---------------------|-------------|---------|----------|---|
| | Este | Oeste | | |
| 1 | 284414 | 8649246 | 18 L | Aguas residuales domésticas, descarga continua |
| 2 | 284856 | 8649770 | 18 L | Lavado de ropa |
| 3 | 284580 | 8649735 | 18 L | Aguas residuales domésticas que colectan a un canal de tierra, desprendiendo al dren natural de la zona de protección y afloramiento y es escorrentía superficial |
| 4 | 284676 | 8949726 | 18 L | Residuos de desmonte y material de construcción |
| 5 | 284710 | 8649720 | 18 L | Aguas residuales domésticas |
| 6 | 284708 | 8649718 | 18 L | Aguas residuales domésticas |
| 7 | 284469 | 849850 | 18 L | Aguas residuales domésticas |
| 8 | 284455 | 8649870 | 18 L | Aguas residuales domésticas |
| 9 | 284428 | 8649896 | 18 L | Residuos sólidos de desmonte y residuos domésticos |
| 10 | 284259 | 8650075 | 18 L | Residuos sólidos de desmonte y residuos domésticos |
| 11 | 284151 | 8650061 | 18 L | Lavadero de ropa lavado de carros |
| 12 | 284132 | 8649177 | 18 L | Aguas residuales agropecuarias provenientes de un camal y centro de engorde |
| 13 | 284297 | 8649142 | 18 L | Aguas residuales domésticas |
| 14 | 284688 | 8649222 | 18 L | Aguas residuales domésticas |
| 15 | 284310 | 8649154 | 18 L | Aguas residuales vivienda y camal |
| 16 | 284647 | 8649477 | 18 L | Residuos de desmonte y material de construcción |

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA)

1.5.3 Justificación Tecnológica

El uso de software especializado: El uso de la herramienta de modelamiento como Qual2k representa un enfoque de tecnología para la gestión de la calidad del recurso hídrico. Su aplicación en la presente tesis contribuye a comprender el comportamiento de los contaminantes en el escenario real y proponer una alternativa de mitigación en cada caso.

Ilustración 1. Recorrido del agua hacia laguna mayor. Lima, Perú.



Fuente: (PROHVILLA, 2022)

1.5.4 Justificación social

La justificación social de la presente tesis se basa en el impacto positivo que tendrá en la comunidad del sector Villa Baja del distrito de Chorrillos y al área de influencia de los Pantanos de Villa puesto que, al simular y evaluar los impactos ambientales en el Canal Vista Alegre, se contribuirá en la gestión del recurso hídrico, promoviendo una mejor calidad del agua. Además, la investigación podría influir en la consciencia ambiental de la comunidad sobre los beneficios de conservar los cuerpos de agua y fomentar buenas prácticas para protección del medio ambiente.

1.5.4 Justificación económica

Los humedales son de importancia vital habida cuenta de los servicios ecosistémicos que prestan: la seguridad alimentaria y del agua, la reducción del riesgo de desastres y el secuestro de carbono, entre otros. Su valor económico y en materia de diversidad biológica supera con creces el de muchos ecosistemas terrestres. (RAMSAR, 2018). Asimismo, la aplicación del modelo Qual2k supone un ahorro de costos en el muestreo de aguas que se realizan para obtener información de los parámetros de calidad de agua de los canales de los Pantanos de Villa.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Internacionales

- Diana (2020) en su estudio “Implementación de modelo de calidad de agua qual2k, sobre un tramo del río pamplonita, para simulación de escenarios” el autor concluye que para un solo punto de vertimiento al río pamplonita en donde simula 04 escenarios: escenario actual, escenario sin descarga, escenario con tratamiento de aguas residuales y un último escenario sin tratamiento para una población proyectada en la que concluye que ningún escenario es favorable y no cumplen con los estándares locales, por lo que, recomienda considerar todos los vertimientos al modelo y contar con una campaña de monitoreos que aportan a la calibración de tasas.
- Alexa et al. (2022) en su investigación “Análisis de calidad de agua del río Chípalo por el vertimiento Santa Ana 1 y 2 utilizando el modelo QUAL2K” concluye que para las variables de OD, pH, Temperatura, DQO, DBO, nitrógeno y fósforo de los informes de IBAL y CORTOLIMA para la calibración del modelo en el recorrido de 10 km del río Chípalo. En los resultados del caso 1, 2 y 3 indica que el modelo es altamente influenciado por el caudal; en el caso 4, 5 y 6 hubo grandes variaciones de OD y DBO en mayores caudales; y para el caso 7, 8 y 9 en niveles de bajo caudal existe un alto nivel de contaminación, por lo que concluye que se presentó una considerable contaminación y resalta la disminución de costos usando el modelo matemático QUAL2K.
- Pazmiño Rodríguez et al. (2018) En su investigación “Modelización de la calidad del agua del estero Aguas Claras, Cantón Quevedo, Ecuador” concluye que el oxígeno disuelto disminuye por debajo del límite máximo permisible de la norma ecuatoriana para la condición de descargas de aguas residuales domiciliarias. Asimismo, el análisis del modelo de Streeter Phelps determina un buen ajuste con promedio de 0.99 para el coeficiente de determinación y para el índice de Nash-Sutcliffe.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

- Según Marlit (2017) en su investigación “Influencia del proceso de urbanización en el humedal del centro poblado Pomacochas – Amazonas 2017” el autor concluye que en el desarrollo de mapas se pudo observar las áreas aptas (color amarillo) y no aptas (color azul) para desarrollar la urbanidad, e hidrológicamente, no es recomendable urbanizar ni la cabecera ni el fondo del humedal y si lo contrastamos con la figura N° 12, se pudo constatar que la urbanidad que se desarrolló y viene desarrollando actualmente, se encuentra en áreas no recomendables. Finalmente se observó que, con una planificación y zonificación territorial, se evitaría impactos antropogénicos al humedal, materia en estudio.
- Condori (2022) en el estudio “Modelamiento y Simulación de Dispersión de Contaminantes del Vertimiento de Aguas Residuales del Rio Ichu, Huancavelica-2021” el autor concluye de su evaluación de los parámetros: E. Coli, pH, DBO durante el periodo de 12 meses desde enero a diciembre 2021 usando las técnicas de fotogrametría, observación y fichaje concluye que para los 3 puntos de estudio se tiene mayor concentración y dispersión en los meses de agosto para E. coli; OD para junio, julio y noviembre; y temperatura para octubre y noviembre.
- Según Sánchez (2020) en su tesis de maestría “Restauración de los canales eutrofizados de abastecimiento de agua a los Pantanos de Villa” el autor concluye que de los 03 ojos de agua de Villa Baja realizando 3 muestreos de agua para el canal 1, 3 muestreos de agua para el canal 2 y 2 muestreos de agua para el canal 3, los parámetros a nivel trófico P Total, Clorofila, Transparencia y de data existente para Conductividad, STD concluye que los canales están eutrofizados aplicando el método de la correlación de Carlson debido a los aportes de nitrógeno y fosforo de las áreas domésticas e industriales por lo que recomienda el uso ejecución de humedales artificiales.

2.2 Bases teóricas

2.2.1. Área Natural Protegida (ANP)

En el contexto de canal Vista Alegre como un cuerpo con flujo de agua constante de forma superficial y subterránea hacia los Pantanos de Villa declarada como un Área Natural Protegida es importante conocer que son espacios continentales y/o marinos del territorio nacional reconocidos, establecidos y protegidos legalmente por el Estado como tales, debido a su importancia para la conservación de la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país. (SERNAMP, 2010).

Según el Artículo 68° de la Constitución Política del Perú: “El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las Áreas Naturales Protegidas”.

2.2.2. Flujo de agua en canales

Los tipos de flujo de agua en los canales dependen de variables de diversos factores por lo cual tenemos los flujos a caracterizar para el presente estudio: permanente y no permanente; uniforme y variado; laminar y turbulento; crítico, subcrítico o supercrítico. (Villón Béjar, 2007). En este esquema de estudio de simulación de calidad de agua es importante tener claro en los flujos que asume el modelo y el flujo de campo.

2.2.3. Parámetros de calidad de agua

Las relaciones de equivalentes entre los principales iones en el orden mundial, tienden a ser, $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^{+} > K^{+}$ y $HCO_3^{-} > SO_4^{2-} > Cl^{-}$, aunque en regiones costeras, estas relaciones pueden variar significativamente. Las concentraciones de K^{+} y Cl^{-} son relativamente conservativas, es decir sufren pequeñas variaciones inducidas por cambios ambientales o por su utilización por seres vivos (Manaham, 1991)

En cambio, las concentraciones de HCO_3^{-} , el SO_4^{2-} y el Ca^{2+} dependen de procesos de precipitación-disolución, del metabolismo microbiano y de cambios climáticos. Algunos elementos minoritarios como el silicio, el nitrógeno, el fósforo, el hierro, tienen una gran importancia desde el punto de vista biológico, aunque no influyen en forma significativa en la salinidad de un cuerpo de agua (Wetzel, 1983).

2.2.4. Ecuación de Manning

La fórmula de Manning es una evolución de la fórmula de Chézy para el cálculo de la velocidad del agua en canales abiertos y tuberías, propuesta por el ingeniero irlandés Robert

Manning en 1889, Manning determinó que las características de la velocidad del flujo de los canales abiertos de agua corriente dependen de varios factores. Esto incluye la pendiente del lecho del arroyo, la rugosidad de las paredes del canal o los márgenes del arroyo y el radio hidráulico del canal. El radio hidráulico se calcula dividiendo el área de la sección transversal del arroyo o canal por su perímetro mojado y las paredes de un canal, o el lecho del arroyo y las orillas de un arroyo abierto. (Chapra S. , 2012)

Se plantea la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Ecuación de Manning

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

donde R es el radio hidráulico, S es la pendiente de energía y n es el coeficiente de rugosidad de Manning.

El coeficiente de Manning se puede calcular usando el método del SCS, planteado por Cowan, quien plantea su dependencia de: rugosidad superficial, vegetación, irregularidad del canal, alineamiento del canal, sedimentación y socavación, obstrucciones, tamaño y forma del canal, nivel y caudal, cambio estacional, material en suspensión y carga de fondo. (VIERA YAMUNAQUE , 2022). Luego:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m_5$$

Donde:

- no es un valor básico de n para un canal recto, uniforme y liso en los materiales naturales involucrados,
- n1 es un valor que debe agregarse al no para corregir el efecto de las rugosidades superficiales,
- n2 es un valor para considerar las variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del canal,
- n3 es un valor para considerar las obstrucciones,
- n4 es un valor para considerar la vegetación y las condiciones de flujo; y
- m5 es un factor de corrección de los efectos por meandros en el canal.

Dispersión Longitudinal

Se utilizan dos opciones para determinar la dispersión longitudinal de un límite entre dos elementos. Primero, el usuario puede simplemente ingresar valores estimados en la hoja de trabajo de alcance. Si el usuario no ingresa valores, se emplea una fórmula para calcular internamente la dispersión basada en la hidráulica del canal (Fischer et al. 1979)

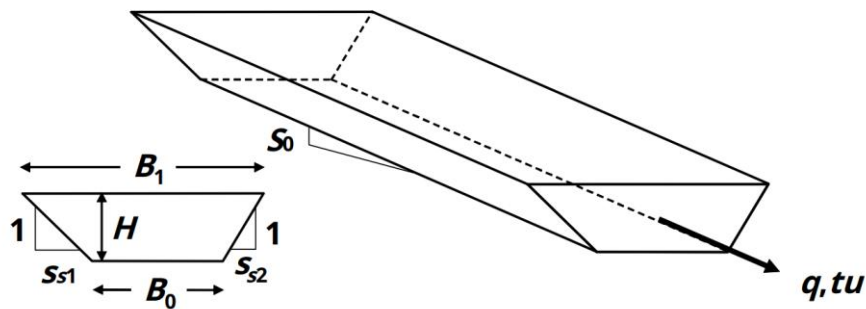
$$E_{p,i} = 0.011 \frac{U_i^2 B_i^2}{H_i U_i^*}$$

Dónde $E_{p,i}$ = la dispersión longitudinal entre elementos i y $i+1$ [m²/s], U_i = velocidad [m/s], B_i =ancho [m], H_i = profundidad media [m], y U_i^* = velocidad de corte [m/s], que está relacionada con más características fundamentales por

$$U_i^* = \sqrt{g H_i S_i}$$

Dónde g = aceleración debida a la gravedad [= 9,81 m/s²] y S = pendiente del canal [adimensional]

Ilustración 2. Canal trapezoidal



Fuente: (Chapra S. , 2012)

2.2.5 Modelo de calidad de agua

Los modelos de calidad del agua constituyen una herramienta para analizar el estado ecológico de los sistemas hídricos y predecir la respuesta de estos sistemas frente a diferentes escenarios ambientales. (Stella Maris, 2015)

La US EPA (1997) menciona tres principales categorías de modelos: de carga a escala de cuenca, de cuerpos de agua receptores y ecológicos. Los modelos de carga a escala de cuenca simulan la generación y movimiento de contaminantes desde el origen hasta la descarga en el cuerpo receptor. Segundo, los modelos de cuerpos receptores simulan el movimiento y transformación de contaminantes a través de lagos, ríos, estuarios y zonas cercanas al océano. Por último, las técnicas de evaluaciones ecológicas pueden incluir clasificaciones de hábitat y especies y sistemas de índices, así como modelos ecológicos y de toxicidad que simulan explícitamente comunidades biológicas y su respuesta a factores de estrés como tóxicos y modificaciones en el hábitat. (Urrego Zuluaga, 2021)

2.2.6 Modelo Qual2k

Modelo unidimensional de calidad del agua de ríos y arroyos con hidráulica de estado estacionario, flujo estacionario no uniforme y cinética de balance de calor/calidad del agua diel.

El modelo de calidad del agua QUAL2K fue desarrollado para la EPA (Environmental Protection Agency) de los Estados Unidos por Chapra y Pelletier en el año 2003, posteriormente fue mejorado en el año 2008 y recibió por nombre Qual2k. La nueva versión del modelo tiene la capacidad de simular una corriente principal y tres corrientes secundarias, las cuales pueden ser manejadas de manera independiente o integrarse a la corriente principal dependiendo de las necesidades del usuario. (Chapra et.al., 2008).

2.2.7 Variabilidad espacio temporal

La calidad del agua en el Canal Vista Alegre puede variar significativamente en diferentes puntos y momentos debido al cambio de las condiciones climáticas, el caudal del agua y las actividades humanas. La investigación podría enfrentar dificultades para capturar toda la variabilidad espacial y temporal, lo que puede afectar la representatividad de los resultados.

2.2.8 Precisión de los modelos

La herramienta Qual2k es una herramienta utilizada para el modelamiento de la calidad del agua que cuenta con el respaldo de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, sin embargo, todos los modelos tienen limitaciones inherentes. La precisión del modelo dependerá de la calidad de los datos de entrada para su calibración adecuada y la representación de los procesos que suceden en el canal. Por ello, se tiene la limitante de que algunas incertidumbres persistan en los resultados.

2.2.9 Factores externos

La evaluación de impactos ambientales en el Canal Vista Alegre puede estar influenciada por factores externos que no se toman en cuenta en la presente investigación. Por ejemplo, eventos climáticos como el Niño Costero, cambios en el uso del suelo que puedan realizar las empresas en el área de influencia y pueden afectar la calidad del agua y no serán estudiadas directamente en el modelo

2.2.10 Zona de Reglamentación Especial

La Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa (ZRE PV), aprobada mediante la ordenanza N° 2264, comprende el Humedal Pantanos de Villa y el entorno territorial que ejerce influencia sobre sus procesos ecológicos inherentes.

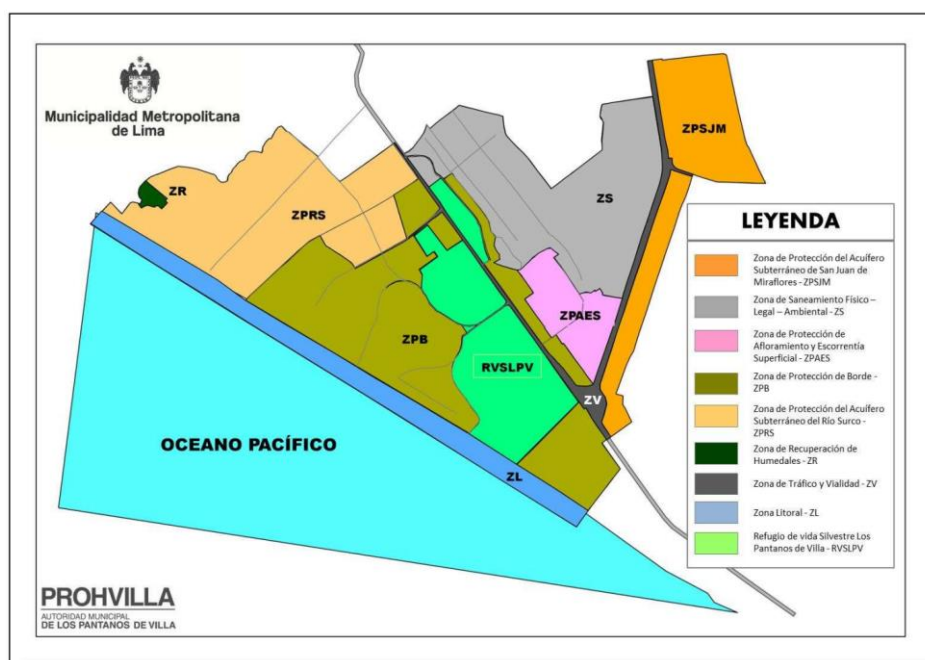
Asimismo, forman parte integrante de la presente Ordenanza: Anexo N° 1: Perímetro de la Zona de Reglamentación Especial de Los Pantanos de Villa; Anexo N° 2: Cuadro de Vértices; Anexo N° 3: Unidades de Ordenamiento Ambiental de la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa; Anexo N° 4: Identificación de Cuerpos de Agua en la ZRE PV y, Anexo N° 5: Mapa de Recursos Hídricos.

El entorno territorial al Humedal Pantanos de Villa está dividido en ocho (8) unidades de ordenamiento, conforme se establece en el artículo 9 de la presente ordenanza, con el fin de determinar los usos de suelo y las medidas de manejo ambiental que en ellas se deberán aplicar.

La ZRE PV incluye a la Zona de Amortiguamiento (ZA) del ANP RVSLPV que es definida por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SERNANP, mediante el Plan Maestro que se apruebe para tal área natural.

La ZRE PV tiene una extensión de 2572 hectáreas y está conformada por la Planicie Baja Occidental de Villa, comprendida entre los límites del litoral metropolitano y las formaciones de colinas y cerros designados como Morro Solar, ZigZag y Lomo de Corvina. Esta abarca las zonas de influencia del canal de Surco y los flujos de agua subterránea del Óvalo de Villa y la Quebrada de San Juan del acuífero del Rio Rímac. La ZRE PV se detalla en el Anexo N° 1 (Plano perimétrico) y en el Anexo N° 2 (dos cuadros de los vértices que la delimitan). Asimismo, comprende los manantiales y flujos de agua superficial que alimentan las lagunas del humedal, que se detallan en el Anexo N° 4 (Identificación de cuerpos de agua en la ZRE PV).

Ilustración 3. Mapa de Zona de Reglamentación Especial



Fuente: (Isabel Yachachi y otros, 2022)

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1 Operacionalización de variables

Tabla 3. Operacionalización de variables

| VARIABLE | DIMENSIONAMIENTO | INDICADORES |
|--|--|--|
| VD: Impactos Ambientales | Impactos Ambientales en las fuentes hídricas | <ul style="list-style-type: none"> • Carga de contaminantes por lixiviación de residuos sólidos • Carga de contaminantes de aguas residuales domésticas • Carga de contaminantes de aguas residuales industriales |
| VI: Calidad de agua del canal Vista Alegre | Parámetros físico-químicos | DBO, Oxígeno Disuelto, temperatura, pH, Conductividad eléctrica, nitratos, fosfatos, Sólidos suspendidos totales. |
| | Parámetros microbiológicos | <ul style="list-style-type: none"> • Coliformes Totales • Coliformes Fecales |

Fuente. Elaboración propia

3.2 Hipótesis de la investigación

3.2.1 Hipótesis general

Existe impactos ambientales negativos significativos en la simulación de la calidad del agua del canal Vista Alegre empleando QUAL2k que contará con propuestas de mitigación viables para la conservación de los Pantanos de Villa del distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima

3.2.2 Hipótesis específicas

- El modelo QUAL2k se desempeñará correctamente en la simulación de la calidad del agua del canal Vista Alegre para el periodo 2019-2022 de PROHVILLA e INGEMMET.
- Los resultados mostrarán impactos ambientales negativos significativo por la dispersión de contaminantes en el escenario real con contaminación con Qual2k en el canal Vista Alegre.
- Las propuestas de medidas de mitigación contribuirán a la conservación de los Pantanos de Villa, distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima.

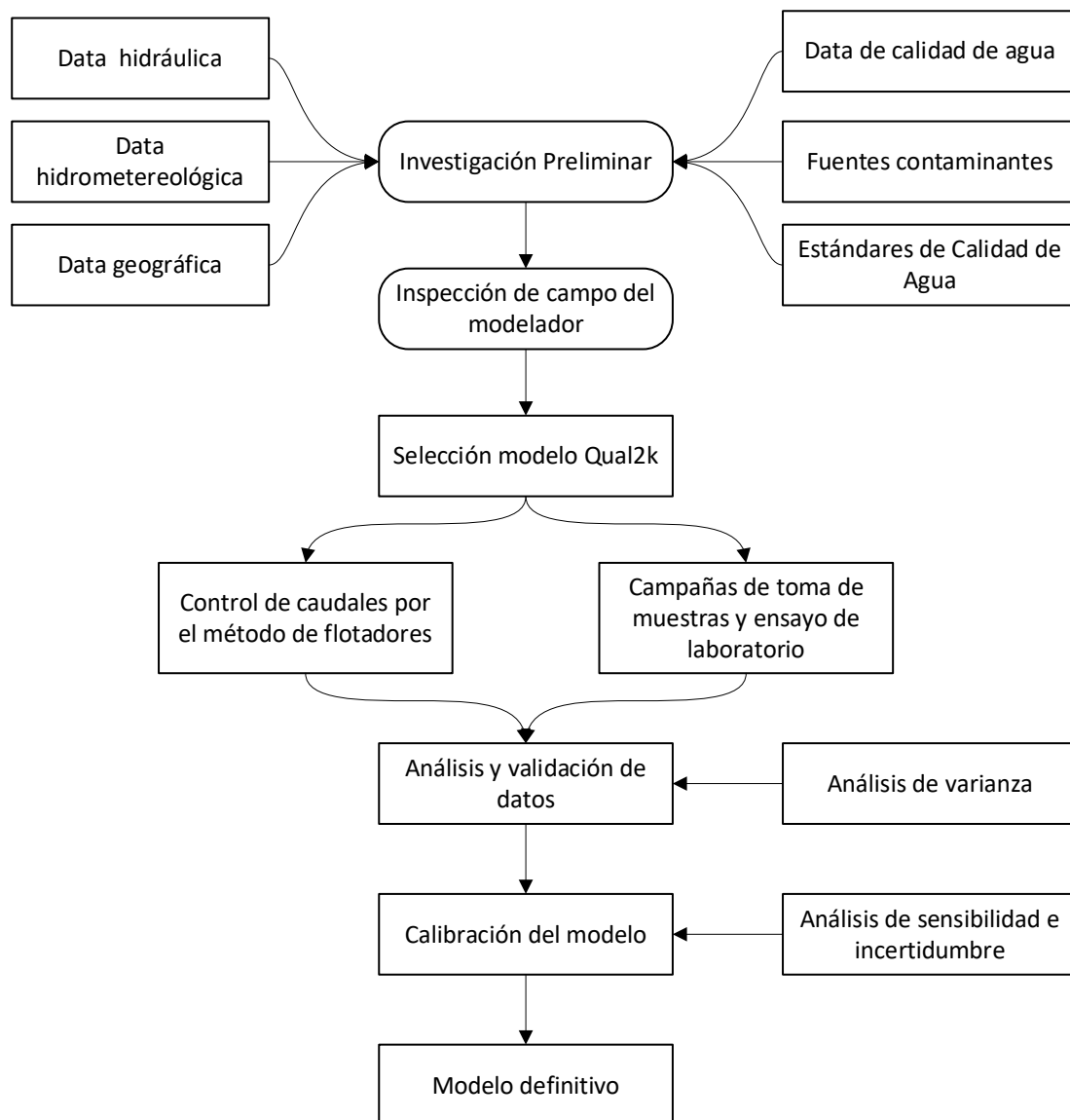
IV. METODOLOGÍA.

4.1 Descripción de la metodología

4.1.1. Flujo de la investigación

En el presente estudio se tiene el flujograma de modelamiento para el canal Vista Alegre donde abarca las fases de gabinete y de campo para que el modelo definitivo obtenga mayor confiabilidad y menor incertidumbre. El flujograma abarca el proceso de selección del modelo, recopilación de información y calibración.

Tabla 4. Flujograma de la investigación aplicado al canal Vista Alegre






Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Investigación preliminar

El primer paso es la recopilación de información relevante de la literatura existente, informes técnicos, tesis y papers sobre los estudios referidos al canal Vista Alegre sobre parámetros de calidad de agua, tasas de calibración, coeficientes hidráulicos, datos hidrometeorológicos, métodos de cálculo para su aplicación.

- Aspectos geológicos, parámetros hidráulicos, aspectos geomorfológicos, estratificación y parámetros físico-químicos del Estudio Hidrogeológico del Refugio de Vida Silvestre de Los Pantanos de Villa de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET

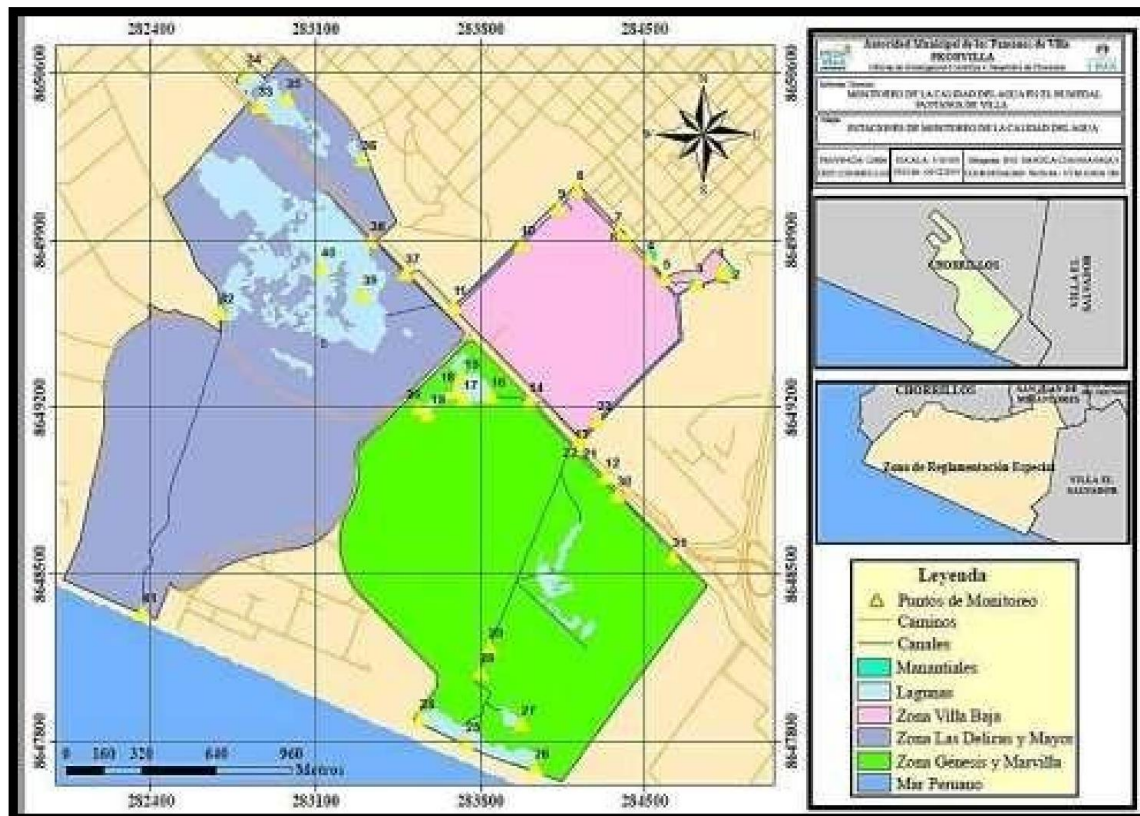
Ilustración 4. Ficha de campo de fuentes de agua

|  | | FORMATO | | | | Código: | DGAR-F-141 |
|---|--|--|--|--|--|---|------------|
| | | FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA | | | | Versión: | 01 |
| | | | | | | Fecha de aprob.: | 3 de 11 |
| | | | | | | Página: | |
| Proyecto: <input type="text"/> A C T I Nombre de la fuente: Las Terrazas Código: 1375539-008 Fecha: 24/01/18 Hora: 15:09 Monitoreo: <input type="checkbox"/> Fuente certificada: <input type="checkbox"/> | | Responsables: J. Moreno & M. Charca Localidad/lugar: Las Terrazas de Villa - Chorrillos - Lima | | | | | |
| Tipo de Fuente: <input type="text"/> Manantial N.P. | | Parámetros Físico - Químicos <input checked="" type="checkbox"/> Químico <input type="checkbox"/> Isotópico O ¹⁸ y D <input type="checkbox"/> Radioactivo | | Vertiente Hidrográfica <input checked="" type="checkbox"/> Cuenca o Intercuenca Hidrográfica <input type="checkbox"/> Subcuenca <input type="checkbox"/> Microcuenca | | <input type="text"/> Pacífico <input type="text"/> Intercuenca 1375539 <input type="text"/> Intercuenca 1375539 | |
| ASPECTOS GEOLÓGICOS Intrusivo <input type="checkbox"/> Volcánico <input type="checkbox"/> Metamórfico <input type="checkbox"/> Sedimentario <input type="checkbox"/> Dep. Superficial <input checked="" type="checkbox"/> | | Descripción Litológica: Material de Relleno | | PARÁMETROS HIDRÁULICOS Caudal: 2.0 aprox l/s Uso: Consumo Humano actividades secundarias | | PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO T° Agua: 24.0 °C T° Ambiente: 26.7 °C pH: 7.74 ORP: 185.8 mV CE: 6.668 mS/cm CE: <input type="text"/> μS/cm TDS: <input type="text"/> mg/l TDS: 3.271 ppt Salinidad: 3.694 PSU Resistividad: 150.3 ohm/cm Resistividad: Kohm/cm RDO: 8.54 mg/l OD: 111.8 %Sat | |
| ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Morfología: <input type="text"/> Planicie Pendiente del terreno: Muy baja (<10°) <input checked="" type="checkbox"/> Baja (10-20°) <input type="checkbox"/> Media (20-40°) <input type="checkbox"/> Fuerte (40-60°) <input type="checkbox"/> Media (> 60°) <input type="checkbox"/> | | GRADO DE FRACTURAMIENTO Bajo <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto <input type="checkbox"/> ESTRATIFICACIÓN Rumbo y Buzamiento | | OTROS PARÁMETROS Color: <input type="text"/> Incoloro Olor: <input type="text"/> Inodoro Turbidez: <input type="text"/> NTU Alcalinidad (CaCO ₃): <input type="text"/> mg/l | | | |
| UBICACIÓN  | | CROQUIS DE UBICACIÓN  | | | | | |
| OBSERVACIONES El flujo del manantial sigue una dirección hacia la carretera, el cual se dirige hacia la Laguna Mayor del RVSPV. Rmv=-13.1 Mv | | | | | | | |

Fuente: (INGEMMET, 2019)

- Monitoreo de parámetros físicos, químicos y microbiológicos realizado por la Oficina de Investigación Científica y Desarrollo de Proyectos de la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa con periodo 2019-2022.

Ilustración 5. Zonas de monitoreo de calidad de agua



Fuente: (PROHVILLA, 2022)

Tabla 5. Coordenadas de las zonas de monitoreo

| ESTACIO N | COORDENADAS UTM | | REFERENCIA DE UBICACIÓN |
|--------------|--------------------|---------|---|
| | X | Y | |
| EM-08 | 284210 | 8650111 | Esquina entre Av. Vista Alegre y calle Ganaderos Canal izquierdo Av. Vista Alegre a 110 m de la estación |
| EM-09 | 284130 | 8650036 | EM-08 Canal izquierdo Av. Vista Alegre a 230 m de estación |
| EM-10 | 283971 | 8649881 | EM-09 Esquina canal derecho Av. Vista Alegre adyacente al |
| EM-11 | 283684 | 8649626 | almacén de Inkafarma (ex Lucchetti) |

Fuente: (PROHVILLA, 2022)

Tabla 6. Parámetros de calidad de agua del canal Vista Alegre

| ESTACION | Ph | CE | T | OD | STD | NH | | | | | | |
|------------------------------|--------------|-----------|----|------|------|------|-------|-----|---|-------|---|---|
| | | | | | | 4 | NO3 P | | | | | |
| Unidades | Unidad de pH | μS/cm | °C | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | | | | | |
| ECA | | | | | | | | | | | | |
| AguaCategoría 4-subcategoría | ESTE (X) | NORTE (Y) | | | | | | | | | | |
| E1(Lagos y Lagunas) | 6-5 a 9 | 1000 | Δ | ≥5 | | | 0.03 | | | | | |
| EM-08 | 28421 | 865011 | 0 | 1 | 6.7 | 6820 | 25 | 4.5 | 7 | 5012. | - | - |
| EM-09 | 28413 | 865003 | 0 | 6 | 6.8 | 6570 | 26 | 5.2 | 9 | 4828. | - | - |
| EM-10 | 28397 | 864988 | 1 | 1 | 6.9 | 6951 | 25 | 3.5 | 5 | 5020. | - | - |
| EM-11 | 28368 | 864962 | 4 | 6 | 7.2 | 6907 | 21 | 5.8 | 4 | 4997. | - | - |

Nota. Los valores presentados corresponden al informe 313-2012-MML/PROHVILLA/OICDP que corresponden a los días 15, 21 y 24 de noviembre del 2022.

Fuente: (PROHVILLA, 2022)

4.1.3 Inspección de campo del modelador

Tabla 7. Resumen de velocidades en puntos de control del canal Vista Alegre

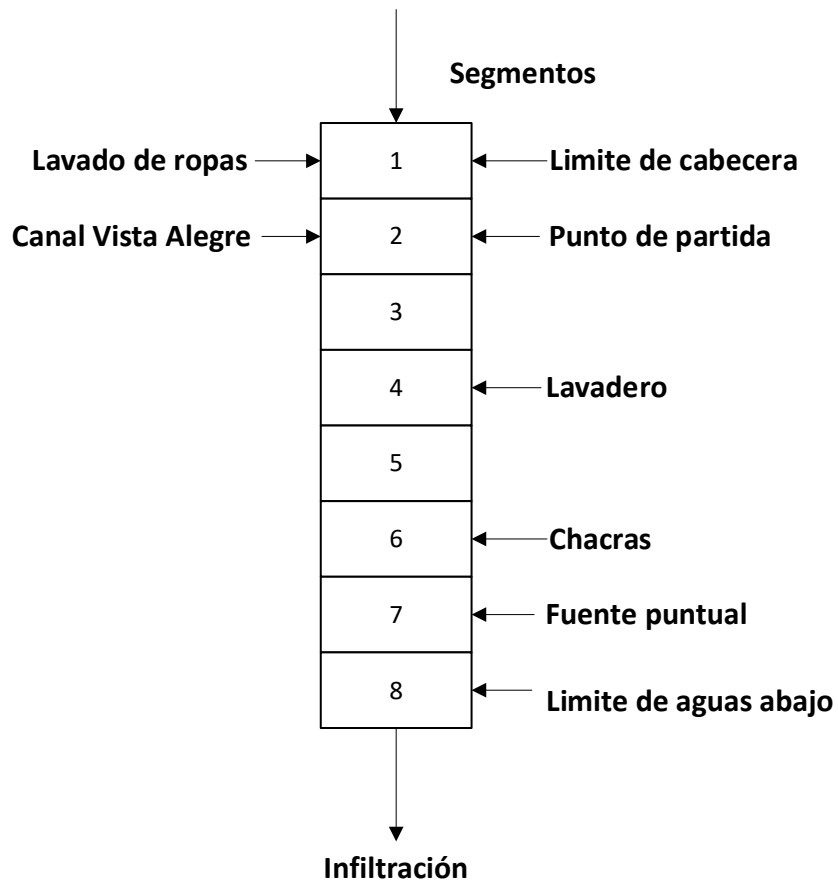
| Sección de control | Velocidades (m/s) obtenidas para el aforo del agua superficial 2018 y 2019 | | | Vmedia del canal x mes (m/s) |
|----------------------|--|------|------|------------------------------|
| | MA-1 | MA-2 | MA-3 | |
| ene-19 | | 0.16 | 0.58 | 0.37 |
| feb-19 | | 0.16 | 0.58 | 0.37 |
| ene-18 | 0.16 | 0.09 | 0.35 | 0.20 |
| feb-18 | 0.13 | 0.11 | 0.32 | 0.19 |
| mar-18 | 0.16 | 0.14 | 0.48 | 0.26 |
| abr-18 | 0.14 | 0.11 | 0.44 | 0.23 |
| may-18 | 0.11 | 0.07 | 0.43 | 0.20 |
| jun-18 | 0.16 | 0.08 | 0.49 | 0.24 |
| jul-18 | | 0.07 | 0.36 | 0.22 |
| ago-18 | | 0.1 | 0.36 | 0.23 |
| sep-18 | | 0.1 | 0.41 | 0.26 |
| oct-18 | 0.15 | 0.15 | 0.4 | 0.23 |
| nov-18 | 0.46 | 0.11 | 0.41 | 0.33 |
| dic-18 | 0.24 | 0.11 | 0.44 | 0.26 |
| V media total | | | | 0.26 |

Nota. Los valores expresados provienen de un extracto de medición por parte del SERNAMP en el periodo 2018-2019 en la zona de amortiguamiento.

4.1.4 Descripción geográfica de la zona de estudio

En la figura se presenta los tramos segmentados y vertimiento puntual del canal Vista Alegre. Es importante mencionar que los tramos los define el usuario conforme a la accesibilidad del área y zonas identificadas con características diferenciadas.

Ilustración 6. Modelo conceptual de los tramos del Canal Vista Alegre sin tributarios.



Fuente: Elaboración propia

En el siguiente segmento del canal se dividen en tramos que se consideran importantes en donde se realizaron campañas de muestreo de parámetros de calidad de agua, asimismo, data hidráulica del canal que sea contrastada con la data del INGEMMET y PROHVILLA.

1. Canal Ganaderos
2. Canal Vista Alegre
3. Radio Panamericana
4. Lavadero Mercado
5. Lote casa pampa
6. Grupo chacras
7. Almacenes
8. Descarga avenida

De los puntos segmentados se evidencian contaminación al recurso hídrico por diferentes fuentes tales como: residuos sólidos, lavadero de ropa, lavadero de carros y efluentes domésticos.

Tabla 8. Georreferenciación de los tramos definidos

| Tramos | X (SUR) | Y (ESTE) | LATITUD | LONGITUD |
|--------------------|---------|----------|---------------|---------------|
| Canal Ganaderos | 8650107 | 284211 | 12°12'14.12"S | 76°59'0.31"O |
| Canal Vista Alegre | 8650106 | 284209 | 12°12'14.16"S | 76°59'0.37"O |
| Panamericana | 8650102 | 284202 | 12°12'14.28"S | 76°59'0.61"O |
| Lavadero Mercado | 8650051 | 284151 | 12°12'15.93"S | 76°59'2.30"O |
| Lote casa pampa | 8650040 | 284139 | 12°12'16.29"S | 76°59'2.70"O |
| Grupo chacras | 8649929 | 284026 | 12°12'19.87"S | 76°59'6.47"O |
| Almacenes | 8649805 | 283899 | 12°12'23.87"S | 76°59'10.70"O |
| Descarga avenida | 8649610 | 283698 | 12°12'30.17"S | 76°59'17.40"O |

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Descripción fotográfica de los tramos segmentados

Para un dimensionamiento del área se definen fotográficamente los tramos definidos en el modelo.

Ilustración 7. Canal Ganaderos



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8. Panamericana



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 9. Lavadero mercados



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 10. Grupo chacras



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11. Almacenes



Fuente: Elaboración propia

4.1.6. Selección del modelo Qual2k

La propuesta de aplicación del modelo sobre otros softwares como Modflow, Aquasim, Epanet, etc es que éstos mayormente se aplican en aguas subterráneas, mientras Qual2k para el presente estudio es específico para las aguas superficiales. Asimismo, que para el control de calidad de aguas integra diversos factores externos como parámetros meteorológicos, en el marco del convenio realizado entre el SENAMHI y PROHVILLA.

4.2. Implementación de la investigación

4.2.1. Pruebas realizadas

En esta fase se procede a realizar la calibración inicial con la información relevante para la configuración primaria del modelo lo que incluye los siguientes datos necesarios:

- Identificación de sitios contaminados o fuentes de vertimiento de aguas residuales.
- Control de descargas o caudales para los valores máximos, medios y mínimos del canal.
- Campaña de toma de muestras de agua
- Parámetros hidrometeorológicos

4.2.2. Campaña de toma de muestras y ensayos de laboratorio

Ilustración 12. Enjuague de frasco con agua del canal



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 13. Toma de muestra de aguas abajo para principales parámetros de calidad de agua



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 14. Lectura de conductividad en campo



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 15. Toma de muestra de aguas abajo



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 16. Toma de muestra aguas arriba para alcalinidad, amonio y nitrógeno orgánico



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 17. Toma de muestra aguas abajo para alcalinidad, amonio y nitrógeno orgánico



Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Parámetros de calidad de agua del canal Vista Alegre

| ESTACION | Ph | CE | T | OD | DBO | NH4 | NO3 | SST | P |
|---------------------|--------------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|
| Unidades | Unidad de pH | μS/cm | °C | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L |
| ECA Agua | | | | | | | | | |
| Categoría | | | | | | | | | |
| 4- subcategoría | | | | | | | | | |
| E1(Lagos y Lagunas) | 6-5 a 9 | 1000 | Δ3 | ≥5 | 5 | | 13 | ≤25 | 0.035 |
| EM-08 | 7.32 | 11250 | 22.1 | 12.34 | <2,0 | | 1.375 | 8 | 0.027 |
| EM-09 | - | - | - | - | - | | - | - | - |
| EM-10 | - | - | - | - | - | | - | - | - |
| EM-11 | 7.35 | 11920 | 22.4 | 12.32 | <2,0 | | 1.927 | 18 | 0.04 |

Fuente: Elaboración propia

Nota. Los valores presentados corresponden al Informe de ensayo N° 225370 y 225372-M. que corresponden al día 20 de julio del 2022 a las 11:00 hrs.

4.2.3. Campaña de control de caudales por método de flotadores

Tabla 10. Formato llenado de control de caudal del canal Vista Alegre

| DISTRITO | CHORRILLOS | | MES | 13 de noviembre del 2023 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------------|-------|------------------|----------------------------|------|--------|------|------|-------------|------|------|---------------------|-------------------------------------|--------------|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|-------------|------------|
| PROVINCIA | LIMA | | AFORADOR | ALEX ROBERTO MAMANI TIPULA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA | HORARIO | | TRABAJO DE CAMPO | | | | | | | | | | TRABAJO DE GABINETE | | | | | | | |
| día/mes/año | inicial | final | TIEMPO | | | | | | | | | | VELOCIDAD | | | | | CAUDAL (m3/s) | | |
| | | | Margen Der. | | | Centro | | | Margen Izq. | | | Tiempo promedio (s) | Distancia recorrida por el flotador | VSuperficial | Vmedia | Profundidad promedio (m) | Ancho del río (m) | | Área (m2) | |
| | | | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | F8 | F9 | tp | d (m) | V = d/tp | Vs = V x 0.85 | hp | a | | A = hp x a | Q = Vm x A |
| 11/1/2023 | 10:55 | 11:45 | 5.34 | 5.33 | 5.28 | 5.51 | 5.45 | 5.31 | 5.28 | 5.30 | 5.31 | 334.55 | 50.00 | 0.149 | 0.127 | 0.12 | 1.10 | 0.13 | 0.0168 | |
| 11/1/2023 | 11:57 | 12:32 | 2.24 | 2.42 | 2.35 | 2.54 | 2.46 | 2.43 | 2.35 | 2.43 | 2.42 | 160.00 | 21.00 | 0.131 | 0.112 | 0.27 | 2.42 | 0.66 | 0.0738 | |
| 11/1/2023 | 12:45 | 13:28 | 2.10 | 2.13 | 2.14 | 2.26 | 2.13 | 2.15 | 2.30 | 2.12 | 2.14 | 136.00 | 30.00 | 0.221 | 0.188 | 0.63 | 1.62 | 1.03 | 0.1924 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 0.17 | 0.14 | 0.34 | 1.71 | 0.61 | 0.09 | |

Fuente: Elaboración propia

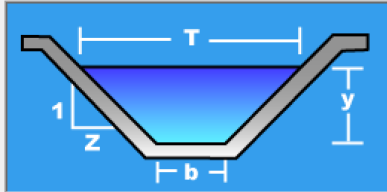
Ilustración 18. Hidráulica del canal con HCanales

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Chorrillos** Proyecto: **Canal Vista Alegre**
 Tramo: **canal** Revestimiento:

Datos:

| | | |
|----------------------|----------------|-------------------|
| Caudal (Q): | 0.09 | m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 1.65 | m |
| Talud (Z): | 0.60 | |
| Rugosidad (n): | 0.025 | |
| Pendiente (S): | 0.00009 | m/m |



Resultados:

| | | | | | |
|-----------------------|-------------------|----------------|-------------------------|---------------|---------|
| Tirante normal (y): | 0.3249 | m | Perímetro (p): | 2.4077 | m |
| Área hidráulica (A): | 0.5993 | m ² | Radio hidráulico (R): | 0.2489 | m |
| Espejo de agua (T): | 2.0398 | m | Velocidad (v): | 0.1502 | m/s |
| Número de Froude (F): | 0.0884 | | Energía específica (E): | 0.3260 | m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | Subcrítico | | | | |

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 19. Medida de profundidades aguas arriba



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 20. Medida de profundidades máximas en zona de lavadero de carros



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 21. Medida de ancho superior e inferior del río en tramos con accesibilidad



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 22. Aplicación de método de flotadores en los segmentos



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 23. Temporizado de flotador para longitudes de 50, 21 y 30 m.



Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Análisis y validación de datos

Tabla 11. Variables de ingreso

| <i>Water Quality Constituents</i> | <i>Units</i> | <i>Valor</i> |
|-----------------------------------|--------------|--------------|
| Temperature | C | 22.10 |
| Conductivity | umhos | 6820.00 |
| Inorganic Solids | mgD/L | 33.00 |
| Dissolved Oxygen | mg/L | 12.34 |
| CBODslow | mgO2/L | 1.00 |
| CBODfast | mgO2/L | 2.00 |
| Organic Nitrogen | ugN/L | 40.00 |
| NH4-Nitrogen | ugN/L | 26.00 |
| NO3-Nitrogen | ugN/L | 1375.00 |
| Organic Phosphorus | ugP/L | 27.00 |
| Inorganic Phosphorus (SRP) | ugP/L | 30.00 |
| Phytoplankton | ugA/L | 0.00 |
| Internal Nitrogen (INP) | ugN/L | 0.00 |
| Internal Phosphorus (IPP) | ugP/L | 0.00 |
| Detritus (POM) | mgD/L | 1.00 |
| Pathogen | cfu/100 mL | 1700.00 |
| Alkalinity | mgCaCO3/L | 231.00 |
| pH | s.u. | 6.70 |

Fuente: Elaboración propia

4.2.5. Coeficientes de Rugosidad de Manning

Los coeficientes considerados para la calibración usados para este estudio son las más usadas en los proyectos hidráulicos, que provienen de las fórmulas de Chezy, Horton que con factores correctivos brindan los “n” de Manning, específicamente, para canales con características aplicables al canal Vista Alegre que se listan a continuación:

Tabla 12. Valores de “n” de Manning aplicables al canal Vista Alegre

| Superficie | Condiciones de las paredes | | | |
|--|----------------------------|---------|----------|--------|
| | Perfectas | Buenas | Medianas | Malas |
| Canales y zanjas: | | | | |
| En tierra, alineados y uniformes | 0.017 | 0.02 | 0.0225 | 0.025* |
| En roca, lisos y uniformes | 0.025 | 0.03 | 0.033* | 0.035 |
| En roca, con salientes y sinuosos | 0.035 | 0.04 | 0.045 | |
| Sinuoso y de escurrimiento lento | 0.0225 | 0.025* | 0.0275 | 0.03 |
| Degradados en tierra | 0.025 | 0.0275* | 0.03 | 0.033 |
| Con lecho pedregoso y bordos de tierra enhierbados | 0.025 | 0.03 | 0.035* | 0.04 |
| Plantilla de tierra, taludes ásperos | 0.028 | 0.03* | 0.033* | 0.035 |

Fuente: (Villón Béjar, 2007)

4.2.6. Manejo de datos para calibración

En el esquema de manejo de la interfaz de Excel para el modelo Qual2k se tiene 4 tipos de colores que debe ser manejado con cuidado por el usuario, para el caso del Canal Vista Alegre (1) se ingresaron datos que provienen de los escenarios propuestos por el investigador, (2) son los datos que provienen de la realidad en base de monitoreos de agua, control de caudales, entre otros. Para (3) y (4) se muestra la representación numérica y gráfica de los datos modelados de (1) y (2) según se muestra en la tabla.

Tabla 13. Tipo de celdas (Qual2k)

| | |
|---|------------------------|
| 1 | Datos del investigador |
| 2 | Datos de campo |
| 3 | Datos simulados |
| 4 | Gráficas simuladas |

Fuente: Elaboración propia

4.2.7. Proceso de estimación de tasas de reacción

En esta sección se presentan los procesos del cálculo de las tasas de reacción aplicables a la información existente de los parámetros de calidad de agua. Para los fines de comprender las fases calibración del modelo del canal Vista Alegre se presentará las ecuaciones y posteriormente su aplicación.

Tabla 14. Ecuaciones de tasas de reacción de parámetros de calidad del agua

| Determinantes | Procesos | Tasas de reacción (d-1) |
|-----------------------------------|--|---------------------------------|
| Materia orgánica carbonácea (DBO) | Dispersión – advección, descomposición de la DBO kd, sedimentación de la materia orgánica particulada vs | $k_r = k_d + \frac{v_s}{H}$ (*) |
| Nitrógeno total Kjeldahl (NTK) | Dispersión – advección, nitrificación kn | k_n |
| Fósforo total | Dispersión – advección, hidrólisis kp | k_p |
| Coliformes Fecales | Dispersión – advección, decaimiento por muerte k'b | k'_b |
| SST | Dispersión – advección, velocidad de sedimentación vss | $k_s = \frac{v_{ss}}{H}$ (*) |
| Oxígeno disuelto | Dispersión – advección, reaireación ka, descomposición DBO kd, nitrificación kn | k_a, k_d, k_n |

Fuente: (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales , 2013)

4.2.8. Tasas de reaireación (k_a)

Para el cálculo de las tasas de reaireación comúnmente usadas se presenta tres fórmulas de base hidráulica: O'Connor Dobbins, Churchill y Owen Gibbs, que para su elección y descarte sobre otras se tiene las siguientes condiciones propuestas por Covar (1976):

Si la profundidad: $H < 0.61$ m. se elige Owen Gibbs

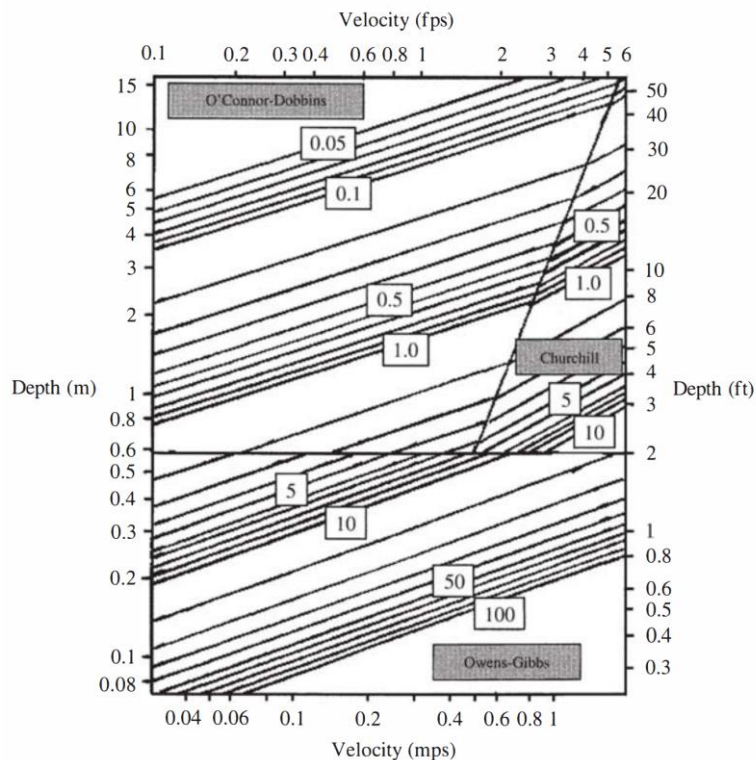
Si la profundidad: $0.61 \text{ m} < H < 3.45$ m se elige O'Connor Dobbins

Si la profundidad se encuentra fuera de las condiciones anteriores se elige Churchill.

Según el tipo de corriente y condiciones hidrodinámicas aplicable tanto a ríos de montaña como en zonas de planicies, considerando especialmente el segundo por criterios de la ubicación del canal Vista Alegre en las zonas costeras próximos a zona de playa Brisas de Villa del distrito de Chorrillos, departamento de Lima,

Para las áreas de planicie y la selección de la ecuación de reaireación desarrollado por Covar en 1976 se tiene datos de la profundidad media o Depth (m) = 0.34 m y velocidad o velocity = 0.14 m/s^2 del canal Vista Alegre tomadas en campo para ubicarlas de forma visual en la figura.

Ilustración 24. Tasas de reaireación según su profundidad y velocidad



Fuente: (Chapra S. C., 1997)

Tabla 15. Ecuaciones de reaeración para ríos de planicie

| Parámetros | O' Connor – Dobbins | Churchill | Owens – Gibbs |
|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--|
| Profundidad (m) | 0.30 – 9.14 | 0.31 – 3.35 | 0.12 – 0.73 |
| Velocidad media (m/s) | 0.15 – 0.49 | 0.55 – 1.52 | 0.03 – 0.55 |
| Expresiones | $k_a = 3.93 \frac{U^{0.5}}{H^{1.5}}$ | $k_a = 5.026 \frac{U}{H^{1.67}}$ | $k_a = 5.32 \frac{U^{0.67}}{H^{1.85}}$ |

Fuente: (Chapra S. , 2012)

Nota. En la expresión presentada H es altura y U la velocidad media

Reemplazando en la ecuación de Owens – Gibbs se tiene:

$$k_a = 5.32 \frac{U^{0.67}}{H^{1.85}}$$

$$k_a = 5.32 \frac{0.14^{0.67}}{0.34^{1.85}}$$

$$k_a = 10.48531349$$

4.2.9. Tasa de nitrificación (kn)

Según (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales , 2013), para la estimación de la tasa usando los parámetros hidráulicos se usa la siguiente ecuación en función del número de Reynolds y del número de Froude propuesto por Bansal (1976), la formula simplificada y resolución para el estudio del canal Vista Alegre se presenta a continuación:

$$\text{Log}\left(\frac{k_n H^2}{\nu}\right) = -3.421 + 1.36 \text{Log}\left(\frac{\sqrt{g H^3}}{\nu}\right)$$

$$\text{Log}\left(\frac{k_n 0.34^2}{0.9131}\right) = -3.421 + 1.36 \text{Log}\left(\frac{\sqrt{9.81 * 0.34^3}}{0.9131}\right)$$

$$kn = 0.152787$$

Siendo:

H = 0.34 la profundidad media en m.

g = 9.81 la aceleración gravitatoria

kn = la tasa de nitrificación (s-1)

ν = 0.9131 la viscosidad cinemática del agua para temperaturas de 24° del canal

Tabla 16. Tasas de nitrificación referenciales

| Río | kn(d-1) | Profundidad (m) | Reportado en |
|---------------|---------|-----------------|--|
| Mine Brook | 8 | 0.2 | Tuffey et al. (1974) |
| Barge | 0.25 | 3.9 | Bansal (1976) |
| Upper Mohawk | 0.25 | 3.66 | Bansal (1976) |
| Upper Mohawk | 0.3 | 0.96 | Bansal (1976) |
| Upper Mohawk | 0.25 | 2.51 | Bansal (1976) |
| Middle Mohawk | 0.3 | 3.81 | Bansal (1976) |
| Lower Mohawk | 0.3 | 4.25 | Bansal (1976) |
| Seneca River | 0.05 | 6.24 | Canale et al. (1995) J.J. Pauer, M.T. Auer, (2009) |
| Trinity | 0.51 | 1.53 | McCutcheon (1987) |
| Ohio | 0.25 | 8.15 | Bansal (1976) |
| Flint | 1.53 | 0.66 | Bansal (1976) y O Connor y Di Toro (1970) |
| Shenadoha | 1.25 | 0.6 | Deb y Bowers (1983) Deb (1985) |
| Holston | 0.2 | 1.74 | Deb y Bowers (1983) Deb (1985) |
| Grand | 0.23 | 1.3 | Ruane and Krenekel (1977) |
| Chattahoockee | 1.9 | 0.58 | Bansal (1976) y O Connor y Di Toro (1970) |
| Sitll | 0.25 | 1.5 | McCutcheon (1987) Miller y Jennings (1979) |
| Trukee | 0.7 | 0.64 | Curtis (1983) y Maueger (1995) |
| Willamette | 2.4 | 0.51 | Bansal (1976) y O Connor y Di Toro (1970) |
| Anacostia | 0.7 | 1.6 | Dunette y Avedovech (1983), Cooper (1985) |
| Speed | 0.13 | 4 | Sullivan y Brown (1988) |
| Ootanaula | 2.3 | 0.43 | Gowda (1983) |
| Sweetwater | 0.8 | 0.61 | Cooper (1986) |
| Trace | 2.2 | 0.46 | Cooper (1986) |
| Mud | 0.5 | 0.46 | Cooper (1986) |
| Oroua | 6.7 | 1 | Cooper (1986) |
| Waiotapu | 2.8 | 0.25 | Cooper (1986) |
| Waiohewa | 5.9 | 0.61 | Cooper (1986) |
| Big Blue | 0.12 | 0.3 | Bansal (1976) |
| South | | | |
| Chickamauga | 6.6 | 0.84 | Cooper (1986) |

Nota. Para aguas profundas los kn los valores típicos oscilan entre 0.1 a 0.5 d-1 y para aguas poco profundas son mayores a 1 d-1. Fuente: (Chapra, 1997)

4.2.10. Tasa de decaimiento de patógenos (kb)

Los patógenos mayormente usados para medir los parámetros calidad de aguas son: (1) Coliformes totales, Escherichia coli, Aerobacter aerogenes y (2) Coliformes fecales. Siendo especialmente los Coliformes termotolerantes para el ECA Categoría 4, Subcategoría E1: Lagunas y lagos aplicables al canal Vista Alegre.

A continuación, se muestra la ecuación para el cálculo de la tasa en corrientes superficiales.

$$k_b = 0.8 * 1.07^{t-20} + \frac{I_0}{0.55 * SST * H} (1 - e^{-0.55 * SST * H}) + F_p \frac{V_{ss}}{H}$$

Siendo:

T = temperatura del agua (C°)

I0 = radiación solar (ly/hr)

SST = concentración de sólidos suspendidos totales promedio (mg/L)

H = profundidad media del agua (m)

Fp = fracción absorbida de bacterias a las partículas sólidas

Vss= velocidad de sedimentación de las partículas

Para esta situación se presenta la siguiente tabla del río Frío, ubicado en Colombia para lo cual sirve para tener una referencia de las tasas según las profundidad y velocidad en los tramos.

Tabla 17. Tasas de decaimiento de patógenos

| TRAMO | H m | Vs m.d-1 | Kb d-1 |
|--------------|----------------|---------------------|-------------------|
| Ignacio | 0.24 | 0.2 | 0.6 |
| Judía | 0.48 | 0.2 | 0.8 |
| Esperanza | 0.32 | 0.2 | 0.9 |
| Botánico | 0.2 | 0.2 | 0.9 |
| Pórtico | 0.25 | 0.2 | 1 |
| Callejuelas | 0.3 | 0.2 | 1.4 |
| Caneyes | 0.3 | 0.2 | 1.5 |

Fuente: (Rivera Gutierrez , 2016)

Nota. Las tasas referenciales presentadas corresponden al río Frío en Colombia, por lo que por aproximación de profundidad y velocidad semejante en el tramo Caneyes, siendo la tasa de decaimiento de patógeno kd = 1.5

4.2.11. Meteorología del modelo

Temperatura

El balance de calor tiene en cuenta las transferencias de elementos adyacentes, las cargas, las extracciones, la atmósfera y los sedimentos. (Chapra S. , 2012)

Según la última información registrada por la estación de monitoreo del SENAMHI se tiene los siguientes datos de la tabla considerado para la calibración: temperatura, máximas, mínimas, dirección de viento y velocidad de viento.

Tabla 18. Parámetros meteorológicos de los Pantanos de Villa

| | | | | | | |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------|------------|--|
| ESTACION: | | PANTANOS DE VILLA | | | | |
| Departamento : | LIMA | Provincia : | LIMA | Distrito : | CHORRILLOS | |
| Latitud : | 12° 12' 38.64" | Longitud : | 76° 59' 18.92" | Altitud : | 4 | |

| Día/mes/año | Temperatura | | Temperatura Bulbo | | | Temperatura Bulbo | | | Precipitacion (mm) | | Direccion | Velocidad |
|-------------|-------------|----------|-------------------|------|------|-------------------|------|------|--------------------|----|------------|------------------|
| | Max (°c) | Min (°c) | Seco (°c) | | | Humedo (°c) | | | 7 | 19 | del | del |
| | | | 7 | 13 | 19 | 7 | 13 | 19 | 7 | 19 | Viento 13h | Viento 13h (m/s) |
| 01-dic-06 | 24.5 | 18 | 18.5 | 23.5 | 19.5 | 18 | 22.2 | 18.4 | 0 | 0 | SW | 2 |
| 02-dic-06 | 24.5 | 18 | 18.5 | 24 | 19.5 | 18 | 22.8 | 19 | 0 | 0 | SW | 4 |
| 03-dic-06 | 24.5 | 18 | 18.6 | 24.5 | 19.5 | 18 | 23 | 18.6 | 0 | 0 | SW | 4 |
| 04-dic-06 | 26.5 | 18 | 18.5 | 22 | 18.8 | 18 | 20.8 | 18.2 | 0 | 0 | SW | 4 |
| 05-dic-06 | 23.5 | 18 | 18.5 | 21 | 19.8 | 18 | 19.6 | 19 | 0 | 0 | SW | 2 |
| 06-dic-06 | 22 | 17.5 | 18.5 | 22 | 19.2 | 18.2 | 21 | 18.4 | 0 | 0 | SW | 2 |
| 07-dic-06 | 24 | 17 | 18 | 23 | 18.5 | 17.5 | 21.8 | 17.6 | 0 | 0 | SW | 4 |
| 08-dic-06 | 24 | 17 | 18 | 23.5 | 19 | 17.5 | 22.2 | 18 | 0 | 0 | SW | 2 |
| 09-dic-06 | 24.5 | 17 | 18 | 23.6 | 19 | 17.5 | 22.2 | 18 | 0 | 0 | SW | 2 |
| 10-dic-06 | 25 | 18 | 18.5 | 24 | 19.5 | 18 | 22.6 | 18.4 | 0 | 0 | SW | 2 |
| 11-dic-06 | 24.5 | 17.5 | 18 | 23.5 | 19 | 17.5 | 22.2 | 18.2 | 0 | 0 | SW | 2 |
| 12-dic-06 | 24.5 | 18 | 18.2 | 24 | 19 | 17.6 | 22.2 | 18.4 | 0 | 0 | SW | 2 |
| 13-dic-06 | 24.5 | 18.5 | 19 | 24 | 20 | 18.5 | 23 | 19.2 | 0 | 0 | SE | 4 |
| 14-dic-06 | 24.5 | 18.5 | 19.2 | 24 | 19.5 | 18.5 | 22.4 | 18.6 | 0 | 0 | SW | 4 |
| 15-dic-06 | 24.5 | 17 | 17.5 | 24 | 19 | 16.8 | 22.5 | 18.2 | 0 | 0 | SW | 4 |
| 16-dic-06 | 24.5 | 18 | 18.8 | 24 | 19 | 18 | 22.2 | 18.2 | 0 | 0 | SW | 4 |
| 17-dic-06 | 24.5 | 18 | 18.8 | 24.2 | 19 | 18 | 22.2 | 18.2 | 0 | 0 | SW | 4 |
| 18-dic-06 | 25 | 18 | 18.8 | 24.5 | 19.2 | 18 | 22.6 | 18.2 | 0 | 0 | SW | 4 |
| 19-dic-06 | 24.5 | 18 | 19 | 24.4 | 19.4 | 18 | 22.8 | 18.4 | 0 | 0 | SW | 2 |
| 20-dic-06 | 24.5 | 18.5 | 19.2 | 24 | 19.2 | 18.2 | 22.2 | 18.2 | 0 | 0 | SW | 4 |
| 21-dic-06 | 24.5 | 18.5 | 19.2 | 24.5 | 20 | 18.5 | 22.6 | 19 | 0 | 0 | SW | 4 |
| 22-dic-06 | 25 | 18.5 | 19.2 | 24.5 | 19.8 | 18.5 | 22.6 | 18.8 | 0 | 0 | SW | 4 |
| 23-dic-06 | 24.5 | 18.5 | 19.2 | 24.4 | 19 | 18.2 | 22.6 | 18 | 0 | 0 | SW | 2 |
| 24-dic-06 | 24.5 | 18.5 | 19.4 | 24.5 | 19.5 | 18.5 | 22.6 | 18.6 | 0 | 0 | SW | 4 |
| 25-dic-06 | 23 | 17.5 | 18.4 | 23 | 19 | 17.5 | 21.4 | 18 | 0 | 0 | SW | 4 |
| 26-dic-06 | 25 | 18.5 | 19.5 | 24.5 | 19.5 | 18.6 | 22.8 | 18.8 | 0 | 0 | SW | 2 |
| 27-dic-06 | 23.5 | 19 | 21.4 | 24 | 19.5 | 20.6 | 22.4 | 18.4 | 0 | 0 | SW | 2 |
| 28-dic-06 | 24 | 19 | 19.5 | 23.5 | 23 | 19 | 21.5 | 21.8 | 0 | 0 | SW | 2 |
| 29-dic-06 | 24 | 18.5 | 19.2 | 22.4 | 19.4 | 18.4 | 20.6 | 18.4 | 0 | 0 | SW | 2 |
| 30-dic-06 | 24.5 | 18.5 | 19.4 | 24.5 | 19.6 | 18.6 | 22.8 | 18.6 | 0 | 0 | SW | 4 |
| 31-dic-06 | 24.5 | 19 | 19.4 | 24.5 | 19.6 | 18.4 | 22.8 | 18.6 | 0 | 0 | SW | 4 |

Fuente: (SENAMHI, 2006)

4.3 Población y muestra

4.3.1. Población de estudio

- 10 puntos definidos como tramos del canal Vista Alegre

4.3.2. Muestra de estudio

- 03 puntos de los tramos definidos que incluye variables: Demanda Bioquímica de Oxígeno, Oxígeno Disuelto, temperatura, pH, Conductividad Eléctrica, nitratos, amonio, fosfatos, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes.

4.4 Técnicas de recolección de datos

4.3.1. Técnicas de recolección de datos

- a. Muestra de agua: Se realizará un muestreo sistemático de agua en 07 puntos a lo largo del canal Vista Alegre, considerando aguas arriba, intermedio y aguas abajo para la validación de la calibración del modelo.
- b. Recolección de data histórica del canal Vista Alegre:

Se realizará la recolección de datos por monitoreos de agua realizados por la entidad ambiental fiscalizadora PROHVILLA del 2019 – 2022 para calibrar el modelo.

Se tomará datos de estudio hidrogeológico del informe técnico N°A6873 realizado por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMET para la calibración hidráulica del canal Vista Alegre.

4.5. Instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación se utilizaron datos de los informes técnicos realizados por PROHVILLA e INGEMMET, a continuación, se detalla los instrumentos que se emplearon para realizar los monitoreos de calidad de agua y parámetros hidrogeológicos:

- Parámetros Físico-químicos: Los parámetros realizados in situ como el pH, OD, CE, STD y temperatura se realizaron mediante el multiparámetro portátil, marca: Hanna Instruments, modelo: HI 9813-6. (PROHVILLA, 2022)
- Kit de monitoreo para nitratos: Para la evaluación de los parámetros Nitratos – N (NO_3 —N), se utilizó kits de monitoreo todos de la marca Hach. El cálculo de los parámetros nitratos (NO_3), se obtuvo en base a cálculos a partir de los valores obtenidos en campo de los parámetros NO_3 - - N, PO_4^{3-} y $\text{NH}_3 + \text{H}^+$. (PROHVILLA, 2022)
- Parámetros geofísicos: Para la investigación geofísica se empleó el equipo Sistema Syscal Pro 48 Switch de Iriis Instruments – Francia, de 10 canales, electrodos de potencial y de corriente. Los métodos geofísicos de exploración, entre los que podemos mencionar, el eléctrico de resistividad, miden una serie de propiedades físicas de objetos o estructuras en el subsuelo desde la superficie del terreno que las diferencian, del medio que las rodea. (INGEMMET, 2019)

4.5.1. Validez

Para la validación de datos de las diversas fuentes se tiene el detalle de equipos y métodos usados a continuación:

- Los ensayos de laboratorio de las muestras tomadas el 31 de octubre del 2023 del canal Vista Alegre de Alcalinidad Total, Amonio y Nitrógeno Total Kjeldahl se aplicaron en base a la norma "SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y equipos acreditados ante INACAL (ver anexo)
- La verificación de los datos que contienen aspectos geomorfológicos, geofísicos, hidráulicos y parámetros físico – químicos se realizaron con el equipo técnico especializado Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET
- La medición de parámetros de calidad de agua con los equipos Multiparámetro portátil HI 9813-6 de marca Hanna Instruments y kits de monitoreo de la marca Hach fueron realizados según el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales realizados por la Oficina de Investigación Científica

y Desarrollo de Proyectos de la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa en el periodo 2019 – 2022

4.5.2. Confiabilidad

En la tabla 19 se presenta los resultados estadísticos descriptivos de las variables de calidad de agua simuladas: temperatura (C°), oxígeno disuelto (mgO_2/L), demanda bioquímica de oxígeno (mgO_2/L), conductividad ($\mu S/cm$), amonio (ugN/L), nitrato (ugN/L), fósforo (ugP/L), alcalinidad ($mgCaCO_3/L$), pH y patógenos ($ufc/100mL$) corridas en el modelo con las variables ingresadas con data de campo, para lo cual nos describe una aproximación a la realidad como primera representación del comportamiento de los principales contaminantes del canal Vista Alegre para lo cual se requiere un ajuste para obtener un mejor análisis.

En la tabla 20 representa el análisis de incertidumbre de la tabla 19, el cual utiliza las mismas variables de calidad de agua del primer modelamiento para obtener una ecuación de tendencia e incluir una variable aleatoria aplicando el método de Montecarlo para 1000 simulaciones.

Las simulaciones aleatorias parcialmente controladas con las tendencias de salida de modelo tienen un mejor ajuste respecto a la media de los parámetros de calidad de agua. Asimismo, comparando la desviación estándar y la varianza de la salida modeladas de las variables de campo vs variables del modelo propiamente se muestra una menor dispersión.

El grado de confianza asumido para la prueba estadística es del 99% para las variables de calidad de agua: temperatura (C°), oxígeno disuelto (mgO_2/L), demanda bioquímica de oxígeno (mgO_2/L), conductividad ($\mu S/cm$), amonio (ugN/L), nitrato (ugN/L), fósforo (ugP/L), alcalinidad ($mgCaCO_3/L$), pH y patógenos ($ufc/100ml$).

Los valores que no se encuentran en el ECA-Categoría 4-Subcategoría E1: Lagunas y lagos que aplican al canal Vista Alegre como es el caso de las variables amonio (ugN/L), nitrato (ugN/L); alcalinidad ($mgCaCO_3/L$) y pH se analiza mediante el análisis de varianza de los factores.

Tabla 19. Resumen de variables estadísticas de los parámetros de calidad del agua con datos de campo.

| Parámetro estadístico | Temp | DO(mgO ₂ /L) | CBODs (mgO ₂ /L) | cond (umhos) | NH ₄ (ugN/L) | NO ₃ (ugN/L) | Po (ugP/L) | Alk | pH | Pathogen |
|---------------------------|-------|-------------------------|-----------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|------------|---------|------|------------|
| Media | 19.67 | 17.02 | 114.82 | 5842.95 | 19.44 | 16397.29 | 26.03 | 303.48 | 8.18 | 1043.33 |
| Error típico | 0.38 | 2.86 | 57.96 | 497.49 | 3.48 | 4487.64 | 0.23 | 36.72 | 0.18 | 411.52 |
| Mediana | 19.71 | 15.23 | 0.99 | 6820.00 | 26.09 | 12212.72 | 26.29 | 231.57 | 8.45 | 260.17 |
| Moda | 17.89 | 7.23 | 379.72 | 6820.00 | 3.66 | 4191.92 | 26.37 | 471.77 | 8.10 | 2371.24 |
| Desviación estándar | 1.20 | 9.05 | 183.30 | 1573.20 | 10.99 | 14191.16 | 0.73 | 116.13 | 0.56 | 1301.33 |
| Varianza de la muestra | 1.44 | 81.96 | 33597.21 | 2474971.45 | 120.88 | 201388997.86 | 0.53 | 13485.9 | 2 | 1693454.04 |
| Curtosis | 1.45 | -1.22 | -1.22 | -1.22 | -1.22 | -1.20 | -0.83 | -1.22 | 6.33 | -0.94 |
| Coefficiente de asimetría | 0.27 | 0.42 | 1.04 | -1.04 | -1.03 | 0.61 | -0.56 | 1.04 | - | 0.83 |
| Rango | 4.21 | 24.11 | 380.91 | 3256.84 | 23.28 | 39059.87 | 2.22 | 240.77 | 1.81 | 3435.36 |
| Mínimo | 17.89 | 7.16 | 0.97 | 3563.16 | 3.22 | 1375.00 | 24.78 | 231.00 | 6.70 | 0.45 |
| Máximo | 22.10 | 31.27 | 381.88 | 6820.00 | 26.50 | 40434.87 | 27.00 | 471.77 | 8.51 | 3435.81 |
| Suma | 196.7 | 170.24 | 1148.21 | 58429.47 | 194.44 | 163972.86 | 260.26 | 3034.84 | 5 | 10433.28 |
| Cuenta | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.0 | 10.00 |
| Nivel de confianza(99.0%) | 1.24 | 9.30 | 188.37 | 1616.76 | 11.30 | 14584.09 | 0.75 | 119.34 | 0.58 | 1337.36 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Resumen de variables estadísticas aplicando el Método de Montecarlo para la probabilidad de sobrepasar los estándares de calidad del agua

| Parámetro estadístico | Temp MTC | DO MTC | CBODs MTC | cond MTC | NH4 MTC | NO3 MTC | Po MTC | Alk MTC | Ph MTC | Pathogen MTC |
|---------------------------|-------------|-----------|--------------|-----------|------------|------------|---------|----------|-----------|-----------------|
| Media | 19.88 | 18.44 | 1.75 | 6205.44 | 22.31 | 17374.00 | 26.02 | 282.83 | 8.17 | 814.95 |
| Error típico | 0.03 | 0.14 | 0.03 | 45.93 | 0.34 | 132.13 | 0.00 | 3.51 | 0.00 | 30.61 |
| Mediana | 19.89 | 18.60 | 1.76 | 6218.52 | 22.69 | 17407.18 | 26.01 | 280.00 | 8.17 | 805.68 |
| Desviación estándar | 0.92 | 4.52 | 0.87 | 1452.41 | 10.62 | 4178.43 | 0.05 | 111.11 | 0.01 | 968.02 |
| Varianza de la muestra | 0.85 | 20.39 | 0.76 | 2109502.9 | 112.78 | 17459287.8 | 0.00 | 12344.64 | 0.00 | 937062.30 |
| Curtosis | -1.17 | -1.12 | -1.22 | -1.19 | -1.23 | -1.25 | -1.19 | -1.16 | -1.23 | -1.18 |
| Coefficiente de asimetría | 0.04 | -0.09 | 0.00 | 0.01 | -0.05 | -0.01 | -0.01 | -0.02 | 0.08 | 0.00 |
| Rango | 3.18 | 16.03 | 2.97 | 5188.28 | 36.32 | 14139.22 | 0.16 | 382.87 | 0.05 | 3376.08 |
| Mínimo | 18.30 | 10.15 | 0.26 | 3612.48 | 3.81 | 10312.33 | 25.93 | 85.07 | 8.15 | -880.67 |
| Máximo | 21.48 | 26.18 | 3.24 | 8800.76 | 40.13 | 24451.55 | 26.10 | 467.94 | 8.20 | 2495.41 |
| Suma | 19876.53 | 18443.7 | 1754.47 | 6205439.9 | 22312.64 | 17374001.1 | 26015.6 | 282825.3 | 8170.9 | 814945.37 |
| Cuenta | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.0 | 1000.00 |
| Nivel de confianza(99.0%) | 0.08 | 0.37 | 0.07 | 118.53 | 0.87 | 341.01 | 0.00 | 9.07 | 0.00 | 79.00 |

Fuente: Elaboración propia

4.5.2.1. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL AMONIO Y NITRATO

El valor de $F = 13.32$ es mayor al valor crítico = 4.41, por lo tanto, se describe que los promedios estadísticos del amonio y nitrato son estadísticamente distintos.

Tabla 21. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL AMONIO Y NITRATO

| ANÁLISIS DE VARIANZA | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|--------|--------------|----------------------|
| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
| | 134116863 | | | 13.319 | 0.0018 | 4.4138734 |
| Entre grupos | 0 | 1 | 1341168630 | 17671 | 3349 | 19 |
| Dentro de los grupos | 181250206 | 18 | 100694559.4 | | | |
| | 315367069 | | | | | |
| Total | 8 | 19 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

4.5.2.2. ANÁLISIS DE VARIANZA DE ALCALINIDAD Y PH

El valor de $F = 64.66$ es mayor al valor crítico = 4.41, por lo tanto, se describe que los promedios estadísticos del amonio y nitrato son estadísticamente distintos.

Tabla 22. ANÁLISIS DE VARIANZA DE ALCALINIDAD Y PH

| ANÁLISIS DE VARIANZA | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|--------|--------------|----------------------|
| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
| | 436035.10 | | | 64.663 | 2.2769 | 4.4138734 |
| Entre grupos | 29 | 1 | 436035.1029 | 74777 | E-07 | 19 |
| Dentro de los grupos | 121376.07 | 18 | 6743.115237 | | | |
| | 557411.17 | | | | | |
| Total | 72 | 19 | | | | |

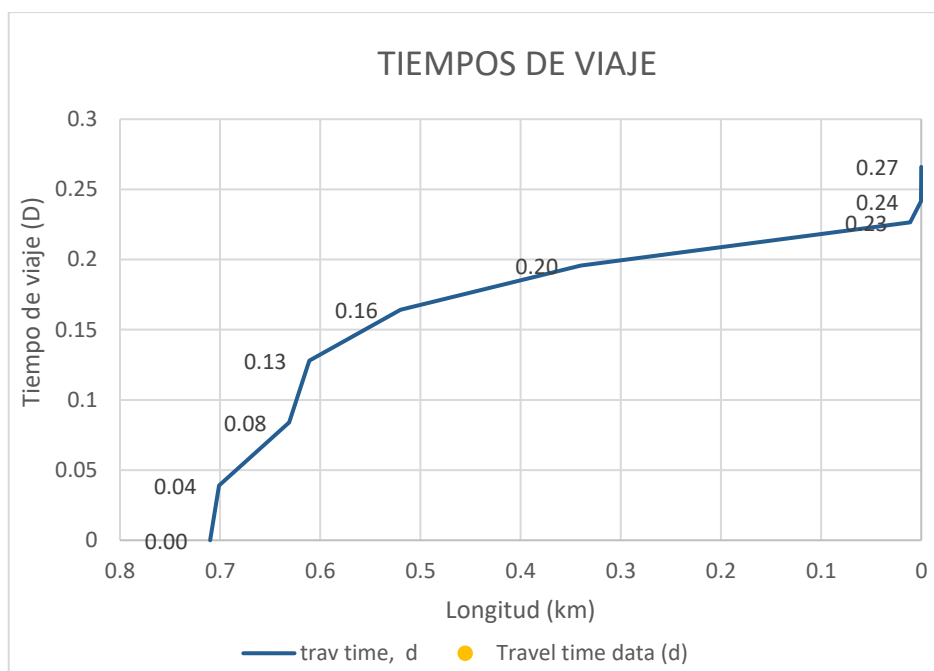
Fuente: Elaboración propia

4.6 Resultados

4.6.1. Tiempo de viaje

El tiempo de viaje de cada elemento simulado representa la sumatoria de tiempos en base a las características hidráulicas de los tramos definidos desde la cabecera hasta aguas abajo, siendo que, lo representado por el modelo Qual2k está en fracción de días (D) = 0.27, lo cual en términos más representativos equivale a 6 horas y 48 min.

Ilustración 25. Tiempos de viaje del modelo



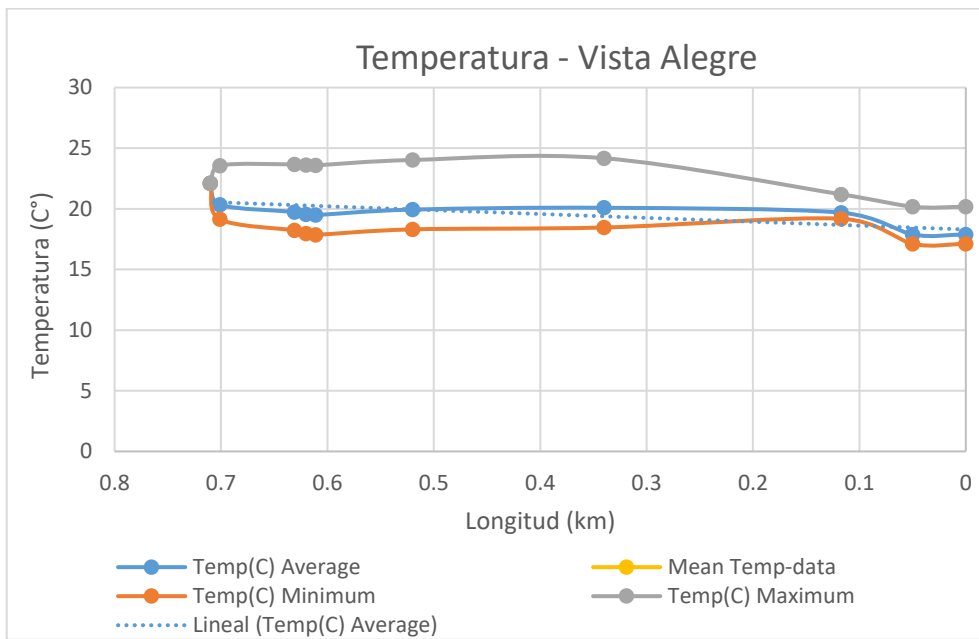
Fuente: Elaboración Propia

4.6.2. Temperatura

Las variaciones de temperatura en las aguas superficiales presentan 2 variaciones a considerar teniendo en cuenta la salida del modelo Temp (C) Average en los tramos 0.6 aguas arriba y 0.1 km lugar de ubicación de fuente de vertimiento puntual.

Para este parámetro se debe tener en cuenta lo relativo a las temperaturas máximas y mínimas Temp (C) Minimum y Temp (C) Maximum que tienen valores de 18.46 y 24.7 pues el ECA-Categoría 4-Subcategoría E1: Lagunas y lagos indica que las variaciones no deben exceder de 3 de los promedios mensuales multianuales.

Ilustración 26. Temperatura del agua



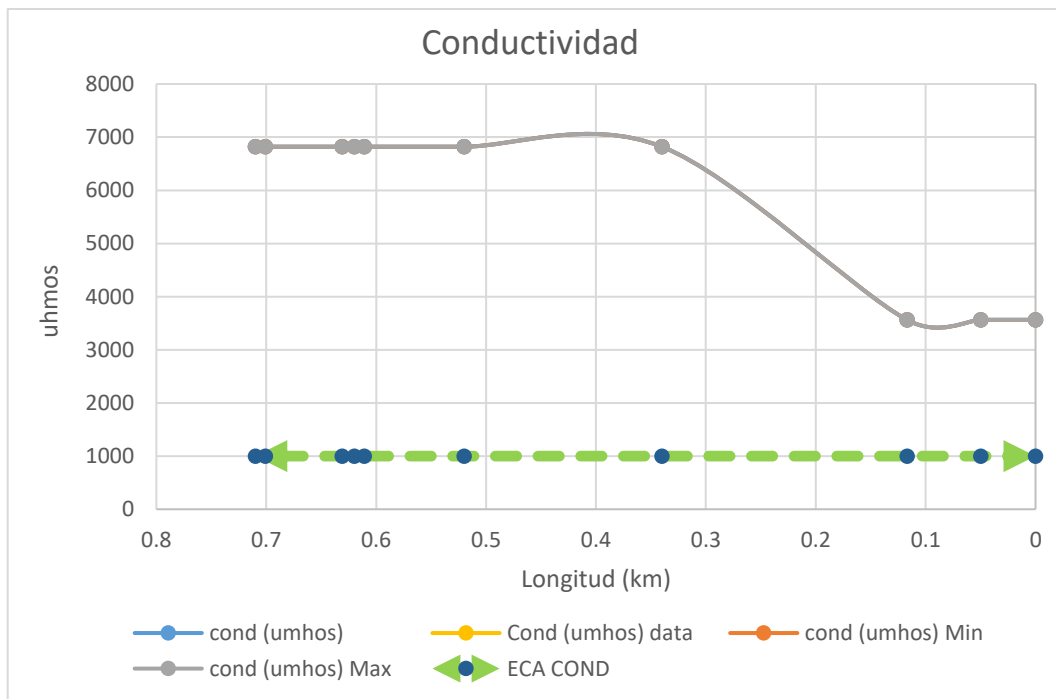
Fuente: Elaboración Propia

4.6.3. Conductividad

La conductividad (C.E) en términos generales guarda relación directa con los sólidos totales disueltos (STD) y representan la capacidad de conducir cargas eléctricas. Sin embargo, a efectos de la evaluación de calidad del agua los valores pueden ser mejor relacionados a la alcalinidad y dureza del agua.

Según la ilustración los valores de C.E. modelados exceden los ECA-Categoría 4-Subcategoría E1: Lagunas y lagos desde el manantial ubicado en la cabecera hasta 7 veces su valor permitido y posteriormente aguas abajo en las zonas de chacras y almacenes estos valores disminuyen hasta 3563 uS/cm, siendo que en ninguna situación se cumple los estándares que se establecen

Ilustración 27. Conductividad Eléctrica



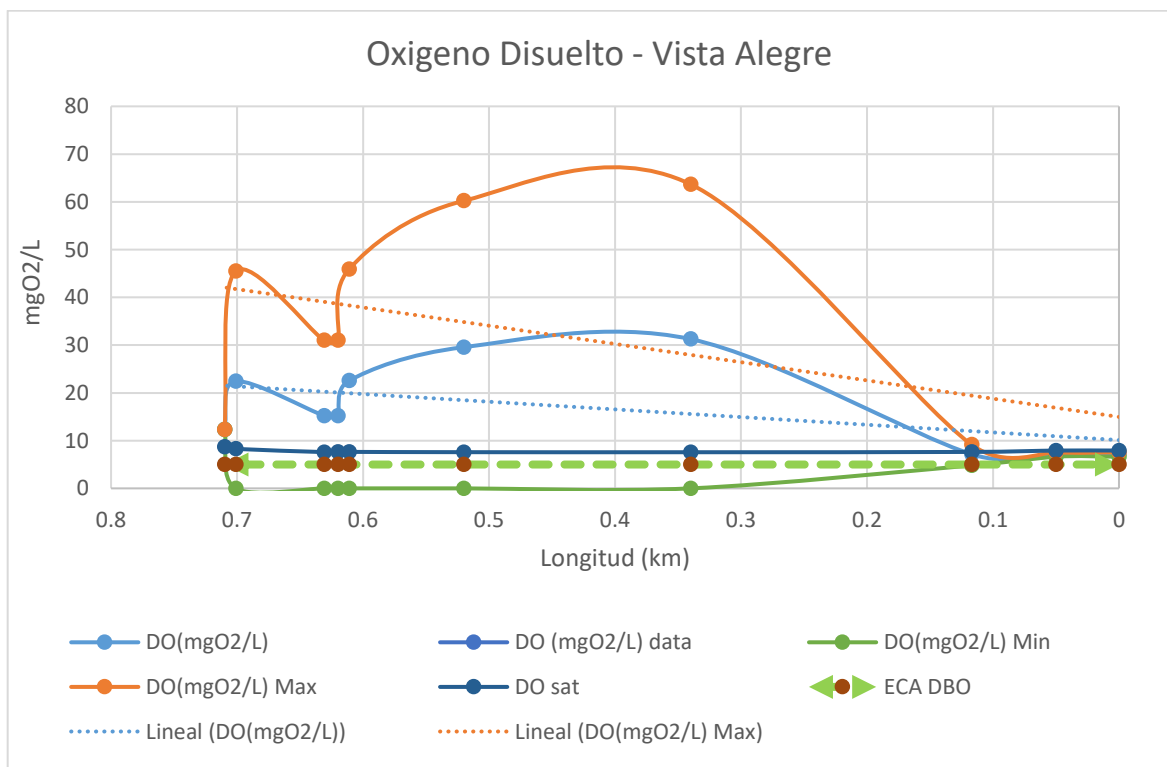
Fuente: Elaboración Propia

4.6.4. Oxígeno Disuelto

Los valores de DO (mgO₂/L) simulados representan la cantidad de oxígeno disponible en las aguas del canal Vista Alegre y su relación con la Demanda Bioquímica de Oxígeno es importante evaluarlos en las zonas de vertimiento puntual debido a que los microorganismos consumen rápidamente el oxígeno para su metabolismo por la descomposición de la materia orgánica y como vemos el comportamiento se adecua a los ECA en el punto de vertimiento, lo cual es un tema de discusión.

Según se evalúa en la gráfica durante casi todo el recorrido del canal los parámetros de oxígeno disuelto se encuentran sobresaturados, por ello, en el modelo se establece DO sat el cual indica la saturación de oxígeno disuelto en el agua. Es importante mencionar que el ECA-Categoría 4-Subcategoría E1: Lagunas y lagos del Oxígeno Disuelto únicamente establece que deben ser ≥ 5 pero no establece máximos pues su exceso puede afectar a las especies acuáticas.

Ilustración 28. Oxígeno Disuelto

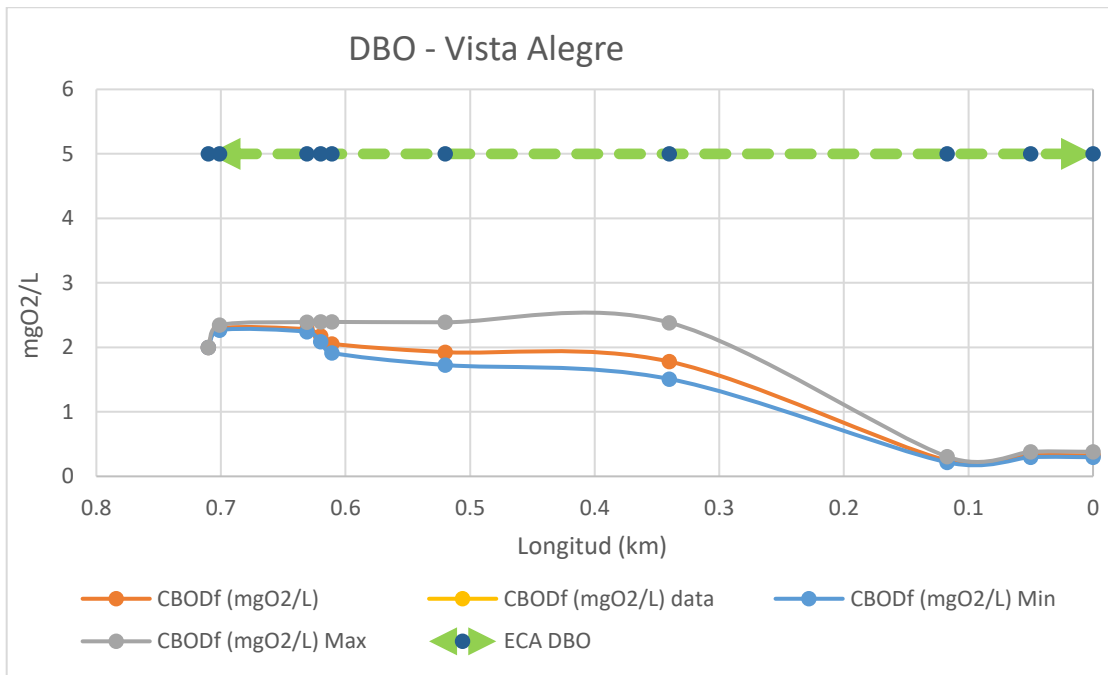


Fuente: Elaboración Propia

4.6.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno

En la simulación realizada se tiene que los valores de la demanda bioquímica de oxígeno en el canal Vista Alegre tiene una tendencia a disminuir bajo las condiciones de vertimiento puntual hasta valores de 0.97 mg/L, sin embargo, se tiene que de acuerdo tanto para los escenarios máximos y mínimos en todos los tramos que recorren el canal los valores se encuentran por debajo del ECA-Categoría 4-Subcategoría E1: Lagunas y lagos = 5 mg/L.

Ilustración 29. Demanda Bioquímica de Oxígeno



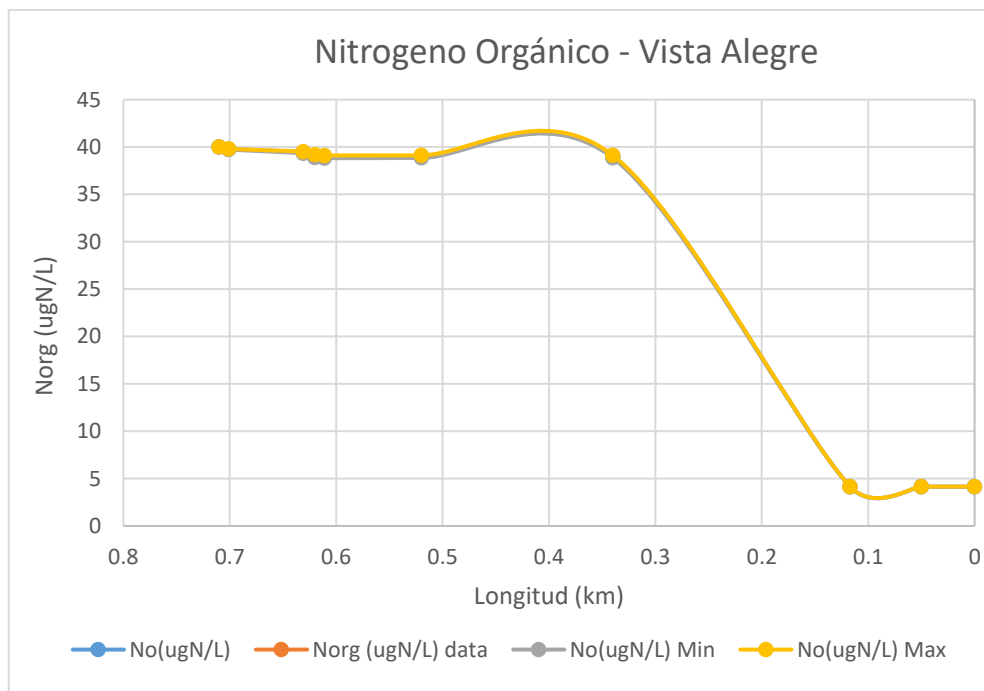
Fuente: Elaboración Propia

4.6.6. Nitrógeno Orgánico

El nitrógeno orgánico es un parámetro que para su comparación con el ECA-Categoría 4-Subcategoría E1: Lagunas y lagos con los resultados del modelo, no se integró a la gráfica su valor de 0.315 mg/L o 315 ug/L pues al estar muy por encima de los valores ello hace difícil la visualización del comportamiento del parámetro.

En todo el recorrido los valores de nitrógeno orgánico no exceden los valores del estándar de calidad ambiental, sin embargo, es importante resaltar que la ventaja del modelamiento con Qual2k permite ver como varía en todo el canal, de la ilustración se tiene valores altos que se relacionan con la muerte de las plantas en las longitudes de 0.7 a 0.4 km y esto es apreciable en el recorrido de campo, por otro lado, posterior a los 0.4 km hasta el final del tramo se visualiza el descenso del Nitrógeno orgánico posiblemente por hidrólisis y sedimentación.

Ilustración 30. Nitrógeno Orgánico



Fuente: Elaboración Propia

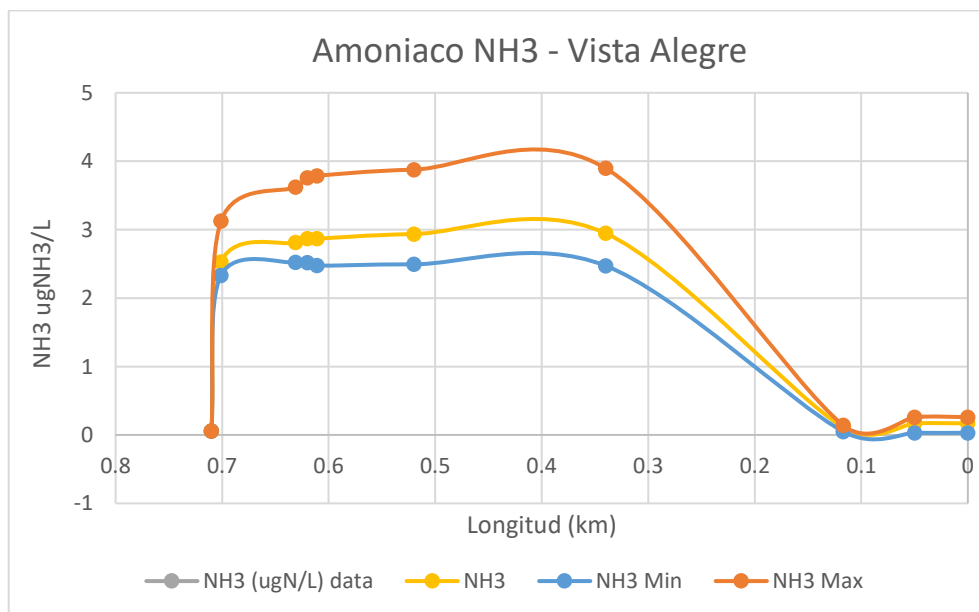
4.6.7. Amoniaco

Las variantes del nitrógeno se relacionan por los ciclos de transformación naturales o inducidas por el hombre para los parámetros modelados: amoniaco, amonio y nitrato.

Los valores de amoniaco en el ECA-Categoría 4-Subcategoría E1: Lagunas y lagos, nos dirige a aplicar la tabla de Amoniaco Total en función del pH y temperatura de la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costera y continentales. Es importante mencionar que para la comparación del estándar del MINAM se realizará una aproximación de pH = 8 y temperatura = 20, por lo que el valor máximo estimado para el amoniaco es 0.499 mg/L o 499ugNH₃/L encontrándose dentro del margen de cumplimiento para el caso del modelamiento.

Para el análisis se tiene un comportamiento semejante al nitrógeno orgánico pues esto es contradictorio para los cálculos internos del modelo debido a que mientras que el nitrógeno orgánico se hidroliza los valores de amonio deberían aumentar, lo que podría suponer que los valores altos dependen de otros factores como la muerte de la vegetación aguas arriba y que disminuyen aguas abajo por la nitrificación.

Ilustración 31. Amoniaco

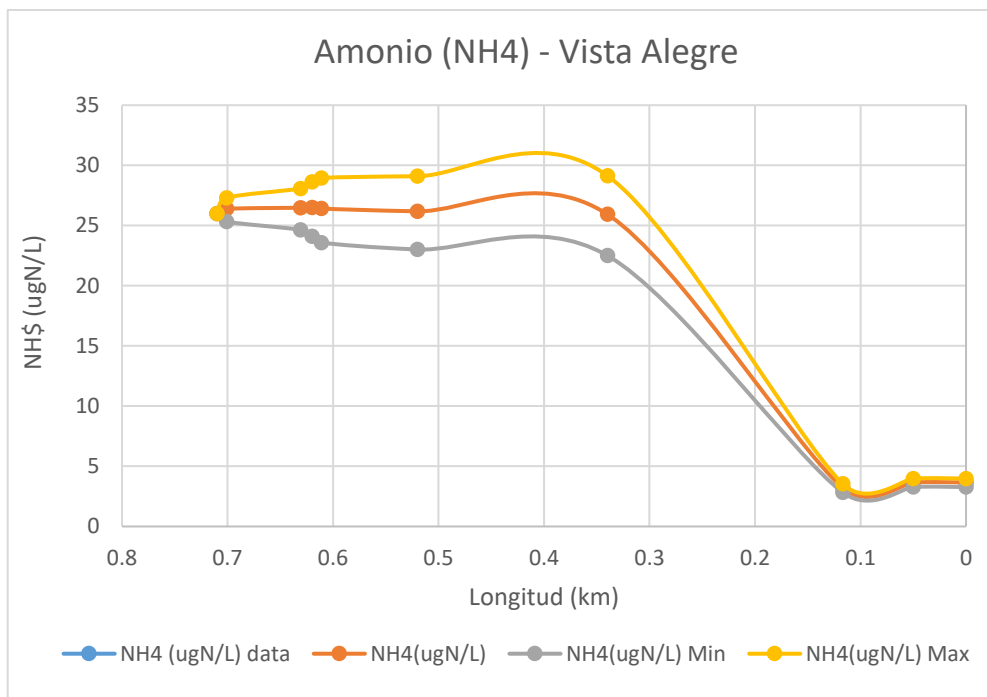


Fuente: Elaboración Propia

4.6.8. Amonio

Los valores de amonio (NH_4) no están establecidos en el ECA-Categoría 4-Subcategoría E1: Lagunas y lagos. Por tanto, su interpretación puede referirse a que el descenso de la cantidad amonio (NH_4) está siendo consumido como parte de la nitrificación convirtiéndose en nitrato (NO_3) siendo un elemento más inestable. Para los cálculos internos del modelo los cambios de la nitrificación suponen una variación en la alcalinidad del agua.

Ilustración 32. Amonio



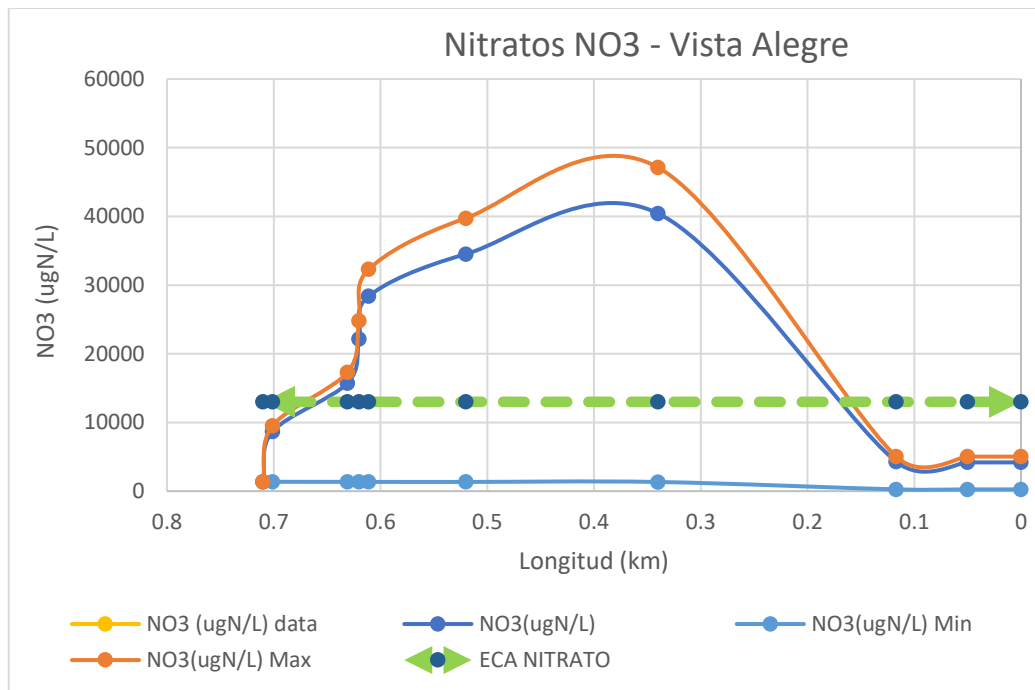
Fuente: Elaboración Propia

4.6.9. Nitratos

Los valores de nitratos (NO_3) está establecido en el ECA-Categoría 4-Subcategoría E1: Lagunas y lagos para un valor máximo de 13 mg/L o 13000 $\mu\text{gN/L}$ en términos del modelo. Por consiguiente, se evidencia desde los 0.6 a los 0.2 km. que los valores exceden hasta por 4 veces la cantidad permitida y aguas abajo estos valores se mantienen en el margen de cumplimiento.

Como se mencionó en la ilustración 15 las variaciones del nitrato en el agua son inversamente proporcionales al amonio puesto que es consumido y libera nitratos.

Ilustración 33. Nitratos



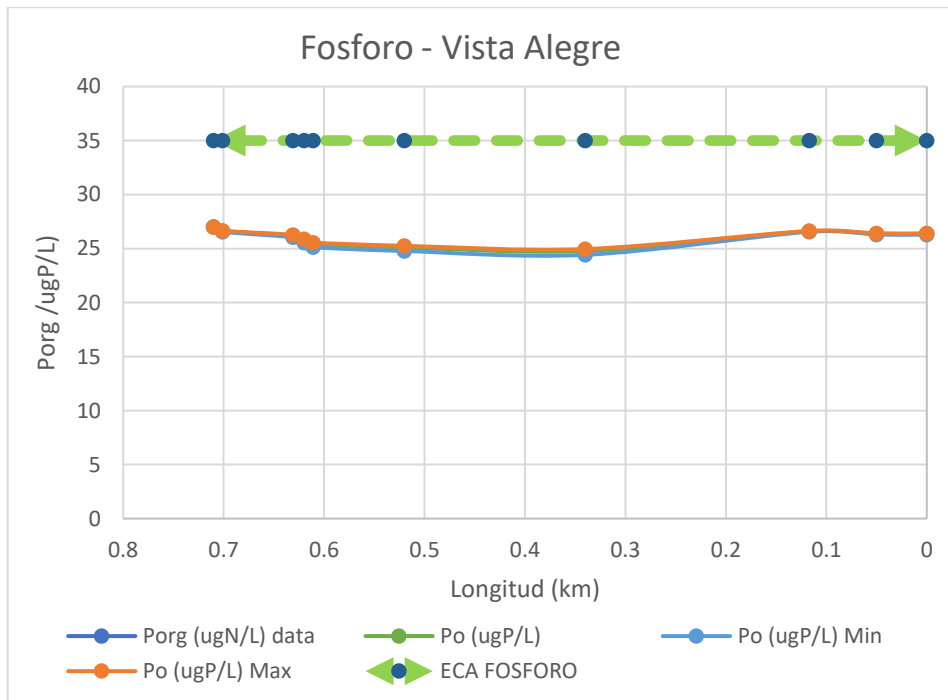
Fuente: Elaboración Propia

4.6.10. Fósforo orgánico

Los valores de fósforo están establecidos en el ECA-Categoría 4-Subcategoría E1: Lagunas y lagos para un valor máximo de 0.035 mg/L o 35 ugN/L lo que según la evaluación gráfica los valores modelados, máximos y mínimos se encuentran en el rango de cumplimiento.

Estos valores dependen de la muerte de las plantas sin embargo, para este caso podría ser discutible pues con otros parámetros nitrogenados se evidenciaba en campo su relación de aumento visible de vegetación muerta. Por ello, podría deberse a una rápida sedimentación y absorción del elemento por las plantas.

Ilustración 34. Fósforo Orgánico

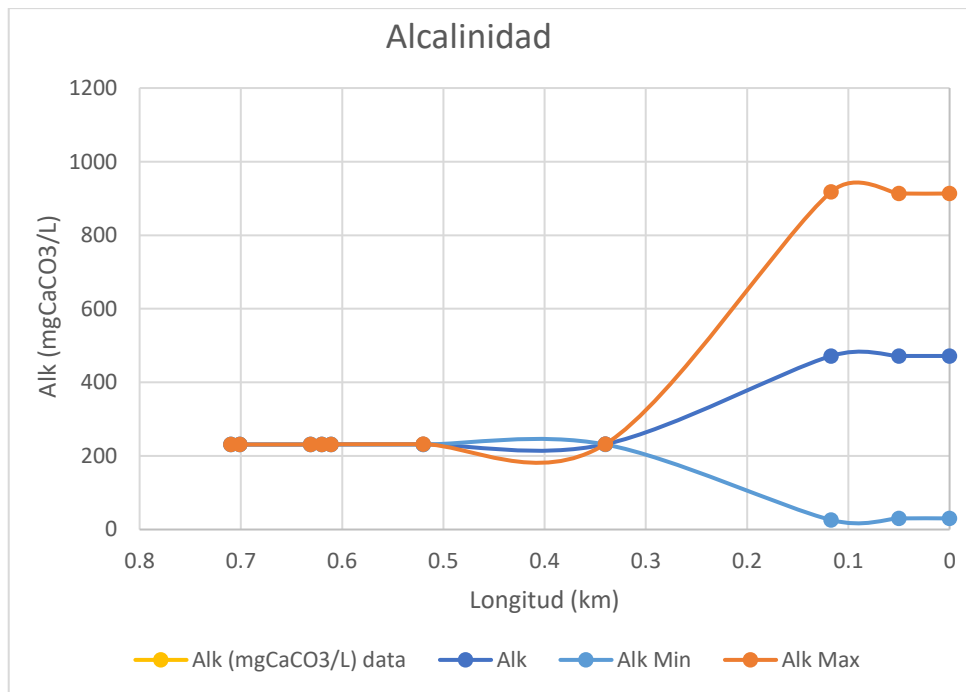


Fuente: Elaboración Propia

4.6.11. Alcalinidad

El parámetro alcalinidad representa la presencia de carbonatos y bicarbonatos en el cuerpo de agua por lo que ayuda a neutralizar la acidez en el medio acuático. Cabe mencionar que este parámetro no se encuentra en la lista de los ECA-Categoría 4-Subcategoría E1: Lagunas y lagos, por tanto, es importante ver la relación con el Ph mediante pruebas estadísticas.

Ilustración 35. Alcalinidad



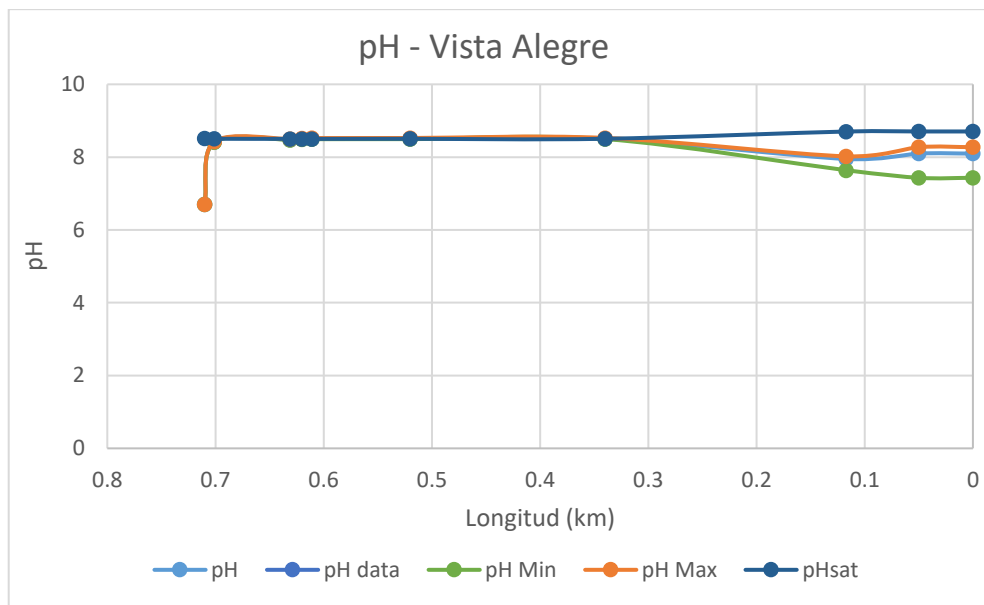
Fuente: Elaboración Propia

4.6.12. pH

La escala de pH es un indicador de acidez y alcalinidad que varía de 0 – 7 para niveles de acidez y de 7 - 14 para los niveles de alcalinidad. Según el ECA-Categoría 4-Subcategoría E1: Lagunas y lagos, los valores aplicables al canal Vista Alegre deben encontrarse en el rango de 6.5 a 9, por consiguiente los valores de pH de la simulación de qual2k para máximos y mínimos se encuentran dentro del margen de cumplimiento.

En la tabla 19 se puede apreciar que existe variación al final del tramo con tendencia a la acidificación porque se introdujo una fuente puntual al final del tramo.

Ilustración 36. pH



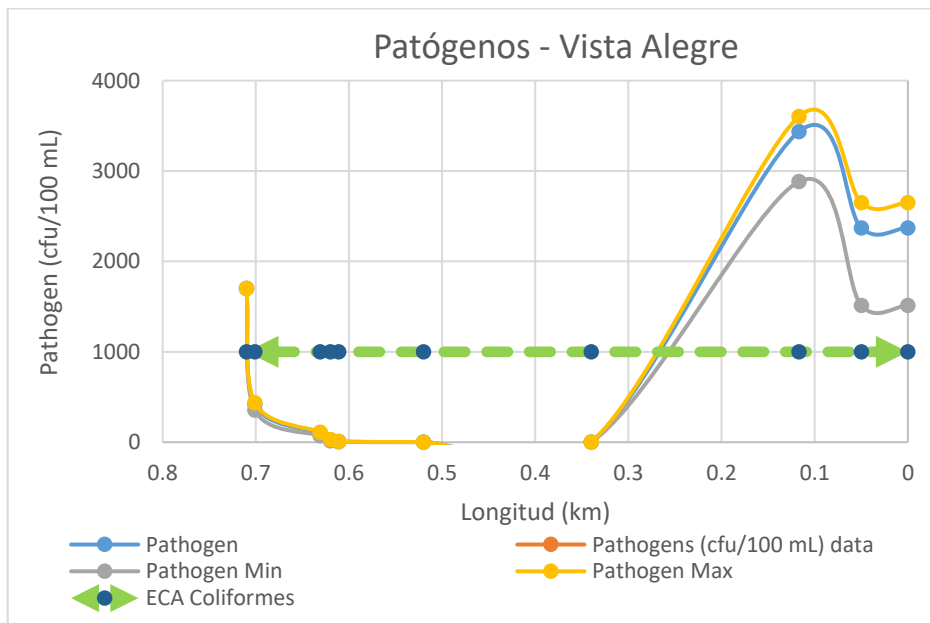
Fuente: Elaboración Propia

4.6.13. Patógenos

Los valores de patógenos o coliformes térmotolerantes están establecidos en el ECA- Categoría 4-Subcategoría E1: Lagunas y lagos para un valor máximo de 1000 NMP/100 mL por lo que según el modelamiento se cumple hasta aproximadamente los 0.3 km y luego los valores aumentan por el vertimiento puntual.

La disminución de coliformes en condiciones de ausencia luz se ven afectadas por la dependencia de la temperatura, sin embargo, en la temperatura del canal Vista Alegre por la zona costera y características de aguas lénticas favorecen al crecimiento de dichos patógenos, por lo que es un factor clave para determinar la calidad de agua.

Ilustración 37. Patógenos



Fuente: Elaboración Propia

VI. DISCUSION DE RESULTADOS

[OE1]: Para una mejor aproximación en la simulación con Qual2k se evidenció de limitaciones en las variables meteorológicas que no tiene las estaciones del SENAMHI tales como nubosidad y la radiación reflejada por la superficie para un mejor análisis. Asimismo, en Perú no hay mucha base referida al modelo y sus tasas de calibración.

[OE2]: Los principales puntos a considerar según la ECA-Categoría 4-Subcategoría E1: Lagunas y lagos:

- Para la variación de temperatura mensual multianual no se tiene información disponible para su evaluación, sin embargo, el modelo simula valores máximos y mínimos arrojados para una referencia.
- Para la conductividad (CE) se tiene una observación puntual respecto a la evaluación con el Estándar de Calidad Ambiental = 1000 uS/cm, pues se debe considerar que este parámetro no cumple los parámetros en ningún escenario.
- Para la evaluación de oxígeno disuelto (OD) ≥ 5 mgO₂/L, la simulación oscila entre 20 mgO₂/L para condiciones normales y 50 mgO₂/L para condiciones máximas lo que no supone ningún riesgo para el estándar peruano, sin embargo, a efectos de la conservación de los Pantanos de Villa se debería considerar límites de oxígeno disuelto en el agua, pues el exceso puede producir enfermedades a los peces y otras especies.
- Para el amonio: no es posible su evaluación debido a que no está en la categoría aplicable, se recomienda relacionar estadísticamente con el nitrato
- Para el nitrato se encuentra hasta casi 3 veces su valor permitido por lo que no cumple los Estándares de Calidad Ambiental =13000 ugN/L y se evidencia que los valores tienden a regularse aguas abajo para la fuente puntual de vertimiento por lo que sería un impacto ambiental positivo debatible a verificar con otras metodologías.
- Para la alcalinidad no es posible evaluar con el estándar, debido a que no se encuentra en la lista, se recomienda relacionar con la variación del pH.

[OE3]:

- Para la propuesta de alternativa se debe considerar las características hidráulicas del canal debido a que las variaciones parámetros de calidad de agua demuestran sensibilidad ante variaciones.

- En el escenario de vertimiento puntual los valores de fosforo, nitrato y coliformes se sugiere medidas de ingeniería para evitar sus efluentes.
- En el modelamiento del canal Vista Alegre y las simulaciones realizadas con Qual2k versión v2_12b1 no se contemplan en ningún aspecto el impacto por los residuos sólidos desechados en el cuerpo hídrico, sin embargo, en las visitas de campo se evidencia la falta de cultura ambiental por desecho residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, por lo tanto, al ser un aspecto de índole social estos no forman parte del cálculo y que puedan generar lixiviación.

VII. CONCLUSIONES

[OE1]: La implementación del modelo Qual2k (versión 2.12b1, 2012) en el canal Vista Alegre se desempeña correctamente para un caudal de $0.09m^3/s$, longitud de 0.7 km, monitoreo de calidad de aguas 2019-2022.

[OE2]: Se determinó que de acuerdo a los resultados más relevantes del modelo y su evaluación con los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4 - Subcategoría E1: Lagunas y lagos lo siguiente:

- Para la temperatura podría variar en $\Delta 4.21^\circ$ en condiciones máximas y mínimas del periodo mensual multianual.
- Para la Conductividad: no cumple en ningún escenario planteado, debido que sobrepasan hasta 7 veces su valor permitido
- Para el Oxígeno Disuelto: si cumple en condiciones normales y de saturación con una media de 18.44 mgO₂/L sin embargo, en condiciones mínimas se encuentra por debajo del estándar.
- Para la Demanda Bioquímica del Oxígeno: si cumple en todas las condiciones.
- Para el parámetro nitrógeno orgánico y el amoníaco si cumplen en cualquiera de los escenarios planteados.
- Para el amonio (NH₄): el promedio es estadísticamente distinto al nitrato.
- Para el nitrato (NO₃): si cumple en condiciones normales, sin embargo, en fuente puntual de vertimiento no cumple superando hasta 3 veces su valor permitido.
- Para el fosforo orgánico: si cumple en todos los escenarios planteados, por lo tanto, se colige que tiene una alta capacidad de recuperabilidad.
- Para el pH: sí cumple en escenarios normales y con vertimiento.
- Para los patógenos: no cumple el estándar en el escenario de vertimiento.

[OE3]: Se recomiendan las siguientes medidas de mitigación:

- Realizar un programa de control de caudales según la simulación realizada son un factor clave para la dispersión y sedimentación de contaminantes.
- Implementación de humedales artificiales como medida correctiva para disminuir la conductividad, nitratos y patógenos.

- Implementación de medidas de ingeniería para instalación de alcantarillados superficiales en las zonas circundantes al canal Vista Alegre que se adecuen zona de reglamentación especial y su proximidad a la napa freática.
- Promover la gestión sostenible de residuos sólidos que eviten su lixiviación en el canal Vista Alegre mediante programas ambientales que involucre eco-empresas que puedan acceder a beneficios de recolección de residuos sólidos gratuitos y reconocimientos a las buenas prácticas ambientales.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arenas F, G. A. (2004). *Modelación de la calidad del agua en un río de montaña colombiano (Quebrada La Lejía)*. Bogotá.
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales . (2013). *Metodología para la definición de la longitud de influencia de vertimientos sobre corrientes de agua superficial*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Ávila Angulo, M. A., Virgilio Rivera, J., & Alberto Amaya, C. (2014). Calibración del modelo Qual2K V2.07 en la evaluación del. *Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, 4.
- Castro Huertas, M. A. (2015). APLICACIÓN DEL QUAL2Kw EN LA MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO GUACAICA, DEPARTAMENTO DE CALDAS, COLOMBIA. *Universidad Nacional de Colombia*, 13.
- Chapra, S. (2012). *A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality*. Medford.
- Chapra, S. C. (1997). *Surface Water-Quality Modeling*.
- Enrique Ayala , E. M. (2021). Evaluación de la calidad del agua en los canales de la Zona de Reglamentación Especial de Los Pantanos de Villa. *South Sustainability*, 2.
- INGEMMET. (2019). *Estudio hidrogeológico del refugio de vida silvestre de los Pantanos de Villa, Chorrillos - Lima*. Lima: Sector Energía y Minas.
- Isabel Yachachi, A., Segovia Luna, G., & Orosco Chiclla, N. (2022). Impacto de los residuos de construcción y demolición en la zona de reglamentación especial de pantanos de villa de Lima, Perú. *PAIDEA* .
- Machco, Daniel Carey. (2022). *Ficha Técnica de Recursos Hídricos 01: Información General del Componente Agua* . Lima: PROHVILLA.
- Martha Rojas Urrego. (30 de 01 de 2019). *RAMSAR*. ramsar.org: <https://www.ramsar.org/es/news/los-humedales-una-solucion-natural-al-cambio-climatico>
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias*. Lima: El Peruano.
- Mitsch, W. J. (2007). “Wetlands” Fourth Edition. *John Wiley & Sons, Inc.*, 107-260.
- Pazmiño Rodríguez, J. C., Zambrano Ganchozo, G. L., & Coello Burgos, H. A. (2018). *Modelización de la Calidad del agua del estero aguas Claras, cantón Quevedo, Ecuador*. Quevedo.
- Prigent, C. P. (2012). Changes in land surfaces water dynamics since the 1990s and relation to population pressure. *Geophysical Research Letters* , 39.

- PROHVILLA. (2022). *Consolidado de monitoreos de calidad de agua en canales y manantiales* . Lima: Oficina de Investigación Científica y Desarrollo de proyectos.
- Pulido Capurro, V. M. (2018). Estado actual de la conservación de los hábitats de Los Pantános de Villa, Lima, Perú. *Arnaldoa*.
- Ramirez, D. W. (2010). Estado de la diversidad de flora vascular de los Pantános de Villa . *UNMSM*, 2.
- RAMSAR. (2018). *Perspectiva mundial sobre los humedales* . Suiza: Secretaria de la Convencion de Ramsar 2018.
- Rivera Gutierrez , J. V. (2016). Determinación de las tasas de oxidación, nitrificación y sedimentación en el proceso de autpurificación de un río de montaña. *Revista chilena de ingeniería*, 24(2), 314-326.
- Sanchez Sanchez, A. H. (2020). *Restauración de los canales eutrofizados de abastecimiento de agua a los Pantanos de Villa*. Lima.
- Sara Fraixedas, T. G. (2019). Estimating biodiversity changes in the Camargue wetlands: An expert knowledge approach. *PLOS ONE*.
- Stella Maris, F. (2015). MODELADO DE CALIDAD DE AGUA EN RÍOS DE MONTAÑA CON IMPACTO ANTRÓPICO.
- Urrego Zuluaga, J. G. (9 de 12 de 2021). <http://ccgestionagua.com/>. <http://ccgestionagua.com/agua-y-democracia/modelos-de-calidad-de-agua-en-paises-en-desarrollo/>
- VIERA YAMUNAQUE , A. A. (2022). DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING MEDIANTE EL MÉTODO DE COWAN Y SCS EN EL RÍO PIURA TRAMO PUENTE BOLOGNESI – 1.25 KM HACIA AL SUROESTE.
- Villón Béjar, M. G. (2007). *Hidráulica de canales*. Lima: Villón.
- W. Quispe Prado, L. H. (2016). Dispersión de contaminantes en cursos de agua. Estudios en el río Chumbao, Perú. *Biblioteca Digital de la Universidad Católica de Argentina*, 5.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

| <u>PROBLEMA GENERAL</u> | <u>OBJETIVO GENERAL</u> | <u>HIPOTESIS GENERAL</u> | <u>VARIABLE</u> | <u>METODOLOGÍA</u> |
|---|---|---|--|---|
| ¿Cuáles serán los impactos ambientales evaluados mediante las simulaciones de calidad de agua del canal Vista Alegre empleando Qual2k para su propuesta de medidas mitigación que contribuyan a la conservación de los Pantanos de Villa, distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima? | Determinar los impactos ambientales mediante la simulación de la calidad del agua del canal Vista Alegre empleando Qual2k para proponer medidas de mitigación que contribuyan a la conservación de los Pantanos de Villa del distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima | Existe impactos ambientales negativos en la simulación de la calidad del agua del canal Vista Alegre empleando QUAL2k que contará con propuestas de mitigación viables para la conservación de los Pantanos de Villa del distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima | VD: Impactos Ambientales VI: Calidad de agua del canal Vista Alegre | TIPO DE INVESTIGACIÓN: Descriptivo y aplicada NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Exploratorio POBLACIÓN: 10 tramos en el canal Vista Alegre MUESTRA: DBO, OD, Turbidez, |
| <u>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</u> | <u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u> | <u>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</u> | | |

| | | | |
|--|--|--|---|
| <p>¿Cómo integrar un modelo para la simulación de la calidad del agua del canal Vista Alegre?</p> <p>Evaluar el impacto ambiental por la dispersión de contaminantes en el escenario real con contaminación con Qual2k en el canal Vista Alegre.</p> | <p>Aplicar del modelo Qual2k para la simulación de la calidad de agua del canal Vista Alegre para el periodo 2019-2022 de PROHVILLA e INGEMMET.</p> <p>Evaluar el impacto ambiental por la dispersión de contaminantes en el escenario real con contaminación con Qual2k en el canal Vista Alegre.</p> | <p>El modelo QUAL2k se desempeña correctamente en la simulación de la calidad del agua del canal Vista Alegre para el periodo 2019-2022 de PROHVILLA e INGEMMET</p> | <p>Conductividad Eléctrica, nitratos, fosfatos, Temperatura, Coliformes Fecales</p> |
| <p>¿Cuáles serán las propuestas mitigación para el escenario propuesto en el canal Vista Alegre, distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima?</p> | <p>Proponer alternativas de medidas de mitigación para la conservación de los Pantanos de Villa para el escenario propuesto en el canal Vista Alegre, distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima.</p> | <p>Los resultados mostrarán impactos ambientales negativos significativo por la dispersión de contaminantes en el escenario real con contaminación con Qual2k en el canal Vista Alegre</p> <p>Las propuestas de medidas de mitigación para el escenario real con contaminación contribuirán a la conservación de los Pantanos de Villa, distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima</p> | |

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos



Ilustración 38 Multiparámetro portátil HI 9813-6 Hanna Instruments



Ilustración 39 Kit de monitoreo Hach



Ilustración 40 Equipo Sistema Syscal Pro 48 Switch de Irirs Instruments

ANEXO

CONVENIO ESPECÍFICO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA
AUTORIDAD MUNICIPAL DE LOS PANTANOS DE VILLA Y EL SERVICIO
NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

Estación Meteorológica Automática (EMA) Los Pantanos de Villa

| UNIDAD | DETALLE | CÓDIGO PATROMINIAL | VALOR |
|--|--|--------------------|-----------|
|    Una (1) estación meteorológica automática con sensores incluidos Marca: Davis Vantage Pro2 Modelo: 6162CM Serie: BF211208001 | Incluye los siguientes componentes: <ul style="list-style-type: none"> • Ethernet para la estación Davis • Radio Modem marca Global • Trípode de acero inoxidable • Caja de protección para alojamiento de equipos (caja nema o gabinete) IP65 • Controlador de carga marca Victron Energy PWM de 12/24 LCD y 10 AMP • Batería de Gel de 12DC x 70AH con terminal de perno modelo DG12-75 • 02 paneles solares de 30 Watt x 12 VDC modelo ODA30 18P series 6684839218662463 y 6684839218662486 • Ethernet Gateway Microhard modelo LTE Cuba CAT4CL serie 012-1409593 • Antena de escritorio con base magnética de doble banda LTE | 602240380110 | 21,670.70 |

Valor total: S/. 21,670.70



Ilustración 41. Equipos metereológicos del SENAMHI

**INFORME DE ENSAYO N° 236647
CON VALOR OFICIAL**

Razón Social : **ALEX ROBERTO MAMANI TIPULA**
 Domicilio Legal : RESERVADO POR EL CLIENTE
 Solicitado por : RESERVADO POR EL CLIENTE
 Referencia : Cotización N° 4242-23R02
 Proyecto : MONITOREO DE AGUA SUPERFICIAL PARA MODELAMIENTO
 Procedencia : CANAL VISTA ALEGRE
 Muestreo Realizado por : EL CLIENTE
 Cantidad de Muestras : 2
 Producto : Agua Natural
 Fecha de Recepción : 31/10/2023
 Fecha de Ensayo : 31/10/2023 al 04/11/2023
 Fecha de Emisión : 04/11/2023

I. Resultados

| | | |
|-------------------------------|------------------------|------------------------|
| Código de Laboratorio | 236647-01 | 236647-02 |
| Código del Cliente | CAS-01 | CAS-02 |
| Fecha de Muestreo | 31/10/2023 | 31/10/2023 |
| Hora de Muestreo (h) | 14:05 | 14:20 |
| Ubicación Geográfica (WGS 84) | E: 284205 N:8650104 | E: 283700 N:8649610 |
| Tipo de Producto | Agua Superficial | Agua Superficial |

| Tipo de Ensayo | Unidad | L.D.M. | L.C.M. | Resultados | |
|----------------------------|------------|--------|--------|------------|--------|
| Laboratorio Físico Químico | | | | | |
| Alcalinidad Total | mg CaCO3/L | 1,41 | 5,00 | 231,0 | 243,83 |
| Amonio (NH4+) | mg NH4/L | 0,009 | 0,026 | <0,026 | <0,026 |
| Nitrogeno Orgánico (*) | mg/L | 0,01 | 0,04 | <0,04 | <0,04 |

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

II. Métodos y Referencias

| Tipo de Ensayo | Norma Referencia | Título |
|------------------------------|---|---|
| Laboratorio Físico Químico | | |
| Alcalinidad Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 24th Ed. 2023 | Alkalinity. Titration Method |
| Amonio (NH4+) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D, 24th Ed. 2023 | Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method |
| Nitrogeno Total Kjeldahl (*) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Norg B / Part 4500-NH3 D, 23rd Ed. 2017 (Validado - Modificado). 2020 | Macro-Kjeldahl Method. Ammonia Selective Electrode Method |

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

Ilustración 42. Informe de ensayo del monitoreo del canal Vista Alegre

COTIZACION N° 04242-23R02

Fecha de emisión: 30/10/2023
 Fecha de caducidad: 29/11/2023

CLIENTE
 GESTIÓN ESPECIALIZADA EN HIGIENE, SEGURIDAD INDUSTRIAL Y MEDIO AMBIENTE S.A.C.
 20601649439
 JR. GÉMINIS N° 915 INT. PISO 3 URB. MERCURIO LIMA - LIMA - LOS OLIVOS

Environmental Testing Laboratory S.A.C.
 Envirotest S.A.C.
 20523205936

Carlos A. Utane Choque
 cutane.gehsimasac2@gmail.com

Forma de pago: adelantado 100%
 Proyecto:
 Procedencia:
 Otro:

| Parámetro | Acreditado ante | Unid. | LDM | LCM | Metodología y Referencia | Precio Unitario(S/.) | # muestras | Sub Total S/. |
|---|-----------------|------------|-------|-------|--|----------------------|------------|---------------|
| AGUA - Agua Natural - Agua Superficial | | | | | | | | |
| LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO | | | | | | | | |
| Agua | | | | | | | | |
| 1 Amonio (NH4+) | INACAL | mg NH4/L | 0.009 | 0.026 | Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D, 24th Ed. 2023 | 30.00 | 2 | 60.00 |
| 2 Nitrógeno Orgánico † | NO AREDITADO | mg/L | 0.012 | 0.04 | Macro-Kjeldahl Method. Ammonia Selective Electrode Method SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Norg B / Part 4500-NH3 D, 23rd Ed. 2017 (Validado - Modificado). 2020 | 65.00 | 2 | 130.00 |
| 3 Alcalinidad Total | INACAL | mg CaCO3/L | 1.41 | 5.00 | Alkalinity. Titration Method. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 24th Ed. 2023 | 30.00 | 2 | 60.00 |
| SUB-TOTAL S/. | | | | | | | | 250.00 |

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, ^(††)=Resolución cuantificable.
 * - No Aplica
 (†) : Ensayo no acreditado por ENVIROTEST, pero acreditado ante INACAL por el subcontratista competente.
 (††) : Ensayo subcontratado.
 * : Los métodos indicados no han sido acreditados por los entes INACAL-DA e IAS
 "SM": Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 23rd. Ed. 2017
 "EPA": U.S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemical Analysis.
 "ISO": International Organization for Standardization
 "NMX": Norma Mexicana.
 "Hach": Water Analysis Handbook
 "NTP": Norma Técnica Peruana
 "ETL": Método Validado
 "IQ": Instructivo de Laboratorio

PRESUPUESTO Y RESUMEN DE PRECIOS

| GASTOS ADMINISTRATIVOS | | | | |
|-------------------------------|------------------------|----------|-------|---------------|
| N° | Descripción | Cantidad | Valor | Sub Total S/. |
| 1 | SERVICIO RUSH | 1 | 75.00 | 75.00 |
| 2 | I.E. CON FIRMA DIGITAL | 0 | 0.00 | 0.00 |
| SUB-TOTAL S/. | | | | 75.00 |

Ilustración 43. Cotización del informe de ensayo

Anexo 3. Glosario de términos

Agua de los Pantanos de Villa

Las aguas que llegan al humedal Pantanos de Villa tienen su origen en la cuenca del río Rímac. En la parte media y alta de esta cuenca se llega a tener en promedio precipitaciones que superan los 20 mm y 600 mm al año respectivamente. Parte de estas aguas precipitadas infiltran al subsuelo, recargando de agua al acuífero de Lima en aproximadamente 350 MMC/año³ (millones de metros cúbicos al año). Los acuíferos son reservorios de agua debajo de la superficie terrestre que permiten el flujo de las aguas a través de los poros que presenta en su estructura. El agua viaja en pendiente por acción de la gravedad hacia la parte baja de la cuenca, llegando a recorrer hasta más de 80 kilómetros, hasta aflorar naturalmente en los manantiales ubicados fuera del área natural (sector Villa Baja). El agua que brota de estos manantiales es conducida por un sistema de canales hasta su desembocadura en las lagunas Mayor, Genesis, Marvilla y ANAP. Es importante señalar que por encontrarse muy cerca al litoral, el humedal también recibe los aportes de filtraciones de agua de mar en una zona de mezcla denominada zona de interfase. (PROHVILLA, 2021)

Canal

Los canales son conductos en los que el agua circula debido a la acción de gravedad y sin ninguna presión que pueden ser naturales o artificiales. (Villón Béjar, 2007)

Monitoreo

Observación mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías.

Modelo

Esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, como la evolución económica de un país, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento.

Unidimensional

El canal está bien mezclado vertical y lateralmente por derivación. El sistema puede consistir en un río principal con afluentes ramificados. La hidráulica de estado estacionario se simula como un flujo constante no uniforme. (Chapra S. , 2012)

Escenario

Un escenario se define mediante una serie temporal, a la que se hace referencia como serie raíz y un conjunto de valores definidos por el usuario para dicha serie a lo largo de un rango de tiempo especificado. Los valores especificados se utilizan para generar predicciones para las series temporales afectadas por la serie raíz. El procedimiento requiere un archivo de sistema de modelo que ha creado el procedimiento de modelado causal temporal. Se presupone que el conjunto de datos activo son los mismos datos que se han utilizado para crear el archivo del sistema de modelo. (IBM, 2022)

Humedal

Los humedales son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él. Los humedales se dan donde la capa freática se halla en la superficie terrestre o cerca de ella o donde la tierra está cubierta por aguas poco profundas. (RAMSAR, 2006).

Pantanos

Terreno hundido de fondo más o menos cenagoso y abundante vegetación, donde las aguas se estancan de forma natural. (RAE. 2023)