

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA MEDIANTE EL ANÁLISIS
INTEGRADO DE LA BATIMETRÍA Y EL VOLUMEN MUERTO EN LA PRESA
CUCHOQUESERA PROVINCIA DE CANGALLO, DEPARTAMENTO DE
AYACUCHO, 2023**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Litman Alfaro Pillihuaman

ASESOR:

Msc. Bendezú Prado Jaime Leonardo

AYACUCHO - PERÚ

2023

DEDICATORIA

Dedico a mi madre Julia por guiarme e iluminarme desde el cielo; a mi hija Aldana y mi hijo Matteo por ser fuente de inspiración para seguir adelante; a mis hermanos Wilfredo, Yeny y Elvi por sus alientos constantes.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por bendecir y guiar mi camino.

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por haberme acogido y dado la oportunidad de potenciar mis conocimientos.

Al Ing. Jaime Leonardo Bendezú Prado, por su guía, orientación y su invaluable apoyo, por sus adecuadas sugerencias que encaminaron al éxito de esta investigación.

A mi esposa por el apoyo solidario e incondicional.

Finalmente, a mis amigos y familiares que creen en mí, quienes me apoyaron con su aliento para culminar este trabajo de investigación.

RESUMEN

La presente tesis se enfoca en la optimización de la gestión del agua en la presa Cuchoquesera, ubicada en la provincia de Cangallo, departamento de Ayacucho, para ello, se llevó a cabo un análisis integral de la batimetría y el volumen muerto en la presa, con el fin de controlar eficazmente los sedimentos y garantizar un adecuado almacenamiento del recurso hídrico. El análisis de la batimetría permitió identificar áreas propensas a la acumulación de sedimentos, lo que podría afectar la calidad del agua y reducir la capacidad de almacenamiento, además, proporcionó datos precisos sobre la capacidad de almacenamiento del embalse a diferentes niveles de cota, lo que posibilitó planificar un uso sostenible del agua y optimizar la generación de energía hidroeléctrica, así como prevenir inundaciones. A su vez estos datos tienen un alto impacto social, ya que contribuyen al bienestar de las comunidades circundantes y al cuidado del medio ambiente, mediante la batimetría se pudo realizar el análisis de colmatación del fondo desde 1987 hasta 2023 mostrando que la presa Cuchoquesera ha retenido una cantidad considerable de sedimentos, aproximadamente $137,851.74 \text{ m}^3$, sin embargo, en comparación con el gran volumen de almacenamiento de la presa, que es de $80,000,000.00 \text{ m}^3$, el porcentaje de sólidos retenidos es mínimo, apenas alrededor del 0.17%. Esto sugiere que la presa aún tiene una capacidad significativa para acumular sedimentos antes de afectar su funcionalidad, los resultados de la investigación indican que la presa Cuchoquesera posee una infraestructura de gran capacidad y durabilidad, y se prevé que supere con creces su vida útil en más de 20,000 años antes de alcanzar una colmatación crítica.

Palabras clave: Gestión del agua, Batimetría, Volumen muerto, Sedimentos, Colmatación del fondo, Análisis integral.

ABSTRACT

This thesis focuses on the optimization of water management in the Cuchoquesera dam, located in the province of Cangallo, department of Ayacucho, for this purpose, a comprehensive analysis of the bathymetry and dead volume in the dam was carried out, in order to effectively control sediments and ensure adequate storage of water resources. The bathymetry analysis made it possible to identify areas prone to sediment accumulation, which could affect water quality and reduce storage capacity. It also provided accurate data on the reservoir's storage capacity at different levels of elevation, making it possible to plan sustainable water use and optimize hydroelectric power generation, as well as prevent flooding. In turn, these data have a high social impact, since they contribute to the wellbeing of the surrounding communities and to the care of the environment. By means of bathymetry, the analysis of bottom clogging from 1987 to 2023 showed that the Cuchoquesera dam has retained a considerable amount of sediments, approximately 137,851.74 m³, however, in comparison with the large storage volume of the dam, which is 80,000,000.00 m³, the percentage of retained solids is minimal, barely around 0.17%. This suggests that the dam still has significant capacity to accumulate sediment before affecting its functionality, the research results indicate that the Cuchoquesera dam has a high capacity and durable infrastructure, and is expected to far exceed its useful life by more than 20,000 years before reaching critical clogging.

Key words: Water management, Bathymetry, Dead volume, Sediments, Bottom clogging, Integral analysis.

INTRODUCCIÓN

La gestión del agua es un desafío crucial a nivel mundial para garantizar un suministro sostenible y equitativo de este recurso vital, en este contexto se realizó un estudio en la provincia de Cangallo, departamento de Ayacucho, sobre la presa Cuchoquesera el cual juega un papel fundamental como sistema de almacenamiento de agua. Sin embargo, diversos estudios y expertos han destacado la urgente necesidad de intervenir y tomar precauciones para optimizar su gestión. La eficiencia en el uso de los recursos hídricos disponibles en la presa es una de las principales preocupaciones, ya que afecta directamente su capacidad de almacenamiento y distribución. En respuesta a este desafío, la presente tesis se centra en la "Optimización de la gestión del agua mediante el análisis integrado de la batimetría y el volumen muerto en la presa Cuchoquesera", mediante la batimetría, un método que mide la profundidad de un cuerpo de agua, será utilizado para comprender la distribución de las capas de agua y su relación con la capacidad de almacenamiento de la presa, este análisis permitirá identificar zonas con acumulación de sedimentos o de baja profundidad, aspectos clave para planificar estrategias de mantenimiento y mejora.

Además, se considerará el volumen muerto, que corresponde a la cantidad de agua no utilizable debido a la ubicación de las tomas de agua para comprender las limitaciones de la presa y buscar maneras de minimizar su impacto en la gestión del agua. Mediante el análisis integrado de la batimetría y el volumen muerto, se espera tomar decisiones informadas y precisas sobre la distribución, almacenamiento y uso de los recursos hídricos disponibles para optimizar su aprovechamiento y garantizar un suministro adecuado en la presa Cuchoquesera.

Los objetivos de esta investigación son claros y enfocados en optimizar la gestión del agua en la presa Cuchoquesera, se busca investigar y analizar la relación entre la batimetría y la gestión del agua, evaluar el impacto del volumen muerto en la disponibilidad de agua utilizable, identificar desafíos y limitaciones, y proponer recomendaciones prácticas basadas en el análisis de ambos factores.

La relevancia de esta investigación radica en su enfoque novedoso y en el uso de metodologías avanzadas para abordar la gestión del agua, al comprender cómo la batimetría y el volumen muerto afectan el almacenamiento y uso del agua en la presa Cuchoquesera, se podrán generar estrategias más eficientes y sustentables para su administración. Esto, a su vez, contribuirá al acceso equitativo al agua potable, la preservación del medio ambiente y el desarrollo sostenible de la región de Ayacucho.

En el primer capítulo se explicará el planteamiento del problema, el cual detalla la situación de la presa, la justificación, limitaciones y cuáles son los objetivos a cumplir para la realización de la tesis. En el siguiente capítulo, se presentará el marco teórico que respalda esta investigación, revisando la literatura existente y los estudios relevantes, a continuación, se describirá la metodología utilizada, destacando el enfoque cuantitativo y el diseño experimental para la recolección de datos. Los resultados obtenidos y su discusión se expondrán en el cuarto capítulo, y finalmente, se presentarán las conclusiones y recomendaciones derivadas de esta investigación en el último capítulo.

La presente tesis aspira a aportar valiosos conocimientos y soluciones prácticas para la gestión del agua en la presa Cuchoquesera y, en última instancia, a contribuir al manejo sostenible de los recursos hídricos en la región.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	6
ÍNDICE GENERAL	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE TABLAS.....	15
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1. Descripción del problema	16
1.2. Delimitación del problema	17
1.2.1. Espacial (geográfica)	17
1.2.2. Temporal.....	17
1.2.3. Temática y unidad de análisis	17
1.3. Formulación del problema	17
1.3.1. Problema general.....	17
1.3.2. Problemas específicos.....	17
1.4. Justificación e importancia	17
1.4.1. Justificación	17
1.4.2. Importancia	18
1.5. Limitaciones de la investigación	18
1.6. Objetivos	18

1.6.1.	Objetivo general.....	18
1.6.2.	Objetivos específicos.....	18
II.	MARCO TEÓRICO	19
2.1.	Antecedentes.....	19
2.1.1.	Investigaciones internacionales.....	19
2.1.2.	Investigaciones nacionales.....	20
2.2.	Bases teóricas	22
2.2.1.	Sistemas de gestión de agua	22
2.2.2.	Planificación y desarrollo del sistema de gestión del agua	23
2.2.3.	Distribución y uso óptimo.....	25
2.2.4.	Sedimentación en las presas	26
2.2.5.	Gestión en la Sedimentación.....	26
2.2.6.	Batimetría.....	27
2.2.7.	Medición de la batimetría.....	29
2.2.8.	Para qué se utilizan los datos batimétricos	32
2.2.9.	Volumen muerto.....	35
2.3.	Marco conceptual.....	36
2.3.1.	Optimización de la Gestión.....	36
2.3.2.	Capacidad de almacenamiento de agua.....	36
2.3.3.	Optimización del uso del agua	37
III.	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
3.1.	Enfoque.....	38
3.2.	Alcance	38

	10
3.3. Diseño de investigación.....	38
3.4. Población y muestra.	38
3.5. Hipótesis	39
3.5.1. Hipótesis general	39
3.5.2. Hipótesis específicas.....	39
3.6. Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional	40
3.6.1. Variable Independiente.....	40
3.6.2. Variable Dependiente	40
3.7. Técnicas e instrumentos.....	42
3.7.1. Técnicas.....	42
3.7.2. Instrumentos	42
3.8. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información	42
3.9. Desarrollo del trabajo de tesis.....	43
3.9.1. Antecedente del área de estudio.....	43
3.9.2. Ubicación del área en estudio	44
3.9.3. Metodología Propuesta.....	47
3.9.4. Análisis de la relación entre la batimetría de la presa Cuchoquesera y la gestión del agua.....	47
3.9.5. Evaluación del Impacto del volumen muerto	66
3.9.6. Identificación de las principales limitaciones y desafíos en la colmatación de la presa Cuchoquesera	76
3.9.7. Técnicas para abordar los desafíos identificados en la gestión del agua en la presa Cuchoquesera	79
iv. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	85

4.1. RESULTADOS CONFORME AL OBJETIVO ESPECÍFICO 1	85
4.1.1. Discusión	86
4.2. RESULTADOS CONFORME AL OBJETIVO ESPECÍFICO 2	87
4.2.1. Discusión	89
4.3. RESULTADOS CONFORME AL OBJETIVO ESPECÍFICO 3	90
4.3.1 Discusión.....	92
4.4. RESULTADOS CONFORME AL OBJETIVO ESPECÍFICO 4	92
4.4.1. Discusión	94
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES.....	96
Referencias bibliográficas.	97
ANEXOS	102
ANEXO 1. PANEL FOTOGRÁFICO.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Batimetría Multihaz y Monohaz	28
Figura 2 Batimetría	29
Figura 3 Sonar para estudios Batimétricos	30
Figura 4 Satélite para estudios Batimétricos	31
Figura 5 Lidar aerotransportado	32
Figura 6 Mapa Batimétrico.....	33
Figura 7 Estudios de impacto ambiental (EIA)	34
Figura 8 Volumen muerto	35
Figura 9 Dique de la presa Cuchoquesera.....	44
Figura 10 Mapa de ubicación nacional y regional.....	45
Figura 11 Mapa de ubicación provincial.....	46
Figura 12 Metodología de la Solución	47
Figura 13 Foto de referencia del equipo de trabajo, Presa Cuchoquesera.....	49
Figura 14 Levantamiento batimétrico	50
Figura 15 Cálculo de tirante y fondo de Río.....	51
Figura 16 Batimetría 2023	53
Figura 17 Curva de operatividad 2023 Cota - Volumen.....	54
Figura 18 Curva de operatividad 2023 Cota - Área	55
Figura 19 Batimetría 1987	57
Figura 20 Batimetría 2016	59
Figura 21 Curva de operatividad 1987 - 2016 Cota - Volumen	60
Figura 22 Curva de operatividad 1987 - 2016 cota 3715 - 3720 y 3745 - 3750.....	61
Figura 23 Curva de embalsamiento de la presa Cuchoquesera Cota - Volumen.....	63
Figura 24 Proyección de colmatación	65
Figura 25 Medición batimétrica por sonda en la presa Cuchoquesera	66
Figura 26 Gráfica del volumen muerto 1987	68

Figura 27 Gráfica del volumen muerto 2016	70
Figura 28 Gráfica del volumen muerto 2023	72
Figura 29 Comparación del volumen muerto de los años 1987, 2016 y 2023	74
Figura 30 Comparación del Volumen Muerto (0 a 494851.53) y 4140552.55 a 4494438.48)	75
Figura 31 Variación del volumen muerto	76
Figura 32 Distribución de Profundidades en la Presa Cuchoquesera	77
Figura 33 Distribución del volumen muerto	78
Figura 34 Análisis de Tendencias y Patrones en la Presa Cuchoquesera	80
Figura 35 Análisis de correlación de volumen muerto en la presa Cuchoquesera	81
Figura 36 Análisis de correlación de volumen muerto en el año 1987	82
Figura 37 Análisis de correlación de volumen muerto en el año 2016	83
Figura 38 Análisis de correlación de volumen muerto en el año 2023	84
Figura 39 Gráfica del volumen de sedimentos y colmatación	85
Figura 40 Variación del volumen muerto	87
Figura 41 Cantidad de sedimentos retenidos	88
Figura 42 Margen de la Presa Cuchoquesera	102
Figura 43 Embarcación en la presa Cuchoquesera	102
Figura 44 Esquema del Sistema Hidráulico	103
Figura 45 Colmatación fuera de la Presa	103
Figura 46 Estación Meteorológica	104
Figura 47 Nivel de agua	104
Figura 48 Personal Técnico para el estudio de la Batimetría	105
Figura 49 Equipos de seguridad e instrumentos de medición	106
Figura 50 Panorama del margen de la presa	106
Figura 51 Situación de un de margen de la presa	107
Figura 52 Insignia de propiedad del estado	107
Figura 53 Calibración de los equipos	108

Figura 54 Calibración de los equipos para batimetría	109
Figura 55 Equipo de trabajo para la obtención de datos batimétricos	110
Figura 56 Inicio del viaje hacia el punto central donde se realizará la batimetría	111
Figura 57 Sedimentación en el margen de la presa	112
Figura 58 Sedimentación en otro punto del margen de la presa.....	112
Figura 59 Instrumento de Sonda para el cálculo batimétrico	113
Figura 60 Travesía hacia el punto de medición	114
Figura 61 Retorno del punto de medición	115
Figura 62 Retorno del punto de medición con el equipo de trabajo	116
Figura 63 Verificación del estado de los equipos.....	117
Figura 64 Retorno hacia el campamento	118
Figura 65 Parte de los sedimentos encontrados en el margen de la presa.....	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables	41
Tabla 2 Ubicación política	44
Tabla 3 Ubicación Hidrográfica	45
Tabla 4 Vías de acceso Ayacucho-Presa Cuchoquesera	46
Tabla 5 Personal técnico.....	48
Tabla 6 Equipos de trabajo	48
Tabla 7 Metodología del método orbital	50
Tabla 8 Volumetría de 2023.....	52
Tabla 9 Volumetría de 1987.....	56
Tabla 10 Volumetría de 2016.....	57
Tabla 11 Cuadro comparativo de las prospecciones batimétricas de los años 1987, 2016 y 2023	62
Tabla 12 Volumen muerto calculado 1987	67
Tabla 13 Volumen muerto calculado 2016	69
Tabla 14 Volumen muerto calculado 2023	71
Tabla 15 Cuadro comparativo del volumen muerto de los años 1987, 2016 y 2023 ...	73
Tabla 16 Estrategias para optimizar la disponibilidad de agua utilizable.....	89
Tabla 17 Limitaciones y soluciones en la gestión del agua de la presa	91
Tabla 18 Recomendaciones y Acciones para la Gestión del Agua	93

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La gestión del agua dentro del ámbito internacional es el conjunto de acciones y estrategias que se llevan a cabo para administrar y controlar el uso, distribución y conservación del agua en una determinada región o territorio. Esto incluye la planificación, monitoreo y regulación de los recursos hídricos, así como la implementación de medidas para garantizar su disponibilidad y calidad a largo plazo, es por ello que la gestión del agua es fundamental para asegurar el acceso al agua potable, la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible (Vásquez, 2013).

La presa Cuchoquesera, ubicada en la provincia de Cangallo al ser un sistema de almacenamiento de agua, ha enfrentado varios desafíos en términos de gestión del agua como lo menciona (Carhuallanqui, 2023) donde un equipo del consejo regional de Ayacucho evaluado por técnicos destaca la urgente necesidad de intervenir y tomar precauciones para garantizar un servicio óptimo. Estos desafíos o problemas se originan en la falta de eficiencia en el uso de los recursos hídricos disponibles en la presa, lo cual tiene diversas implicaciones asociadas con la gestión de sistemas de almacenamiento de agua, es por ello que se empleara el uso de la batimetría el cual es el utilizado principalmente en el estudio y medición de la profundidad de un cuerpo de agua (Morales et al., 2018) , en este caso, la Presa Cuchoquesera lo que permitirá analizar y comprender la distribución de las capas de agua y cómo se relacionan con la capacidad de almacenamiento. Esto permitirá identificar zonas donde se acumula sedimento o donde la profundidad es insuficiente para un óptimo almacenamiento de agua, ya que, mediante el análisis de la batimetría, se podrán identificar áreas que requieren una mayor atención y planificar estrategias de mantenimiento y mejora

Además, es esencial considerar el volumen muerto en la gestión del agua de la presa Cuchoquesera, ya que nos permitirá determinar la cantidad de agua que no se puede utilizar de manera efectiva debido a la posición de las tomas de agua, esto es importante para entender las limitaciones de la presa y buscar formas de minimizar el impacto del volumen muerto en la gestión del agua.

Mediante el análisis integrado de la batimetría y el volumen muerto, se podrá tomar decisiones informadas y precisas en cuanto a la distribución, almacenamiento y uso de los recursos hídricos disponibles para optimizar el uso del agua y garantizar un suministro adecuado en la presa Cuchoquesera.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial (geográfica)

La presente investigación se realizará en la provincia de Cangallo, departamento de Ayacucho, 2023

1.2.2. Temporal

La investigación se desarrollará en el año 2023.

1.2.3. Temática y unidad de análisis

La temática en la presente investigación se centra en la gestión eficiente del agua en esta presa específica ubicada en la provincia de Cangallo, departamento de Ayacucho en el año 2023.

La unidad de análisis en la presente investigación es la presa Cuchoquesera.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo se puede mejorar la gestión del agua en la presa Cuchoquesera a través del análisis integrado de la batimetría y el volumen muerto?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la relación entre la batimetría de la presa Cuchoquesera y la gestión del agua en términos de control de sedimentos y capacidad de almacenamiento?
- ¿Cómo afecta el volumen muerto de la presa Cuchoquesera a la disponibilidad de agua utilizable y cómo se puede optimizar su uso?
- ¿Cuáles son las principales limitaciones y desafíos en la gestión del agua en la presa Cuchoquesera y cómo se pueden abordar mediante el análisis de la batimetría y el volumen muerto?

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación

La justificación de la presente investigación se basa en la necesidad de optimizar la gestión del agua en la presa Cuchoquesera mediante el análisis detallado de la batimetría y el volumen muerto, el cual permitirá obtener información valiosa sobre la capacidad de almacenamiento de la presa y su aprovechamiento óptimo. Esto permitirá identificar áreas de mejora y establecer estrategias más eficientes para la gestión y

distribución del uso del agua, además no solo permitirá generar beneficios significativos tanto a nivel local como regional como un suministro más confiable y equitativo para la comunidad de la provincia de Cangallo, sino que también contribuirá a la protección del medio ambiente y la preservación de los recursos hídricos.

1.4.2. Importancia

La importancia de la presente investigación radica en su capacidad para abordar los desafíos existentes en la gestión del agua en la presa Cuchoquesera, mediante un enfoque integrado de la batimetría y el volumen muerto, mostrando relevancia en el potencial para mejorar el suministro de agua, proteger el medio ambiente y contribuir al bienestar de la comunidad local y regional.

1.5. Limitaciones de la investigación

La presente investigación presenta como limitación tener información detallada sobre la disponibilidad y acceso a datos precisos de la batimetría y el volumen muerto de la presa Cuchoquesera, así como la cooperación de las autoridades competentes.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Optimizar la gestión del agua a través del análisis integrado de la batimetría y el volumen muerto en la presa Cuchoquesera provincia de Cangallo, departamento de Ayacucho, 2023.

1.6.2. Objetivos específicos

- Investigar y analizar la relación entre la batimetría de la presa Cuchoquesera y la gestión del agua en términos de control de sedimentos y capacidad de almacenamiento.
- Evaluar el impacto del volumen muerto de la presa Cuchoquesera en la disponibilidad de agua utilizable y proponer estrategias para optimizar su uso.
- Identificar las principales limitaciones y desafíos en la gestión del agua en la presa Cuchoquesera y desarrollar soluciones basadas en el análisis de la batimetría y el volumen muerto.
- Proponer recomendaciones prácticas y acciones específicas para abordar los desafíos identificados en la gestión del agua en la presa Cuchoquesera, considerando el análisis de la batimetría y el volumen muerto.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Investigaciones internacionales

Astudillo et al. (2019), en su artículo titulado “Desarrollo de una interfaz para el cálculo de los niveles de profundidad en cuerpos de agua a través de batimetría (TOLTECA)” busca desarrollar una interfaz para el cálculo preciso de los niveles de profundidad en cuerpos de agua mediante el uso de batimetría. Los autores son investigadores de la Universidad Politécnica de Juventino Rosas y del CINVESTAV del IPN y proponen una interfaz desarrollada que permite la visualización y análisis detallado de los datos obtenidos a través del procesamiento y análisis de imágenes multiespectrales. Además, se espera que esta tecnología pueda ser utilizada en la industria o en la investigación científica para monitorear la topografía submarina, el movimiento de sedimentos depositados y la producción de mapas marítimos para la navegación.

Prieto y Lizama (2021), en su tesis titulada “Estudio hidrodinámico y de calidad de agua en la profundidad de la laguna Carén”, buscan obtener información sobre las concentraciones de nutrientes y elementos químicos de la laguna Carén para evaluar su nivel de eutrofización, para ello utilizan una metodología cuantitativa haciendo uso del software GLM Model Lake que les permitirá obtener los parámetros hidrodinámicos, de calidad del agua y del medio ambiente, donde utilizan dada referencial de estudios anteriores que incluyen la radiación solar, velocidad del viento, humedad relativa, temperatura del aire y precipitación. Además hacen uso de la batimetría para determinar su área en función de la altura y calcular el volumen del cuerpo de agua, los autores mencionan que la batimetría juega un papel importante en la obtención de los parámetros necesarios respecto al almacenamiento y profundidad de agua que son necesarios para evaluar la calidad del agua, una vez obtenidos los datos lo autores usan el software para simular y obtener una comparación con los estudios realizados a partir de mediciones anteriores usando boyas.

López y Tamburrino (2018) en su tesis “Evaluación de alternativas de reducción del volumen para almacenamiento de sedimentos aportantes a embalses de riego mayores”, proponen evaluar las dimensiones de la presa y otras estructuras asociadas donde la tasa de producción de sedimentos es alta, ya que esto puede aumentar los costos del proyecto debido al volumen muerto significativo que se debe considerar durante la vida útil del embalse. Para ello proponer alternativas para reducir el aporte de sedimentos de forma que sean extrayéndolos o desviándolos, pero teniendo las

implicaciones tanto en lo económico como en lo ambiental, de tal forma que se evalúe correctamente y que mejore el nivel del impacto a uno positivo trayendo como resultado una mejor optimización en el balance hídrico de los embalses de riego.

Fernández (2018) en su tesis “Determinación de las variaciones superficiales y volumétricas de la Laguna del Laja en el período septiembre 2007 - septiembre 2018” se enfoca en determinar las variaciones en el área y volumen de la Laguna del Laja en un período de once años, ya que esta laguna es vital para el equilibrio hídrico de la región del Biobío y tiene importancia en la agricultura, el turismo y la generación de energía hidroeléctrica, como problemática el autor menciona que la laguna del Laja ha mostrado una disminución en sus niveles de agua, es por ello que utiliza una metodología basada en un modelo batimétrico y datos de nivel de agua para determinar el área y volumen de la laguna. Los resultados que presenta el autor es que al realizar estas determinaciones halló que se ha perdido un total de 15.82 km² en el área y 0.904 km³ en el volumen de la laguna durante el período de estudio de once años, estos datos indican un descenso significativo en la laguna, dando a conocer que es necesario realizar un balance hídrico que permita mejorar la gestión del agua que realiza en la zona.

Rojas (2021) en su tesis “Estudio hidrodinámico de las ondas internas en un fiordo utilizando un método numérico” se centra en el estudio de las ondas internas en un fiordo de Chile utilizando simulaciones numéricas mediante el uso de la geomorfología y batimetría del fiordo de Aysén, el autor menciona que al uso de la geomorfología y batimetría le permite evaluar de forma sistemática la influencia de la marea y el caudal del río en los números de onda dominantes en diferentes simulaciones. También menciona que mediante la batimetría le va a permitir realizar un modelo hidrodinámico que se relacione a un modelo hidrológico que de salida a una mejor gestión en el análisis hidráulico en el análisis de la influencia de la marea y el caudal del río.

2.1.2. Investigaciones nacionales

Espinoza y Pizarro (2022) en sus artículo “Medición volumétrica del material sedimentado aplicando la Ecosonda South y GPS diferencial en el embalse 01 Quicapata. Ayacucho - 2022” se enfoca en la medición volumétrica del material sedimentado en el embalse 01 Quicapata, ubicado en Ayacucho, el objetivo de esta tesis es realizar una batimetría para determinar el volumen de sedimentación en el embalse con la finalidad de encontrar data que permita evaluar aspectos hidrológicos

para una posterior investigación, que sirva como análisis referencial sobre la gestión hidrológica, para ello utilizan equipos como Cosonda South, un GPS diferencial y el software Civil 3D 2021. Como resultados los autores mencionan que encontraron una diferencia de acumulación de sedimentos debido la velocidad de entrada del agua al embalse lo que provocó una mayor acumulación de sedimentos en la parte final, estos resultados sirvieron a los autores para brindar información sobre cómo entender y controlar la sedimentación y el volumen de agua en el embalse, para contribuir una mejor gestión del recurso hídrico.

Hidalgo (2019) en su tesis “Diseño hidrológico - hidráulico para pequeñas presas en cuencas no aforadas, usando el modelo de precipitación - escurrimiento de Témez, mediante geoprocésamiento SIG y modelamiento numérico. Un enfoque hacia la realidad peruana: Caso Vilcanchos, Ayacucho” se centra en el desarrollo de consideraciones hidrológicas e hidráulicas para el diseño de una pequeña presa donde el objetivo general de esta tesis es proyectar la gestión hídrica de la presa, teniendo en cuenta el volumen muerto, la gestión del agua y la elección adecuada del modelo de transformación, para ello el autor abarca los procedimientos para calcular y dimensionar la presa utilizando la metodología BIM, además también realiza el cálculo del volumen muerto y el modelamiento numérico de redes de flujo. Esto con el fin de analizar los caudales ecológicos en la ejecución del balance hídrico y su impacto en la satisfacción de la demanda agrícola. Como resultado el autor menciona que el desarrollo de su tesis proporcionará información relevante para el diseño y la gestión adecuada de pequeñas presas, considerando aspectos hidrológicos, hidráulicos y medioambientales.

Alburquerque et al. (2021) en su artículo “Gestión y estudio evolutivo del agua para el desarrollo sostenible de la región Piura, Perú”, aborda la problemática de la gestión del agua en algunas zonas donde se ha convertido en un recurso escaso debido a una mala gestión, los autores mencionan que la gestión de los recursos hídricos es fundamental para medir la oferta y la demanda, mejorar la eficiencia y asignación espacial, pero enfrenta desafíos como restricciones presupuestarias y falta de conocimiento técnico, es por ello que propone una gestión integrada de los recursos hídricos y la creación de consejos de uso de recursos hídricos por cuencas en el Perú un país con una gran disponibilidad de agua dulce.

Moreno et al. (2018) en su artículo “Modelado Numérico del Maremoto de Lambayeque 1960 (7.6 Mw)” menciona la importancia de la batimetría como dato de información en la dinámica y simulación numérica de movimiento de aguas marinas como el maremoto, los autores recalcan que no solo la batimetría puede darse en alteraciones dentro del mar sino que es usada también como información de topografía

en los ríos y presas dentro del Perú proporcionando información relevante sobre la inversión de las formas de onda que se produce en el movimiento del agua, el autor menciona que la información tiene relevancia en el modelamiento hidrológico del monitoreo que se le puede dar en diversas aplicaciones relacionados antes sucesos marítimos.

Quevedo (2019) en su tesis titulada “Evolución de la sedimentación en el embalse tinajones” se enfoca en la evolución de la sedimentación en el embalse Tinajones, y utiliza la batimetría como método para obtener información precisa sobre los sedimentos depositados a lo largo de los años, mediante un procedimiento que utiliza medidas indirectas pero precisas para realizar levantamientos topográficos en cuerpos de agua, como embalses o mares, en su tesis emplea la ecosonda, que emite ondas acústicas desde un transductor en la superficie del agua y registra el eco de estas ondas al reflejarse en el fondo sólido. De esta manera, se obtiene información sobre la profundidad y la topografía del fondo marino, además menciona que para poder completar la data necesaria en su investigación recopiló información topográfica de diferentes años, utilizando datos del archivo técnico del PEOT, esto le ayudo a tener un mejor entendimiento de la evolución de la sedimentación y a tomar medidas adecuadas para preservar la capacidad de almacenamiento del embalse a lo largo de los años.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Sistemas de gestión de agua*

Los sistemas de gestión de agua se refieren a enfoques y prácticas utilizados para administrar de manera efectiva los recursos hídricos y garantizar la sostenibilidad y el uso eficiente de los recursos hídricos. Esto implica la implementación de sistemas de gestión que incluyen la planificación, el seguimiento, la distribución equitativa, la conservación y la protección de los recursos hídricos.

Según (Martínez et al., 2018) los sistemas de gestión de agua presentan los siguientes principios:

- Gestión integral del agua para todos los usos, con el objetivo de maximizar los beneficios globales y reducir los conflictos entre usuarios.
- Integración en la gestión de los beneficios económicos, sociales y ambientales tanto de los usuarios directos del agua como de la sociedad en su conjunto.
- Gestión integrada de todos los aspectos del agua (cantidad, calidad y tiempo de llegada) que afectan el uso y los usuarios del agua.

- Gestión integrada de las distintas fases del ciclo hidrológico.
- Gestión integrada a nivel de cuenca, acuífero o sistema hidrológico interconectado. Integrar la gestión de la demanda de agua con la gestión del suministro.
- Integrar la gestión de los recursos hídricos con la gestión de la tierra, los recursos naturales y otros ecosistemas relacionados.

2.2.2. Planificación y desarrollo del sistema de gestión del agua

La planificación y el desarrollo del sistema de gestión del agua se refiere a los procesos y métodos utilizados para diseñar, implementar y mejorar la gestión integrada de los recursos hídricos. Además, la planificación hidrológica es un componente importante de la gestión del agua y su objetivo es lograr el buen estado y la adecuada protección de los espacios públicos hidráulicos e hidráulicos. Esto implica satisfacer las necesidades de agua, equilibrar y armonizar los desarrollos regionales e industriales, proteger la calidad del agua y optimizar el uso y la disponibilidad de este recurso (Bibó et al., n.d.).

(Martínez et al., 2018) establece que, para un desarrollo del sistema de gestión del agua, se deben considerar varios elementos clave como se muestran a continuación:

- **Evaluación de la situación:** Es el proceso de desarrollo del sistema de gestión del agua, para ello se lleva a cabo una evaluación exhaustiva de la situación actual de los recursos hídricos. Esto implica examinar diversos aspectos, como la cantidad de agua disponible, las demandas presentes y futuras de agua, los efectos ambientales generados y los riesgos asociados a la gestión del recurso hídrico, además durante este análisis, se recopila información detallada sobre el estado actual de los recursos hídricos, considerando tanto los factores internos como externos que pueden influir en su disponibilidad y calidad.
- **Objetivos:** Son las metas que se establecen para el sistema de gestión del agua, considerando diversas aplicaciones y usos del recurso hídrico, como el suministro de agua potable, la agricultura, la industria y la preservación de los ecosistemas acuáticos. Durante este proceso, se tienen en cuenta las necesidades específicas de cada sector y se definen los resultados deseados en términos de disponibilidad, calidad y uso sostenible del agua, donde la finalidad es garantizar un equilibrio adecuado entre las demandas de agua de distintas

actividades, promoviendo tanto el bienestar humano como la conservación de los ecosistemas acuáticos. Además, al establecer metas y objetivos claros, se proporciona una dirección clara para la planificación y el desarrollo del sistema de gestión del agua, permitiendo la implementación de estrategias y medidas efectivas para lograr una gestión integral y sostenible del recurso hídrico.

- **Planificación:** Es el proceso de elaborar planes y estrategias de largo plazo con el propósito de lograr los objetivos establecidos, esta tarea conlleva la identificación de las acciones requeridas, la determinación de prioridades y la asignación eficiente de recursos. Durante este proceso, se analiza detalladamente qué medidas son necesarias para avanzar hacia las metas establecidas y pasos a seguir se definen en base a las prioridades según su importancia y urgencia. Además, se realiza una asignación cuidadosa de los recursos disponibles, asegurando su uso óptimo y efectivo para alcanzar los resultados deseados. El diseño de estos planes y estrategias a largo plazo brinda una hoja de ruta clara y coherente, permitiendo una gestión integral y planificada del sistema de gestión del agua con el fin de maximizar los beneficios y minimizar los riesgos asociados a la gestión del recurso hídrico.

- **Implementación de estrategias:** Es el proceso de ejecutar medidas específicas para poner en marcha las estrategias establecidas, las cuales incluyen la construcción de infraestructuras relacionadas con el agua, la promoción de prácticas que fomenten el uso eficiente del recurso hídrico, la gestión adecuada de las cuencas hidrográficas y la educación de la sociedad sobre la importancia de conservar el agua. Durante este proceso, se realizan acciones concretas y tangibles que tienen como objetivo implementar las estrategias definidas anteriormente, estas acciones pueden incluir la construcción de presas, canales y sistemas de distribución de agua, la implementación de tecnologías que promuevan el ahorro de agua, la adopción de políticas de gestión integral de cuencas y la realización de campañas de concienciación para sensibilizar a la población sobre la importancia de preservar y utilizar el agua de manera responsable.

- **Seguimiento:** Es un proceso que lleva a cabo un monitoreo continuo de las acciones implementadas y se evalúa su eficacia de manera constante, esto

permite realizar ajustes y mejoras en el sistema de gestión del agua según los resultados obtenidos. Mediante este seguimiento, se recopilan datos y se analiza el impacto de las acciones en relación con los objetivos establecidos, además la evaluación constante de la efectividad de las medidas permite identificar posibles desafíos o áreas de mejora, lo que a su vez facilita la toma de decisiones informadas para realizar ajustes necesarios, de esta manera, se garantiza una gestión adaptativa del sistema de gestión del agua, con el objetivo de optimizar los resultados y abordar de manera efectiva los desafíos que puedan surgir a lo largo del tiempo.

2.2.3. Distribución y uso óptimo

De acuerdo con la investigación realizada por Martínez et al. (2018), se destaca la importancia crucial de la distribución y el uso eficiente de los sistemas de gestión del agua para asegurar la sostenibilidad y la equidad en el acceso a este recurso vital. La distribución del agua tiene como objetivo fundamental proveer de agua potable a las comunidades, así como garantizar el riego agrícola e industrial, por ello resulta imperativo asegurar que los suministros de agua sean equitativos y estén disponibles para todos, sin importar su ubicación geográfica o su nivel socioeconómico, esto implica la construcción de una infraestructura adecuada, como tuberías, redes de distribución y plantas de tratamiento de agua, con el fin de suministrar agua a las áreas que más lo requieren.

Asimismo, el uso óptimo del agua implica la implementación de técnicas y prácticas que reduzcan el desperdicio y maximicen la eficiencia en su utilización. Esto se logra a través de la adopción de tecnologías y sistemas que permitan el control y la regulación del consumo de agua, la reutilización y el reciclaje de aguas residuales, la captación y almacenamiento de agua de lluvia, así como el fomento de prácticas de riego eficiente en la agricultura, de esta manera, se busca minimizar las pérdidas y optimizar el aprovechamiento del recurso hídrico, contribuyendo a su conservación y garantizando su disponibilidad a largo plazo.

Martínez et al. (2018), menciona que la planificación y desarrollo del sistema de gestión del agua se convierte en una tarea multidimensional y compleja, que involucra tanto aspectos técnicos como sociales y económicos, lo que requiere la coordinación y participación de diversos actores, incluyendo organismos gubernamentales, comunidades locales, sector privado y organizaciones de la sociedad civil, es por ello que es fundamental establecer políticas y regulaciones efectivas, así como promover la

educación y concienciación sobre el valor y la importancia del agua, con el objetivo de lograr una gestión integral y sostenible de este recurso vital.

2.2.4. Sedimentación en las presas

La sedimentación de las presas es un fenómeno natural que ocurre cuando los sedimentos, como arena, limo y arcilla, se depositan en el fondo del embalse debido a la disminución de la velocidad y capacidad de carga del agua. Según Moreira (2022), estos procesos son parte natural de la formación del paisaje de una presa y suelen pasar desapercibidos para la percepción humana, sin embargo, cuando interactúan con las actividades humanas y la gestión del recurso hídrico en los ecosistemas, pueden tener consecuencias significativas en el equilibrio hidrológico. Es importante tener en cuenta que la sedimentación puede afectar negativamente la capacidad de almacenamiento de agua de la presa, disminuyendo su capacidad para regular el flujo hídrico y abastecer las necesidades de agua de las comunidades y actividades relacionadas. Además, el sedimento acumulado en el embalse puede alterar los ecosistemas acuáticos, afectar la calidad del agua y dificultar el mantenimiento y operación de la infraestructura de la presa.

Por lo tanto, la gestión adecuada de la sedimentación es fundamental para asegurar el funcionamiento óptimo de las presas y minimizar sus impactos negativos, esto implica la implementación de medidas como la limpieza periódica del embalse, la aplicación de técnicas de manejo de sedimentos, la conservación de cuencas hidrográficas y la adopción de prácticas sostenibles en la gestión del agua, además el monitoreo continuo de la sedimentación y la evaluación de sus efectos son clave para tomar decisiones informadas y garantizar una gestión integral y sostenible de los recursos hídricos en el contexto de las presas (Martínez et al., 2018).

2.2.5. Gestión en la Sedimentación

La gestión de la sedimentación se refiere a las acciones y estrategias implementadas para controlar y reducir los efectos adversos de la acumulación de sedimentos en presas y embalses, ya que la sedimentación puede afectar negativamente la capacidad de almacenamiento, el rendimiento y la vida útil de una presa, así como el uso del agua asociado.

La gestión de la sedimentación abarca una variedad de medidas y prácticas que se aplican en diferentes etapas del proceso, esto incluye la prevención de la

sedimentación mediante técnicas de manejo de cuencas hidrográficas y la implementación de prácticas de conservación del suelo que reduzcan la erosión, también implica el control de la sedimentación en el embalse a través de la implementación de estructuras y dispositivos de desvío o sedimentación, así como la remoción periódica de sedimentos acumulados (Moreira, 2022). Además el monitoreo continuo es esencial en la gestión de la sedimentación, ya que permite evaluar la acumulación de sedimentos a lo largo del tiempo y tomar medidas correctivas según sea necesario, esto garantiza una gestión adecuada de la sedimentación, promoviendo una operación eficiente y sostenible a largo plazo de las presas, minimizando los impactos negativos en la capacidad del embalse, la generación de energía hidroeléctrica, el suministro de agua para uso doméstico entre otros usos.

2.2.6. Batimetría

La batimetría se refiere al estudio y mapeo de la topografía subacuática de océanos, mares y lagos, la utilización de la batimetría es de gran importancia en una amplia gama de aplicaciones tanto en la investigación como en la sociedad, algunos ejemplos incluyen la navegación marítima, la modelización de la circulación oceánica, la vigilancia de los ecosistemas marinos y la arqueología submarina. En la actualidad, la batimetría se realiza mediante el uso de tecnología de ecosondas, que permite medir y registrar la profundidad del agua en diferentes ubicaciones, donde los datos de profundidad recopilados se procesan y se utilizan para crear diversos productos, como mapas náuticos, mapas de relieve sombreado y modelos digitales del terreno, dependiendo del propósito y el uso previsto (Morales et al., 2018).

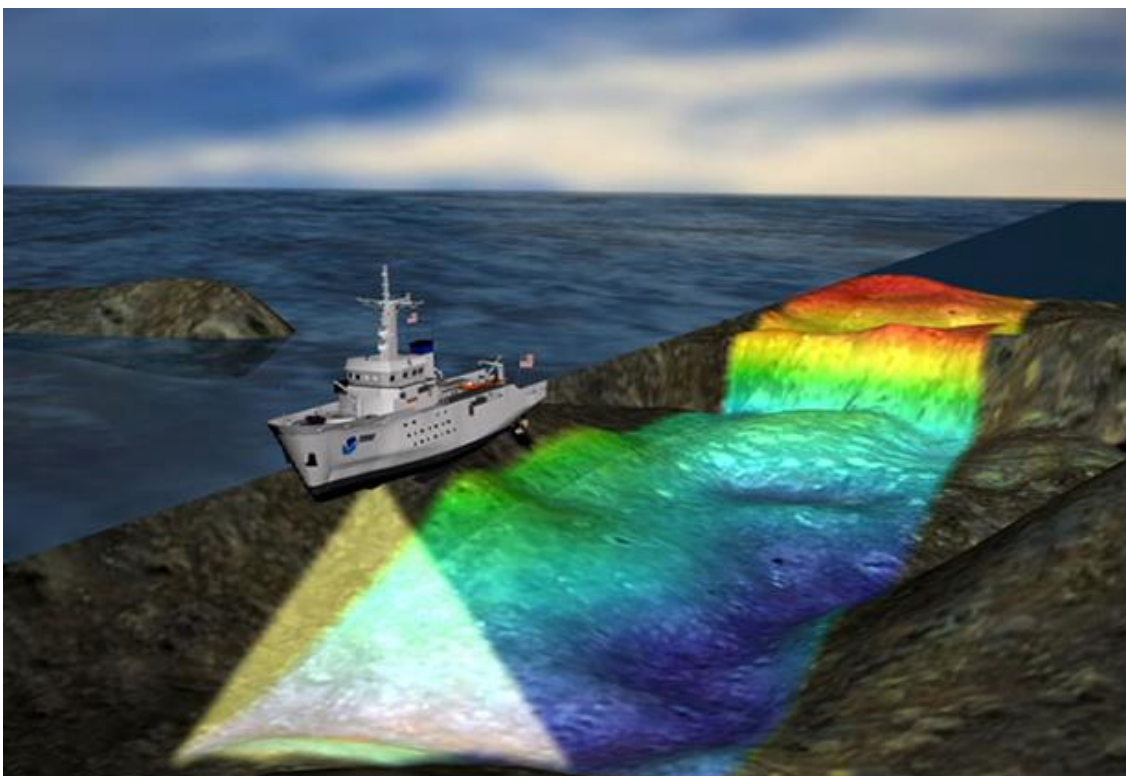
Además, la cartografía batimétrica proporciona información esencial para comprender la configuración del lecho marino y los cuerpos de agua, lo que a su vez ayuda en la planificación de actividades marítimas, la gestión de recursos marinos, la evaluación de riesgos geológicos y la conservación de los ecosistemas acuáticos, por lo que los datos batimétricos también pueden ser utilizados para estudios científicos y la investigación de fenómenos naturales como las corrientes oceánicas y los cambios en la morfología del fondo marino.

2.2.6.1. Principios de medición y obtención de datos batimétricos

Los principios de medición y obtención de datos batimétricos son fundamentales para realizar un mapeo preciso y detallado de la topografía submarina de océanos, mares y cuerpos de agua. La batimetría, como disciplina científica, se basa en técnicas y

tecnologías especializadas que permiten determinar la profundidad del agua y crear modelos tridimensionales del fondo marino (Granda, 2020). En primer lugar, para obtener datos batimétricos se utilizan dispositivos llamados ecosondas, estos instrumentos emiten pulsos acústicos hacia el fondo del agua y miden el tiempo que tarda en recibir el eco de vuelta, con base en el tiempo de retorno y la velocidad del sonido en el agua, se calcula la profundidad en cada punto de medición. Los ecosondas pueden ser de una sola frecuencia (Monohaz) o de varias frecuencias (Multihaz), este último permite obtener mediciones en múltiples puntos simultáneamente, proporcionando una cobertura más amplia y detallada.

Figura 1
Batimetría Multihaz y Monohaz



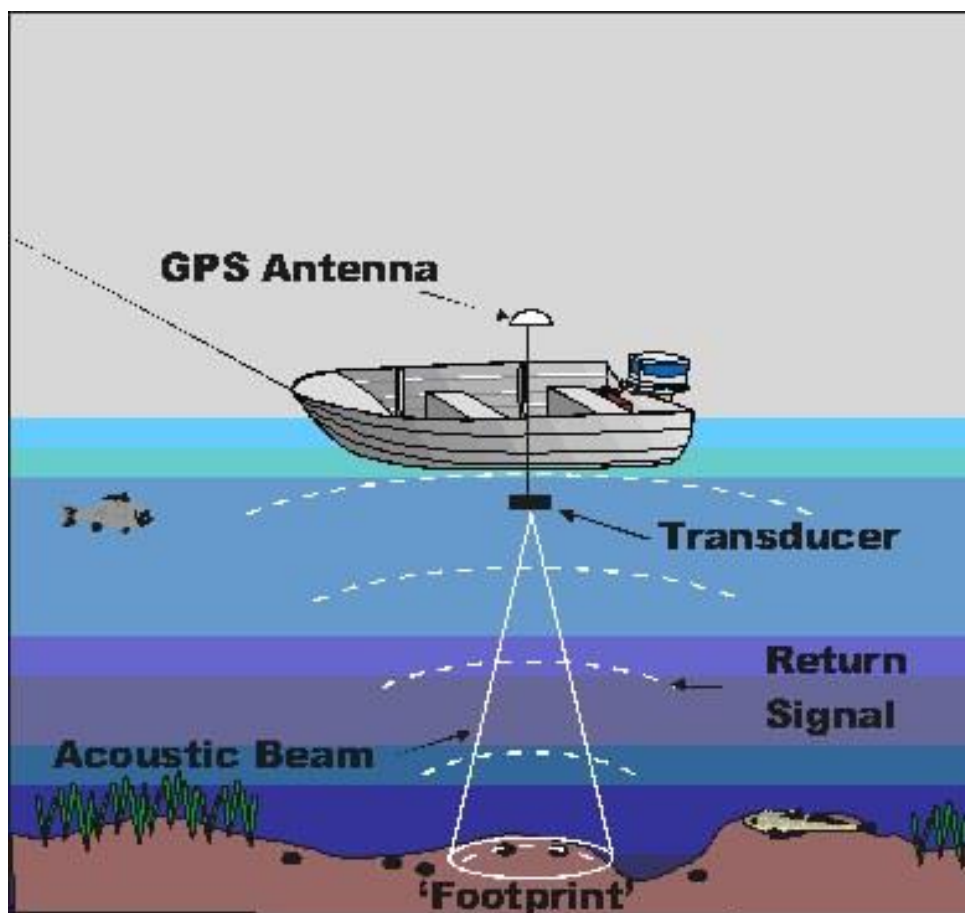
Fuente: Granda (2020)

Según Granda (2020) es importante mencionar que, durante el proceso de medición, se deben tener en cuenta factores como las mareas, las corrientes y las condiciones atmosféricas, ya que pueden influir en la precisión de los datos batimétricos, además, es necesario realizar correcciones y calibraciones para tener en cuenta la velocidad del sonido en el agua, la inclinación del sensor y otros posibles errores sistemáticos.

2.2.7. Medición de la batimetría

La batimetría se refiere al proceso de medir y cartografiar la profundidad de cuerpos de agua, como océanos, ríos, lagos, embalses y otros., puede medirse directamente o con métodos de teledetección de varias maneras. Históricamente, los sondeos se realizaban con líneas de plomo, pero desde hace casi un siglo se utilizan ecosondas. En las últimas décadas, la llegada de los ecosondas ha aumentado enormemente la eficacia, la precisión y la resolución espacial de la cartografía costera y oceánica. Sin embargo, hasta la fecha sólo se ha cartografiado con ecosondas alrededor del 10% del océano mundial (Hell, n.d.).

Figura 2
Batimetría



Fuente: (Rodrigues et al., 2019)

En la actualidad, se utilizan métodos más avanzados para realizar la medición de la batimetría. Según (Ferreira et al., 2022) algunas de las técnicas comunes incluyen:

A. Sonar:

El sonar, también conocido como ecómetro, es una herramienta utilizada para enviar ráfagas de sonido desde una embarcación hacia el lecho de un cuerpo de agua. Estas ondas sonoras rebotan en el fondo y son recogidas por el sonar, lo que permite calcular la profundidad del agua en ese lugar, esta información recopilada es valiosa para la creación de mapas detallados que representan la variación de la profundidad en el cuerpo de agua, ya que los mapas de profundidad generados a partir de los datos del sonar son útiles para diversos fines, como la navegación segura, la investigación oceanográfica y la planificación de actividades acuáticas.

Figura 3

Sonar para estudios Batimétricos

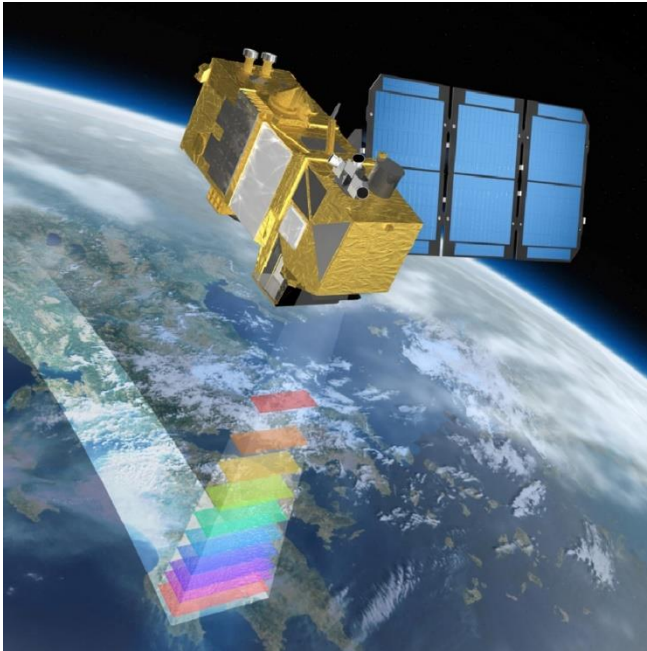


Fuente: (Al-Top SA, 2018)

B. Satélite:

Además del uso de tecnologías como el sonar, los satélites desempeñan un papel importante en los estudios de profundidad, ya que utilizan sensores altimétricos para medir la altitud de la superficie del mar con gran precisión. Estas mediciones permiten obtener información valiosa sobre la forma y la profundidad del lecho marino, además al analizar los datos recopilados por los satélites altimétricos, los científicos pueden crear modelos digitales del terreno submarino y cartografiar la topografía del fondo marino en áreas extensas. Esta información es esencial para la investigación oceanográfica, la planificación de actividades marítimas y la comprensión de los procesos geológicos y ambientales que ocurren en los océanos y mares del mundo.

Figura 4
Satélite para estudios Batimétricos



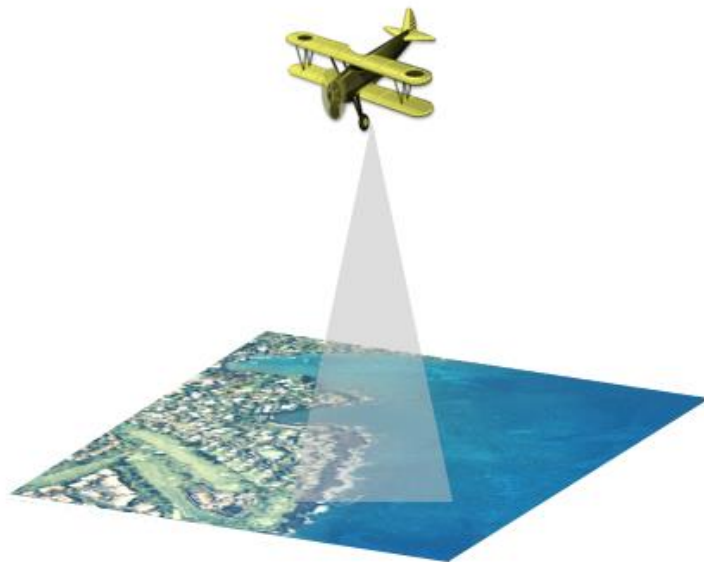
Fuente: (GEPLH, 2020).

2.2.7.1. Tecnologías utilizadas en la medición batimétrica

En la medición batimétrica, se emplean diversas tecnologías para obtener datos precisos y detallados sobre la topografía submarina, estas tecnologías se han desarrollado a lo largo del tiempo, mejorando la eficiencia y la precisión de la medición. Una de las tecnologías más comúnmente utilizadas es el sonar, que se basa en la emisión de pulsos acústicos desde una fuente y la recepción de los ecos que rebotan en el fondo del agua, además también se utilizan los ecosondas de haz único y multihaz son utilizados para medir la profundidad y registrar la forma del fondo marino. Los ecosondas de haz único emiten un solo pulso de sonido y miden el tiempo de retorno para determinar la profundidad, mientras que los ecosondas de haz multihaz emiten múltiples haces de sonido simultáneamente para obtener mediciones más detalladas y una mayor cobertura del área (Maza, 2021).

Además del sonar, el lidar aerotransportado es otra tecnología empleada en la medición batimétrica, esta técnica utiliza láseres para medir la distancia entre una aeronave y la superficie del agua, permitiendo obtener información precisa sobre la topografía submarina, el lidar es especialmente útil en áreas costeras y de aguas poco profundas.

Figura 5
Lidar aerotransportado



Fuente: (GEPLH, 2020).

Otra tecnología emergente es el uso de imágenes de satélite altimétrico, que miden las variaciones en la altura de la superficie del mar. Estas mediciones proporcionan datos sobre la forma y la topografía del fondo marino, y se utilizan para crear modelos digitales del terreno submarino en áreas extensas.

2.2.8. Para qué se utilizan los datos batimétricos

Principalmente su utilidad se basa en la elaboración de cartas náuticas para la navegación marítima, la pesca, la planificación espacial y en cierta medida, las actividades de investigación con la ayuda de las cartas náuticas o de los sondeos representados en ellas. A continuación, se menciona de forma más conceptual algunos usos de los datos batimétricos:

A. Confección de mapas batimétricos:

Los datos batimétricos se utilizan para crear mapas que muestran la forma y la profundidad del fondo marino y otras masas de agua. Estas cartas son esenciales para la navegación segura, la planificación de proyectos marinos y la gestión ambiental marina.

Figura 6
Mapa Batimétrico



Fuente: (Rodrigues et al., 2019)

B. Estudios de impacto ambiental:

Los datos batimétricos son de gran utilidad en los estudios de impacto ambiental, ya que permiten evaluar cómo proyectos como la construcción de infraestructura marina, represas, la explotación de recursos hidráulicos y la instalación de parques eólicos marinos pueden afectar los ecosistemas acuáticos, estos datos son clave para comprender el alcance y la magnitud de los posibles impactos negativos y tomar decisiones informadas para minimizarlos. Al utilizar la información batimétrica en los estudios de impacto ambiental, se puede tener en cuenta la topografía submarina y la interacción de las actividades humanas con los ecosistemas hidráulicos, promoviendo así una gestión más sostenible y responsable de los recursos acuáticos (Ferreira et al., 2022).

Figura 7
Estudios de impacto ambiental (EIA)



Fuente: (Ampudia, 2014)

C. Gestión de recursos marinos:

Los datos batimétricos se utilizan en la gestión de los recursos marinos, como la pesca y la acuicultura. Ayudan a identificar áreas de interés para la pesca y la ubicación adecuada de estructuras acuícolas, como jaulas. También ayudan a comprender la distribución de los hábitats marinos y actúan para conservar y gestionar de forma sostenible los recursos marinos (Ferreira et al., 2022).

2.2.8.1. Impacto de la batimetría en la seguridad y operación de la presa

Según Maza (2021) la batimetría juega un papel crucial en la seguridad y operación de las presas, ya que, al proporcionar información precisa sobre la topografía submarina, permite evaluar la estabilidad del lecho de la presa y detectar áreas de erosión o acumulación de sedimentos, evitando problemas como el socavamiento o filtraciones. Además, la batimetría facilita la planificación y gestión de las operaciones de la presa al proporcionar datos exactos sobre la profundidad y la forma del embalse. Esto permite determinar con mayor precisión la capacidad de almacenamiento y la disponibilidad de agua utilizable, asegurando un suministro adecuado para el

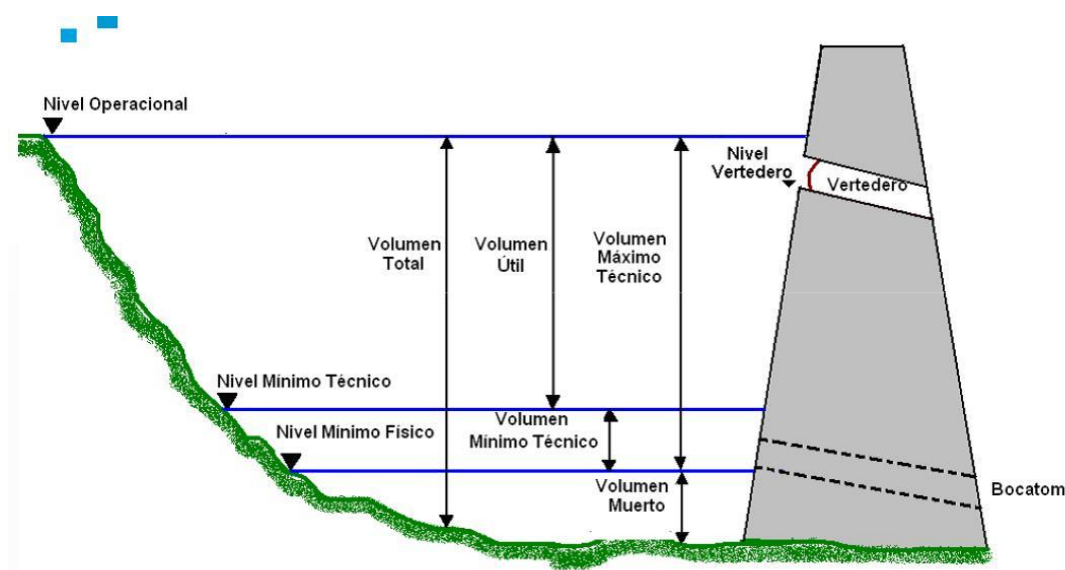
abastecimiento de agua potable, la irrigación agrícola y la generación de energía hidroeléctrica.

El impacto de la batimetría también contribuye a optimizar el flujo de agua dentro del embalse, puesto que, al conocer la topografía del fondo, se pueden identificar zonas de mayor o menor resistencia al flujo, lo que permite diseñar sistemas de compuertas y desagües más eficientes, lo que ayuda a regular el nivel del agua y controlar la liberación de caudales de manera segura, evitando inundaciones o daños aguas abajo (Maza, 2021).

2.2.9. Volumen muerto

El volumen muerto es la parte del embalse o presa que queda por debajo del nivel de toma de agua, es decir, el nivel desde el cual se extraen las aguas para diversos fines, como riego agrícola, suministro de agua potable, etc. El volumen muerto es el espacio que no puede utilizarse para tales propósitos, ya que el agua no puede ser extraída de esa porción debido a la ubicación de las tomas de agua y las tuberías que permiten su distribución, este volumen no puede ser drenado ni utilizado debido a la ubicación de la entrada y salida de evacuación en un nivel superior. (Yali, 2018).

Figura 8
Volumen muerto



Fuente: (Gestion Ambiental, 2023)

Dentro del contexto de una presa destinada al riego agrícola, el volumen muerto hace referencia al volumen de agua que no puede ser utilizado en el riego, ya que se encuentra por debajo del nivel en el que se captan o distribuyen las aguas hacia las zonas de cultivo, esta porción de agua no contribuye directamente a los propósitos agrícolas y suele mantenerse como una reserva para asegurar la estabilidad operativa de la presa.

La cantidad de volumen muerto puede variar dependiendo del diseño específico de la presa, la ubicación de las salidas de agua y las oscilaciones en el nivel del embalse, influenciadas por factores climáticos como precipitaciones y la demanda de agua. Es esencial gestionar de manera adecuada este volumen inutilizable y tenerlo en cuenta al planificar el aprovechamiento del agua almacenada en la presa, ya sea para la agricultura u otros usos (2021).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Optimización de la Gestión

La optimización de gestión es un enfoque para mejorar el planeamiento de una organización, con el objetivo de mejorar la eficiencia y alcanzar mejores resultados, esta práctica implica identificar áreas de mejora, eliminar redundancias, reducir costos y maximizar el uso de los recursos disponibles (Mallar, 2010). Al adoptar este enfoque, las organizaciones buscan ser más efectivas, competitivas y capaces de adaptarse a los cambios del entorno empresarial, donde la mejora de procesos se basa en la revisión y el análisis de los procedimientos existentes, con el propósito de identificar oportunidades para optimizarlos y lograr una gestión más eficiente en todos los niveles de la organización.

2.3.2. Capacidad de almacenamiento de agua

La capacidad de agua se refiere a la cantidad máxima de agua que puede ser contenida en un recipiente o sistema de almacenamiento, este valor es determinado por el volumen o espacio disponible en depósitos, tanques u otras estructuras diseñadas para retener agua, a su vez la capacidad de almacenamiento de agua es un aspecto crucial en los sistemas de distribución, ya que garantiza un suministro continuo y satisface las necesidades diarias de agua de una población o sistema, además las instalaciones de almacenamiento de agua tienen como objetivo principal proveer una cantidad de agua suficiente y promedio para cubrir las demandas diarias del sistema en

cuestión (Martínez et al., 2018). Estas estructuras de almacenamiento son esenciales para garantizar la disponibilidad de agua en situaciones de alta demanda, escasez temporal o interrupciones en el suministro.

2.3.3. Optimización del uso del agua

La optimización del uso del agua se refiere a la implementación de estrategias y prácticas para el uso eficiente y sostenible del agua. El objetivo principal de optimizar el uso del agua es maximizar los beneficios y la productividad del agua, al mismo tiempo que se minimiza el desperdicio y se asegura la disponibilidad del agua a largo plazo.

La optimización del uso del agua es especialmente importante en áreas como la agricultura, donde el agua es un recurso importante para la producción de alimentos, donde mejorar la productividad del agua en la agricultura implica lograr un mayor valor de producción en relación con la cantidad de agua utilizada de manera beneficiosa. Esto se logra a través de actividades como riego eficiente, uso de técnicas de riego apropiadas, manejo de suelos y cultivos, e implementación de tecnologías y sistemas de manejo de agua. La optimización del uso del agua también es relevante para otras áreas, como el suministro de agua potable, industrial y doméstica. En estos casos, el objetivo es utilizar el agua de manera eficiente, reducir las pérdidas y mejorar los sistemas de distribución y gestión del agua (Mallar, 2010).

III. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque

La presente investigación posee un enfoque cuantitativo el cual implica el uso de datos numéricos, medidas y análisis estadísticos para abordar el problema de investigación. Según Hernández et al. (2014), el enfoque cuantitativo se fundamenta en la recopilación de datos con el propósito de examinar hipótesis mediante medidas numéricas y análisis estadístico, con el fin de establecer patrones de comportamiento y poner a prueba teorías.

El uso del enfoque cuantitativo en la presente investigación utilizara datos para medir y analizar la batimetría de la presa, el volumen muerto y otros factores relevantes para la gestión del agua.

3.2. Alcance

El alcance de la investigación es explicativo ya que tiene como propósito principal comprender y explicar las relaciones de causa y efecto entre las variables involucradas. Según Hernández et al. (2014), el propósito de la investigación explicativa radica en identificar las causas subyacentes de los eventos o fenómenos que se investigan.

Esto implica investigar cómo la batimetría y el volumen muerto influyen en la gestión del agua y cómo se puede mejorar su administración a través de este análisis.

3.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación de la presente tesis es experimental, ya que busca recolectar datos a través de la experimentación y compararlos con variables constantes para determinar la causa y/o efecto del fenómeno en estudio con el comprender cómo y por qué se produce o puede ocurrir un fenómeno en particular (Palella y Martins, 2010). Los datos recolectados permitirán optimizar la gestión del agua mediante el análisis integrado de la batimetría y el volumen muerto.

3.4. Población y muestra.

Según Arias (2006), la población es un grupo de elementos, ya sea finito o infinito, que comparten características comunes, y sobre el cual se pueden generalizar las conclusiones de una investigación.

La población en este proyecto de investigación está conformada por la totalidad de la presa Cuchoquesera y su entorno, incluyendo los recursos hídricos y los aspectos relacionados con la gestión del agua.

Según Bernal (2006), la muestra es una porción seleccionada de la población en la que se llevará a cabo la medición y observación de las variables.

La muestra en este proyecto de investigación son los datos que conforman la información necesaria en el desarrollo de esta investigación como datos de batimetría, información de gestión del agua, datos de volumen muerto y análisis de sedimentos.

3.5. Hipótesis

3.5.1. Hipótesis general

La realización de un análisis integrado de la batimetría y el volumen muerto en la presa Cuchoquesera provincia de Cangallo departamento de Ayacucho 2023, permitirá optimizar la gestión del agua.

3.5.2. Hipótesis específicas.

- Mediante el análisis de la batimetría de la presa Cuchoquesera y su relación con la gestión del agua, se determinará la profundidad óptima para controlar los sedimentos y aumentar la capacidad de almacenamiento.
- Mediante la evaluación del impacto del volumen muerto en la disponibilidad de agua utilizable en la presa Cuchoquesera, se propondrá estrategias efectivas para optimizar su uso y aumentar la cantidad de agua disponible para uso humano y agrícola.
- Mediante la identificación de las principales limitaciones y desafíos en la gestión del agua en la presa Cuchoquesera, basándose en el análisis de la batimetría y el volumen muerto, se desarrollará soluciones efectivas para mejorar la gestión del agua en la presa.
- Mediante la propuesta de recomendaciones prácticas y acciones específicas para abordar los desafíos identificados en la gestión del agua en la presa Cuchoquesera, basadas en el análisis de la batimetría y el volumen muerto, se mejorará significativamente la gestión del agua en la presa y aumentar su capacidad de almacenamiento y disponibilidad de agua utilizable.

3.6. Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

Una variable se refiere a un elemento, suceso, situación o fenómeno que tiene relevancia en la investigación y del cual es necesario conocer su grado de intensidad o categoría. Se denomina variable debido a que el factor estudiado puede adquirir diferentes valores, es decir, varía de una observación a otra. En el contexto de la investigación, existen principalmente dos tipos de variables: variables independientes y variables dependientes.

3.6.1. Variable Independiente

Análisis integrado de la batimetría y el volumen muerto: La combinación del análisis batimétrico y del volumen muerto integra la información recolectada mediante la medición de la topografía submarina y el estudio de la capacidad de almacenamiento no utilizada en una presa o embalse. Esta integración permite una mejor comprensión de las características hidrológicas del cuerpo de agua, la identificación de áreas con acumulación de sedimentos y la evaluación del impacto del volumen muerto en la gestión del recurso hídrico, al combinar estos métodos de recolección de datos, se pueden tomar decisiones más informadas para la planificación y gestión del agua, optimizando el uso de los recursos disponibles y minimizando los impactos negativos en el suministro de agua y los ecosistemas acuáticos (Yali, 2018).

3.6.2. Variable Dependiente

Gestión del agua: La gestión del agua implica la planificación, organización y control de los recursos hídricos para asegurar un uso equitativo y sostenible, esto implica implementar políticas y prácticas que fomenten la conservación, distribución eficiente y protección de este recurso esencial. La gestión del agua abarca diversos aspectos, como la infraestructura hídrica, el suministro de agua potable, la irrigación agrícola, la generación de energía hidroeléctrica, la gestión de cuencas y la preservación de los ecosistemas acuáticos, su objetivo principal es garantizar la disponibilidad de agua para satisfacer las necesidades humanas y preservar el medio ambiente, con un enfoque en la sustentabilidad a largo plazo.

A continuación, se muestra la tabla 1 el cual define de forma general la variable dependiente y la variable independiente.

Tabla 1
Operacionalización de Variables

	Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Definición Operacional	Indicadores
Variable independiente	Análisis integrado de la batimetría y el volumen muerto	El análisis integrado de la batimetría y el volumen muerto permite comprender mejor la relación entre la forma del fondo y la disponibilidad de agua utilizable, lo que a su vez contribuye a la optimización de la gestión del agua en dicha área (Yali, 2018).	<ul style="list-style-type: none"> • Profundidad del agua a partir de la cota de la presa. • Volumen muerto • Relación entre batimetría y gestión del agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilación de datos batimétricos. • Procesamiento y modelado de datos batimétricos. • Cálculo del volumen muerto. • Integración de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis batimétrico. • Mediciones batimétricas. • Distribución y dinámica de datos batimétricos y de volumen muerto.
Variable dependiente	Gestión del agua	La gestión del agua se refiere a todas las acciones encaminadas a garantizar el uso eficiente, sostenible y responsable del agua, teniendo en cuenta las necesidades de las personas y los ecosistemas (Martínez et al., 2018).	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación • Distribución • Conservación de los recursos hídricos 	<ul style="list-style-type: none"> • Organización • Supervisión de actividades • Uso y conservación del agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso sostenible del agua. • Pérdida de Agua. • Disponibilidad y acceso de agua.

Fuente: Elaboración propia

3.7. Técnicas e instrumentos

3.7.1. Técnicas

Las técnicas e instrumentos a utilizar en la presente investigación son los siguientes:

- Recolección de datos a partir de la batimetría y volumen muerto
- Análisis de resultados

3.7.2. Instrumentos

- Análisis de documentos escritos, como informes, registros, políticas, planes y otros materiales relevantes.
- Indicadores y datos estadísticos para monitorear y evaluar el progreso y el impacto.
- Uso del equipo sonda 72CV GARMIN para recopilar datos batimétricos por el personal técnico en la presa Cuchoquesera.
- Observación directa

3.8. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

Las técnicas estadísticas para optimizar la gestión del agua mediante el análisis integrado de la batimetría y el volumen muerto en la presa Cuchoquesera son el análisis descriptivo el cual es una herramienta clave que nos permite comprender las características básicas de los datos recopilados. Además, mediante este análisis, podemos obtener información sobre la profundidad de la presa y su distribución, así como identificar posibles áreas críticas. Por otro lado, también se hará uso del análisis de correlación que nos permitirá determinar la relación existente entre la batimetría, el volumen muerto y otros factores relevantes, con la finalidad de comprender cómo estos elementos se influyen mutuamente y cómo afectan el flujo y almacenamiento del agua en la presa. Esta información es crucial para tomar decisiones informadas y optimizar la gestión del agua.

La combinación de estos dos análisis estadísticos nos proporcionará una visión más completa y precisa de la situación en la presa Cuchoquesera, con lo cual nos permitirá implementar estrategias efectivas para maximizar la disponibilidad y el uso sostenible del recurso hídrico en beneficio de la comunidad y el medio ambiente.

3.9. Desarrollo del trabajo de tesis

3.9.1. Antecedente del área de estudio

La formación del vaso de la presa de Cuchoquesera se dio por los años de 1987, en el cual un joven agrónomo que conformaba el proyecto de Corporación de Fomento y Desarrollo Regional de Ayacucho (CORFA), dándose cuenta que el gobierno impulsaba la creación del Proyecto Especial Río Cachi (PERC). Este proyecto hidráulico incluiría multipropósitos como agua potable, electricidad, riego a las áreas circundantes.

Es por ello que se creó la presa Cuchoquesera como una solución de almacenamiento hídrico de regulación de mayor orden, para lograr con todos los objetivos de dichos proyectos, en el año de creación de la presa se presenta un plano de geomorfología de embalsamiento que presenta un volumen máximo de 80 MMC (millones de metros cúbicos).

La presa Cuchoquesera fue ubicada a 3,750 metros sobre el nivel del mar, para que toda la conducción hacia la ciudad de Huamanga sea por líneas de conducción por gravedad.

Es por ello que al realizar el embalsamiento de esta presa durante los años de funcionamiento que viene teniendo hasta la fecha, año 2023, esta geomorfología inicial presento cambios en los fondos de embalse de acuerdo a la sedimentación que ingresa por los canales que afianzan esta presa, canales que conectan las cuencas de Apacheta, Chikllarazo, Choccoro; así también como en la operación de la presa se generan movimientos del espejo del agua que generan movimiento de sólidos de las áreas circunscritas o pertenecientes de la presa.

Para medir la sedimentación en las presas existen metodologías empíricas y métodos directos, en esta tesis presentaremos el método directo de cálculos de sedimentos por la variación geomorfológica de acuerdo a los resultados batimétricos de la presa Cuchoquesera.

Figura 9
Dique de la presa Cuchoquesera



Fuente: El Gobierno Regional de Ayacucho-GRA

3.9.2. Ubicación del área en estudio

3.9.2.1. Ubicación política

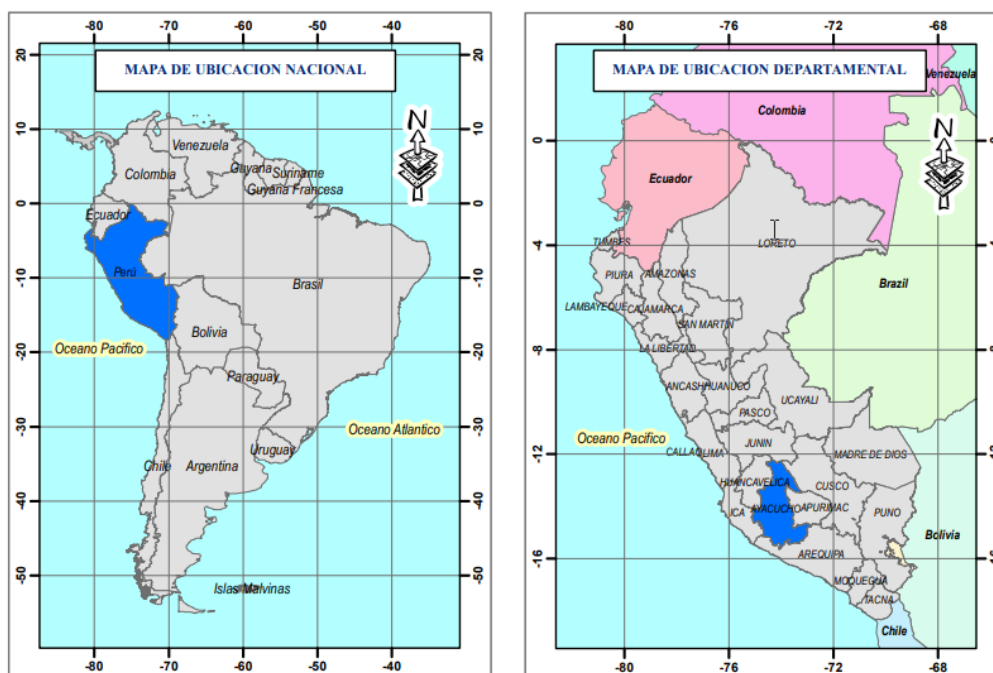
La zona de estudio del Río Cachi se encuentra políticamente ubicada en la región de Ayacucho, específicamente en las provincias de Cangallo y Huamanga. En cuanto a los distritos, abarca Cangallo y Chuschi, el lugar específico dentro de esta zona es San Juan de Cuchoquesera. Estas divisiones políticas son relevantes para la comprensión de la administración y la toma de decisiones en relación con el área de estudio en el contexto político de la región de Ayacucho.

Tabla 2
Ubicación política

Ubicación política	
Región	Ayacucho
Provincia	Cangallo
Distrito	Cangallo y Chuschi
Lugar	San Juan de Cuchoquesera

Fuente: Elaboración Propia

Figura 10
Mapa de ubicación nacional y regional



Fuente: Elaboración propia

3.9.2.2. Ubicación Hidrográfica

La presa Cuchoquesera, se analiza en la ubicación política del centro poblado San Juan de Cuchoquesera los cuales se ubican en las siguientes coordenadas WGS84-18S UTM. Estas coordenadas son importantes para identificar con precisión la ubicación hidrográfica de la presa y comprender su relación con el entorno circundante.

Tabla 3
Ubicación Hidrográfica

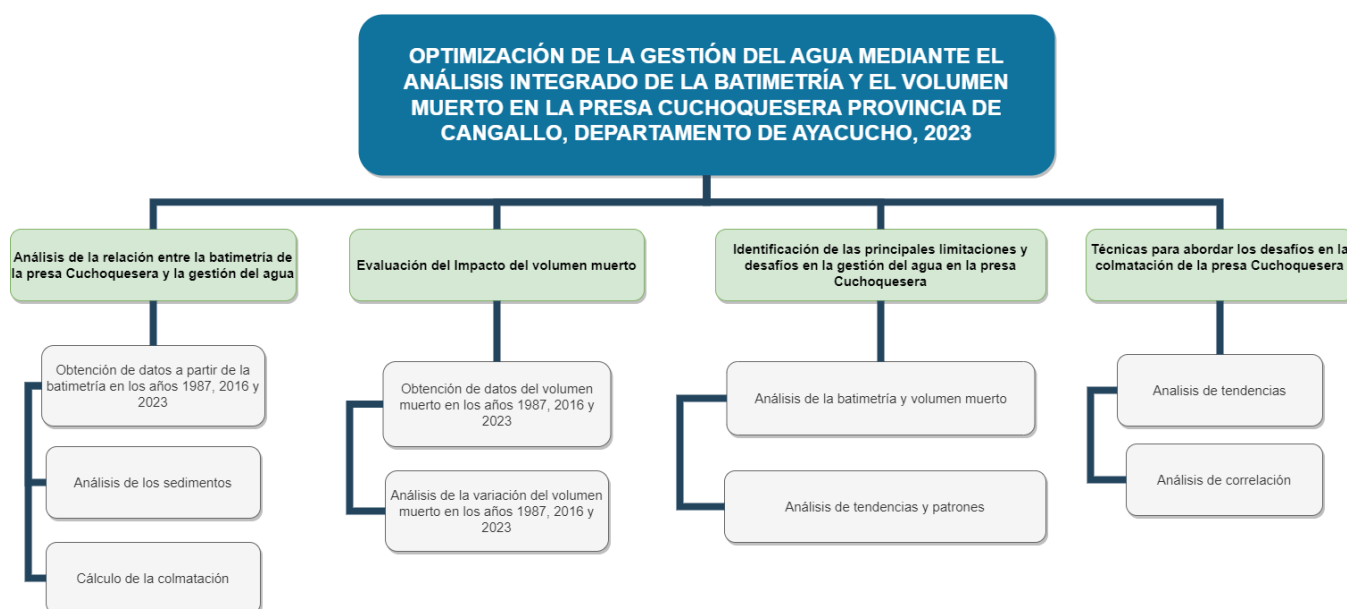
Cuchoquesera (Presa)	
Este	570963.65 m.
Norte	8514207.76 m.
Cota	3750.00 m.s.n.m.

Fuente: Elaboración propia

3.9.3. Metodología Propuesta

Para realizar el desarrollo de estas tesis se planteó la siguiente metodología que redacta todos los puntos claves, necesarios para el desarrollo de los objetivos, además mediante esta metodología se podrá seguir una relación de causalidad de las variables y de esta forma cumplir con el propósito de esta tesis.

Figura 12
Metodología de la Solución



Fuente: Elaboración propia

3.9.4. Análisis de la relación entre la batimetría de la presa Cuchoquesera y la gestión del agua

3.9.4.1. Obtención de datos a partir de la batimetría en los años 1987, 2016 y 2023

Para la obtención de los datos primero se empleó la mano de obra, como el personal técnico y los equipos necesarios en la obtención de datos batimétricos, a su vez también se realizó la metodología para calcular la profundidad de la presa y obtener el levantamiento batimétrico.

Personal técnico y equipos de trabajo

Para llevar a cabo los cálculos de prospección batimétrica y realizar el levantamiento de la Presa Cuchoquesera, se contó con un equipo técnico especializado el cual se especifica en la tabla 5.

Tabla 5
Personal técnico

Personal técnico	Cantidad
Especialista en batimetría	01
Conductor del bote	01
Ayudantes de carga	03
Guía de la zona	01
Responsable de ubicación y puntos geodésicos	01
Brigada de topografía para el vaso fuera del espejo de agua actual	01

Fuente: Elaboración Propia

Los equipos utilizados para el estudio de batimetría fueron:

Tabla 6
Equipos de trabajo

Equipos	Cantidad
Motor Gravital JP-T6	01
Monitor 72Cv Garmin, Receptor	01
Sonda 72Cv Garmin, Emisor	01
Batería Record 21 placas	01
Bote Inflable Gravital	01

Fuente: Elaboración Propia

Figura 13

Foto de referencia del equipo de trabajo, Presa Cuchoquesera



Fuente: Elaboración propia

Metodología de levantamiento en campo

En la prospección batimétrica de la Presa Cuchoquesera, se empleó la metodología del método orbital. Esta técnica consistió en ubicar el puerto al Noreste del dique y realizar navegaciones en forma de órbitas, cubriendo exhaustivamente el área de interés. Se llevaron a cabo los orbitales necesarios hasta inspeccionar toda el área correspondiente, garantizando así una completa y detallada exploración batimétrica del sitio.

Tabla 7
Metodología del método orbital

Punto de inicio		Punto Fin	
Este	571964.95 m	Este	573038.49 m
Norte	8514654.21 m	Norte	8514283.95 m.
Cota	3739 m.s.n.m.	Cota	3739 m.s.n.m.

Fuente: Elaboración propia

Durante el levantamiento batimétrico, se llevaron a cabo disparos cada 2 segundos para la lectura de los puntos utilizando la sonda de electrosonido, se tuvo especial cuidado en mantener una velocidad de navegación inferior a 7m/s, evitando así generar ruidos que pudieran interferir con la lectura de ultrasonido. Además, se aseguró que la sonda se mantuviera perpendicular al espejo de agua en todo momento durante la navegación, estas medidas permitieron obtener datos precisos y confiables para el levantamiento batimétrico. La figura 14 muestra todos los puntos obtenidos en el proceso, brindando una representación visual completa de la topografía submarina del área estudiada.

Figura 14
Levantamiento batimétrico



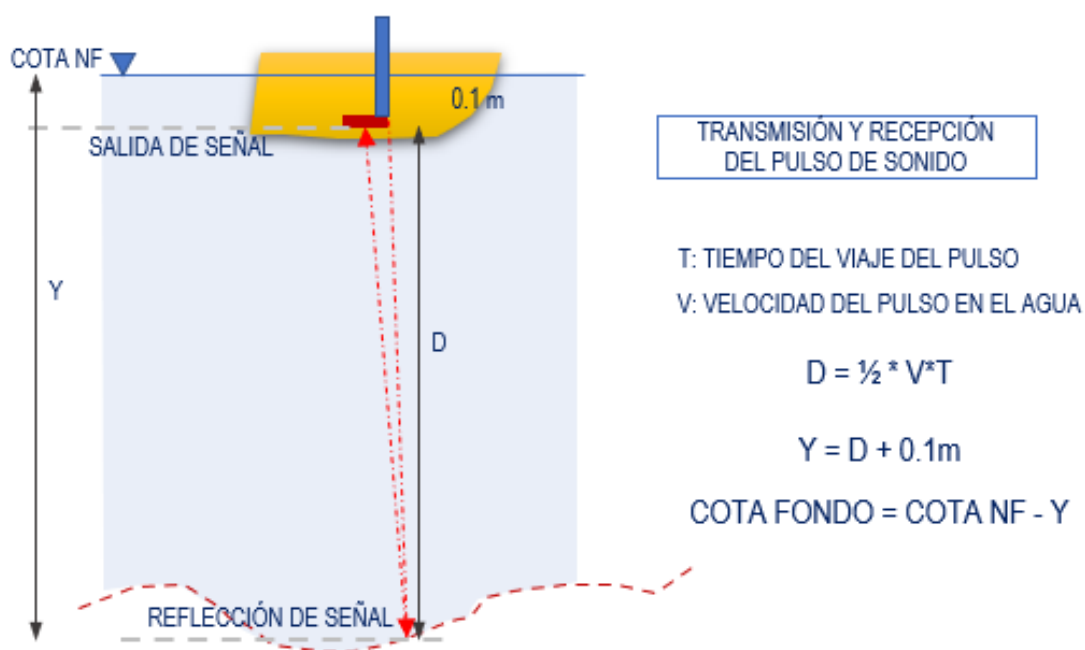
Fuente: Elaboración propia

Metodología en gabinete

La interpretación de los puntos levantados en campo se realizará siguiendo una metodología específica. En primer lugar, se amarrará al punto del puerto batimétrico para establecer una correcta ubicación planar Este y Norte, una vez que estos puntos estén enlazados, se procederá a calcular las cotas utilizando como referencia el nivel freático.

Para obtener la cota exacta, se restará el tirante obtenido por la sonda de electrosonido a la profundidad sumergida de la sonda en cada punto, este cálculo permitirá determinar la profundidad real del cuerpo de agua en relación al nivel freático, la figura mostrada a continuación ilustra este proceso de cálculo y muestra cómo se obtiene la cota final para cada punto levantado.

Figura 15
Cálculo de tirante y fondo de Río



Elaboración propia

La figura 15 ilustra el proceso de cálculo de las profundidades utilizando como referencia el nivel freático, durante el trabajo de campo, se determinó que el nivel freático se encontraba a una altitud de 3739 m.s.n.m. Esta altitud será tomada como la cota de referencia a la cual se restarán los tirantes obtenidos y los 10 cm de inmersión de la sonda de ultrasonido, estos cálculos permitirán obtener las profundidades reales

de los puntos levantados, brindando información precisa sobre la topografía submarina del área estudiada. Además, al hacer uso de esta metodología se garantiza una correcta interpretación de los datos batimétricos lo cual es fundamental para la gestión adecuada de los recursos hídricos en la zona analizada.

3.9.4.2. Resultados de la batimetría en el año 2023

Los resultados de la batimetría del 2023 se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 8
Volumetría de 2023

VOLUMETRIA DE 2023		
COTA	AREA (m²)	VOLUMEN (m³)
3715.3	132419.43	0
3716.0	159578.16	102021.54
3717.0	226961.98	292782.06
3718.0	408461.67	631383.18
3719.0	558002.05	1118758.79
3720.0	1437341.56	2463722.78
3721.0	1588005.70	3977916.85
3722.0	1723169.69	5631955.81
3723.0	1902840.86	7459825.66
3724.0	2017411.07	9418467.37
3725.0	2212311.69	11557274.53
3726.0	2337471.09	13829645.91
3727.0	2457010.62	16224022.92
3728.0	2572752.13	18735553.26
3729.0	2686418.69	21362000.51
3730.0	2810841.59	24106604.76
3731.0	2913668.07	26964527.84
3732.0	3014064.58	29923366.48
3733.0	3103663.74	32976160.90
3734.0	3192175.22	36118106.19
3735.0	3271846.73	39342828.89
3736.0	3350253.30	42645778.71
3737.0	3427093.26	46025348.92
3738.0	3494558.09	49475824.35
3739.0	3562367.69	52993416.80
3740.0	3625940.44	56575149.52
3741.0	3692175.49	60220483.76
3742.0	3751492.46	63927274.80
3743.0	3815668.00	67694626.97
3744.0	3876903.06	71523331.36
3745.0	3939217.28	75412450.22

3746.0	4083921.86	79404600.53
3747.0	4227391.61	83545153.08
3748.0	4354700.72	87815706.76
3749.0	4463122.39	92203099.44
3750.0	4569692.47	96697537.92

Fuente: Elaboración propia

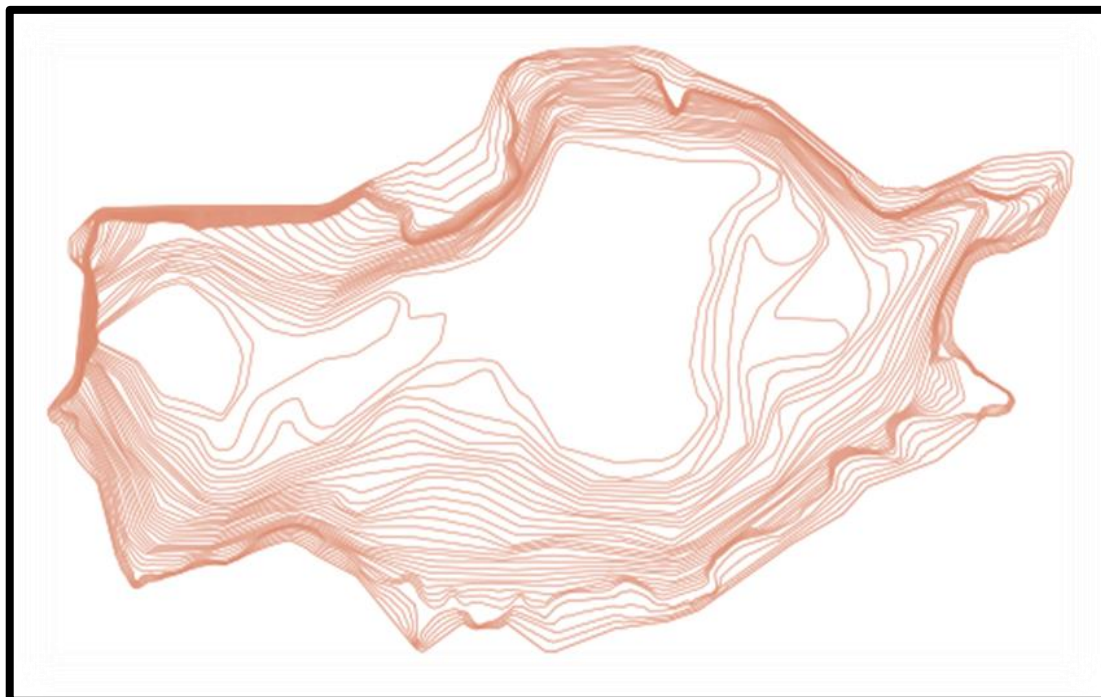
Los resultados de la batimetría en la presa Cuchoquesera en el año 2023 mostraron una detallada cartografía de la topografía submarina, brindando información crucial para la gestión y operación de la presa, para el cálculo de los volúmenes por altura fue por integración triple, calculados de esta forma por el software ArcGis, así como se muestra en la siguiente fórmula:

$$Volumen = \iiint_{z_i}^{z_f} f(x)f(y)f(z)dx dy dz$$

Los volúmenes se calcularon cada metro de altitudinalidad y sólo para la cota 3715.30 se calculó a 30 centímetros.

A continuación, se muestra el mapeo de la profundidad en la presa Cuchoquesera durante el año 2023 de la batimetría.

Figura 16
Batimetría 2023

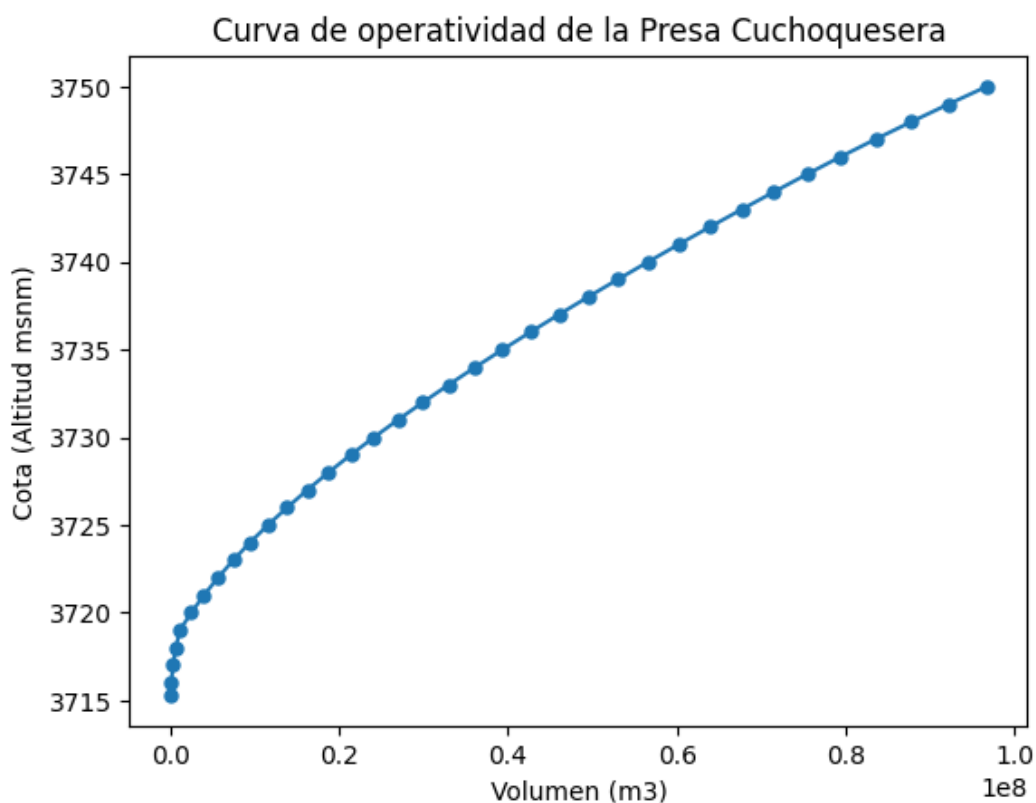


Fuente: Elaboración Propia

La figura 17 mostrada a continuación indica la curva de operatividad de la cota con respecto al volumen lo cual es una representación gráfica que muestra cómo varía la cota de agua en la presa en función del volumen almacenado. Al observar los datos, podemos notar que a medida que el volumen aumenta, la cota de agua también tiende a incrementar, esto indica que, a mayor volumen almacenado, la cota de agua será más elevada.

Figura 17

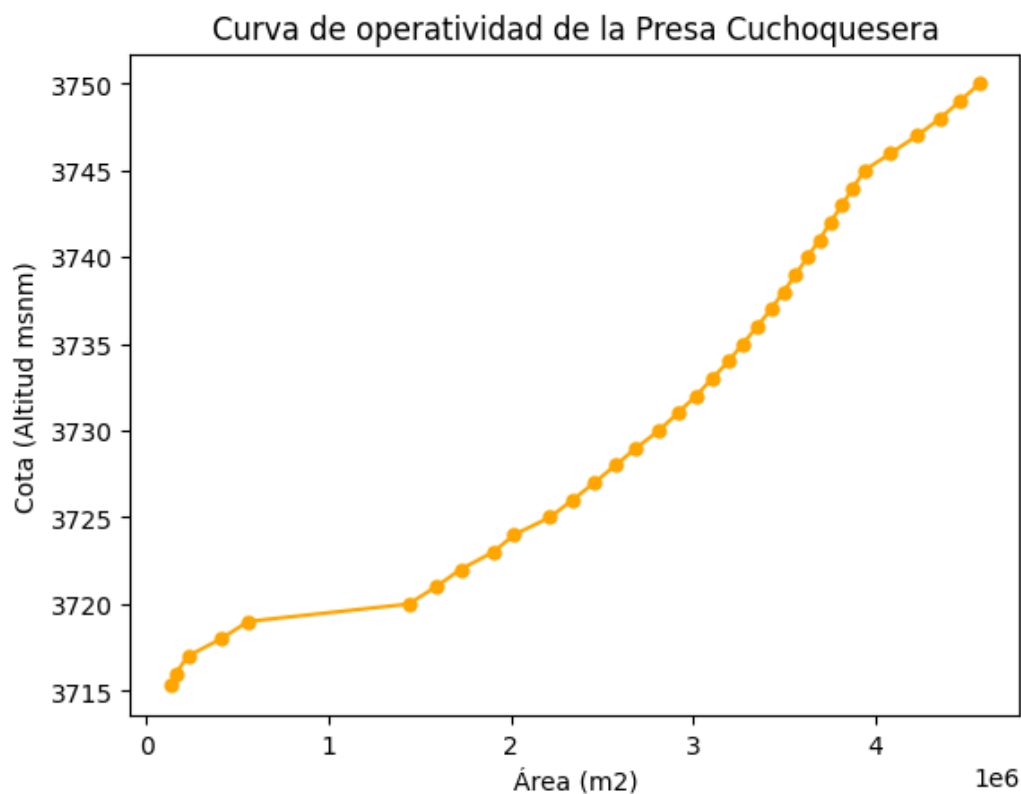
Curva de operatividad 2023 Cota - Volumen



Fuente: Elaboración propia

La figura 18 muestra la curva de operatividad de la cota con respecto al área el cual es una representación gráfica que muestra cómo varía la cota de agua en la presa en función del área ocupada por el agua almacenada. Al igual que la figura 17, podemos notar que a medida que el área del agua almacenada aumenta, la cota de agua también tiende a incrementar, esto indica que, a mayor área ocupada por el agua, la cota de agua será más elevada.

Figura 18
 Curva de operatividad 2023 Cota - Área



Fuente: Elaboración propia

3.9.4.3. Resultados de la batimetría en los años 1987 y 2016

Para realizar los cálculos completos de esta tesis, es fundamental contar con la información de la batimetría de diferentes momentos clave en la historia de la Presa Cuchoquesera. Además de la batimetría actual, es necesario tener acceso a la batimetría realizada durante la construcción de la presa en 1987, ya que esta información nos permitirá tener una perspectiva completa de la evolución geomorfológica de la presa a lo largo del tiempo. Además, para obtener un análisis más completo, es necesario recopilar datos de prospecciones batimétricas realizadas en diferentes momentos, en este caso, se requiere la prospección batimétrica realizada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el año 2016. Al combinar la información de diferentes períodos, podremos calcular la variación geomorfológica y, por consiguiente, la variación volumétrica de la presa.

De la curva de embalsamiento de 1987 en la creación de la Presa Cuchoquesera se encontró:

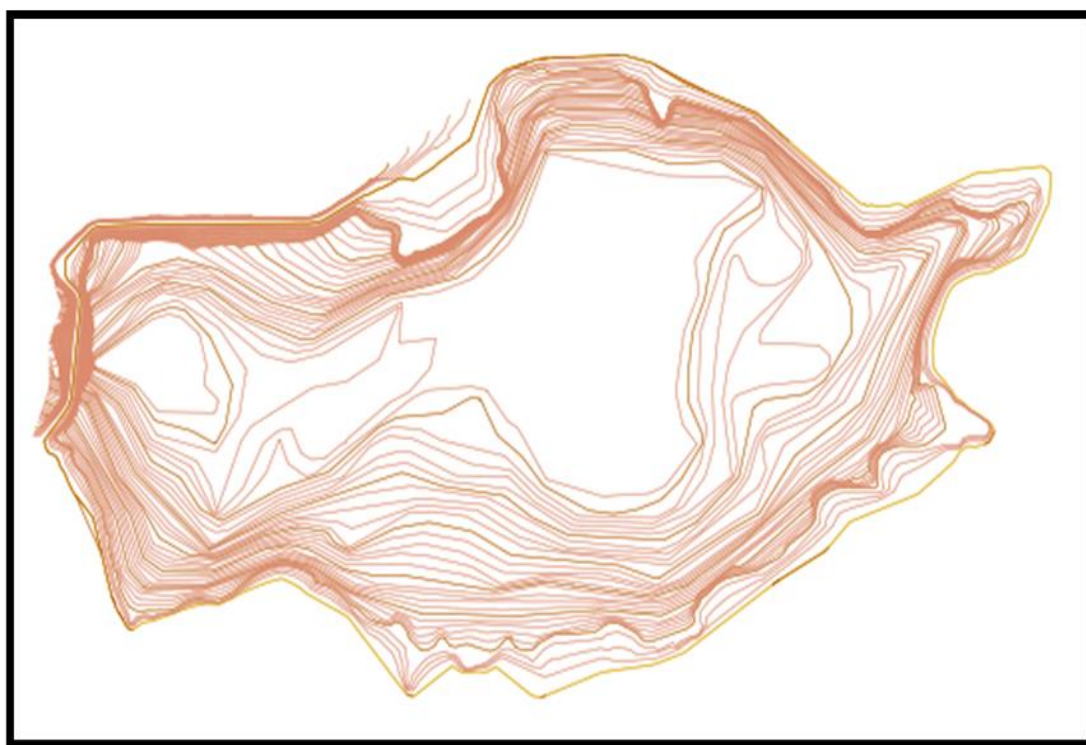
Tabla 9
Volumetría de 1987

VOLUMETRIA DE 1987		
COTA	AREA (m²)	VOLUMEN (m³)
3714.00	81531.05	0.00
3715.00	120883.83	100630.54
3715.30	112182.76	136562.59
3716.00	159573.07	240775.93
3717.00	226126.67	431107.30
3718.00	414142.40	775339.50
3719.00	561318.31	1268451.93
3720.00	1440342.26	2618790.32
3721.00	1590248.97	4135302.00
3722.00	1726635.71	5791971.11
3723.00	1907166.91	7623196.50
3724.00	2020588.96	9585413.03
3725.00	2214314.49	11726535.36
3726.00	2339358.21	14000716.61
3727.00	2458893.58	16396916.84
3728.00	2574633.47	18911527.94
3729.00	2687976.64	21539201.07
3730.00	2811120.66	24285156.66
3731.00	2913793.36	27143069.60
3732.00	3014468.29	30102040.47
3733.00	3103616.06	33154882.83
3734.00	3192340.98	36296825.68
3735.00	3272011.46	39521504.95
3736.00	3350429.63	42824452.05
3737.00	3427263.23	46204024.67
3738.00	3495087.19	49654607.65
3739.00	3563027.84	53172568.42
3740.00	3625414.29	56754092.22
3741.00	3690383.56	60397915.28
3742.00	3748392.81	64102131.02
3743.00	3810808.88	67864939.62
3744.00	3870038.85	71687126.60
3745.00	3929317.07	75567057.64
3746.00	4084807.14	79555370.53
3747.00	4228243.27	83695923.08
3748.00	4355552.38	87966476.77
3749.00	4462977.91	92407361.87
3750.00	4570403.44	96848246.98

Fuente: Obtenida por la Autoridad Nacional del Agua (ANA)

En el año 1987, se llevó a cabo un mapeo de batimetría en la Presa Cuchoquesera el cual se puede apreciar en la figura 19, este estudio permitió obtener información detallada sobre la profundidad y la topografía del lecho de la presa, además los datos recopilados en esa época han sido fundamentales para comprender la evolución y los cambios morfológicos de la presa a lo largo del tiempo.

Figura 19
Batimetría 1987



Fuente: Elaboración propia

La tabla 10 muestra la prospección batimétrica 2016 realizado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Tabla 10
Volumetría de 2016

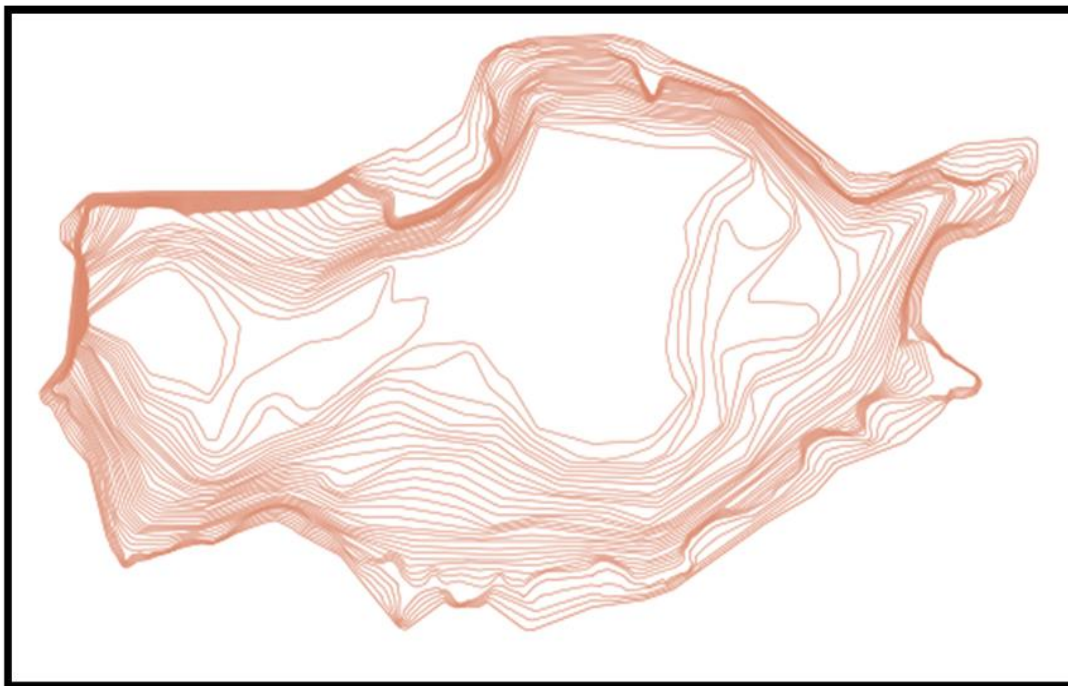
VOLUMETRIA DE 2016		
COTA	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
3714.00	0	0
3715.00	121612.70	0
3715.30	126528.60	37221.20
3716.00	159561.97	140163.90
3717.00	226417.39	330705.53

3718.00	420977.86	677786.67
3719.00	561669.25	1172638.20
3720.00	1440314.76	2522150.89
3721.00	1590193.17	4038764.09
3722.00	1725957.71	5695213.20
3723.00	1905517.57	7525927.95
3724.00	2019031.53	9486650.70
3725.00	2212357.37	11626277.58
3726.00	2337516.78	13898655.93
3727.00	2456807.43	16292979.89
3728.00	2573302.94	18805858.46
3729.00	2687080.81	21432585.29
3730.00	2811056.69	24177979.34
3731.00	2913718.56	27035889.62
3732.00	3014382.32	29994862.38
3733.00	3103692.87	33047795.21
3734.00	3192227.76	36189717.50
3735.00	3271899.28	39414437.32
3736.00	3350305.84	42717392.15
3737.00	3427145.81	46096961.49
3738.00	3494610.63	49547436.94
3739.00	3562420.23	53065029.80
3740.00	3625927.88	56646726.92
3741.00	3691828.08	60291833.32
3742.00	3750768.68	63998302.08
3743.00	3813841.78	67764239.29
3744.00	3873846.70	71590344.38
3745.00	3934407.39	75475320.65
3746.00	4084115.24	79465688.66
3747.00	4227585.00	83606241.21
3748.00	4354894.11	87876794.89
3749.00	4463315.77	92264187.58
3750.00	4569885.86	96758626.05

Fuente: Obtenida por la Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Durante el año 2016, se realizó un mapeo de batimetría en la presa Cuchoquesera por parte de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), mediante este estudio, se obtuvo información minuciosa acerca de la topografía subacuática de la presa, lo cual permitió obtener detalles sobre las profundidades y características del lecho del agua, estos datos revisten una importancia fundamental para comprender la capacidad de almacenamiento y el comportamiento hidrológico de la presa, lo que a su vez contribuye a una gestión más eficaz de los recursos hídricos.

Figura 20
Batimetría 2016



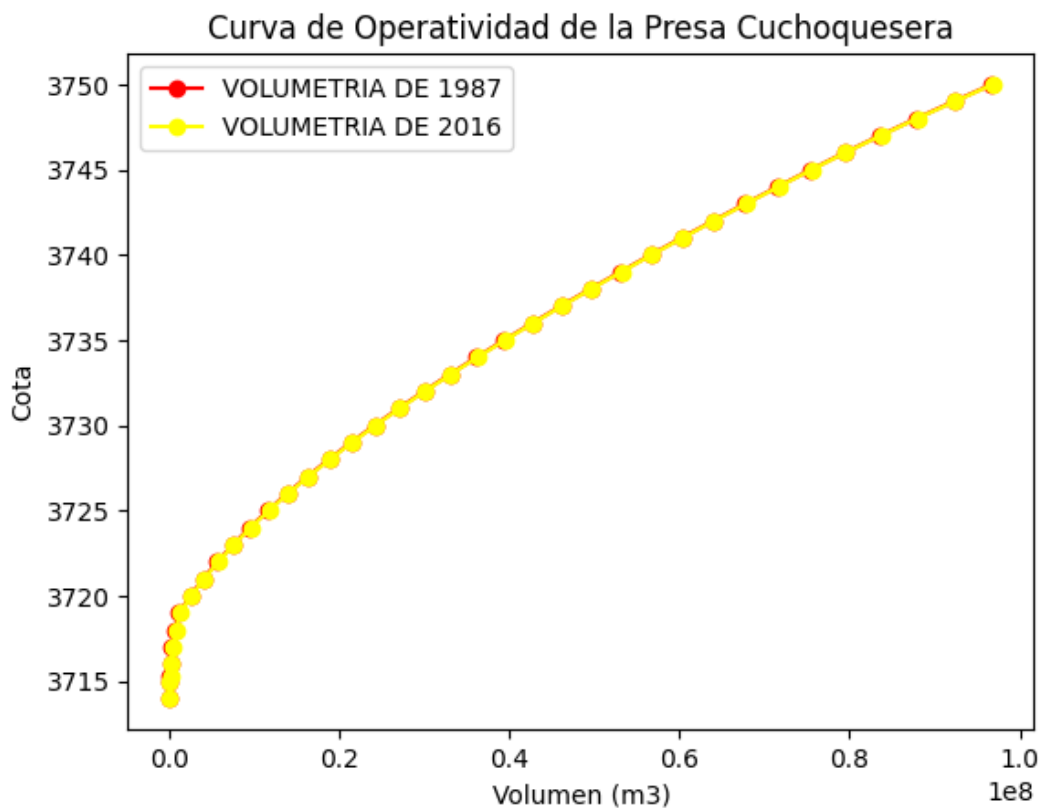
Fuente: Elaboración Propia

Esta recopilación de datos permitirá entender cómo ha cambiado la configuración de la presa a lo largo del tiempo y analizar las implicaciones en términos de volumen de agua almacenado, a su vez estos resultados serán fundamentales para comprender el comportamiento hidrológico de la presa y tomar decisiones informadas en cuanto a su gestión y uso sostenible de los recursos hídricos.

La figura 21 muestra en qué medida ha variado la curva de operatividad con respecto a la volumetría en los años 1987 y 2016.

Figura 21

Curva de operatividad 1987 - 2016 Cota - Volumen

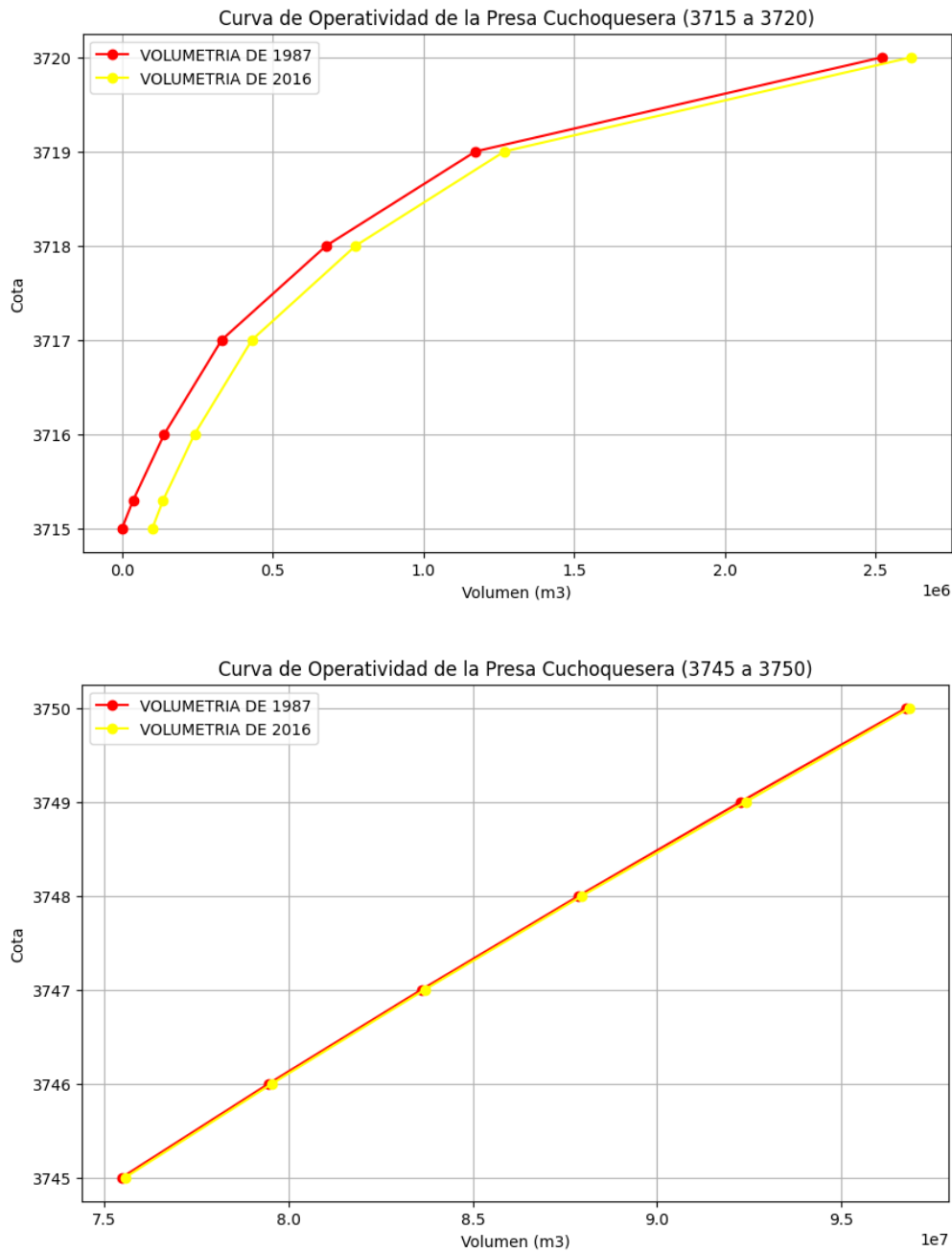


Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la Curva de Operatividad de la Presa Cuchoquesera (3715 a 3720), donde se observa cómo varían los volúmenes de agua almacenados en la Presa Cuchoquesera en el rango de cota de 3715 a 3720, luego se muestra Curva de Operatividad de la Presa Cuchoquesera (3745 a 3750) similar a la primera, pero a diferente rango.

Figura 22

Curva de operatividad 1987 - 2016 cota 3715 - 3720 y 3745 - 3750



Fuente: Elaboración propia

En ambas gráficas, puedes observar cómo cambia el volumen almacenado en la presa en función de la cota.

3.9.4.4. Comparación de las prospecciones batimétricas de los años 1987, 2016 y 2023

Luego de tener las curvas volumétricas de operación de los años 1987, 2016 y 2023 se realiza a verificar los volúmenes de sedimentos que colmataron durante esos

lapsos de tiempo, para ello se genera un registro de base de datos como se observa en la siguiente tabla

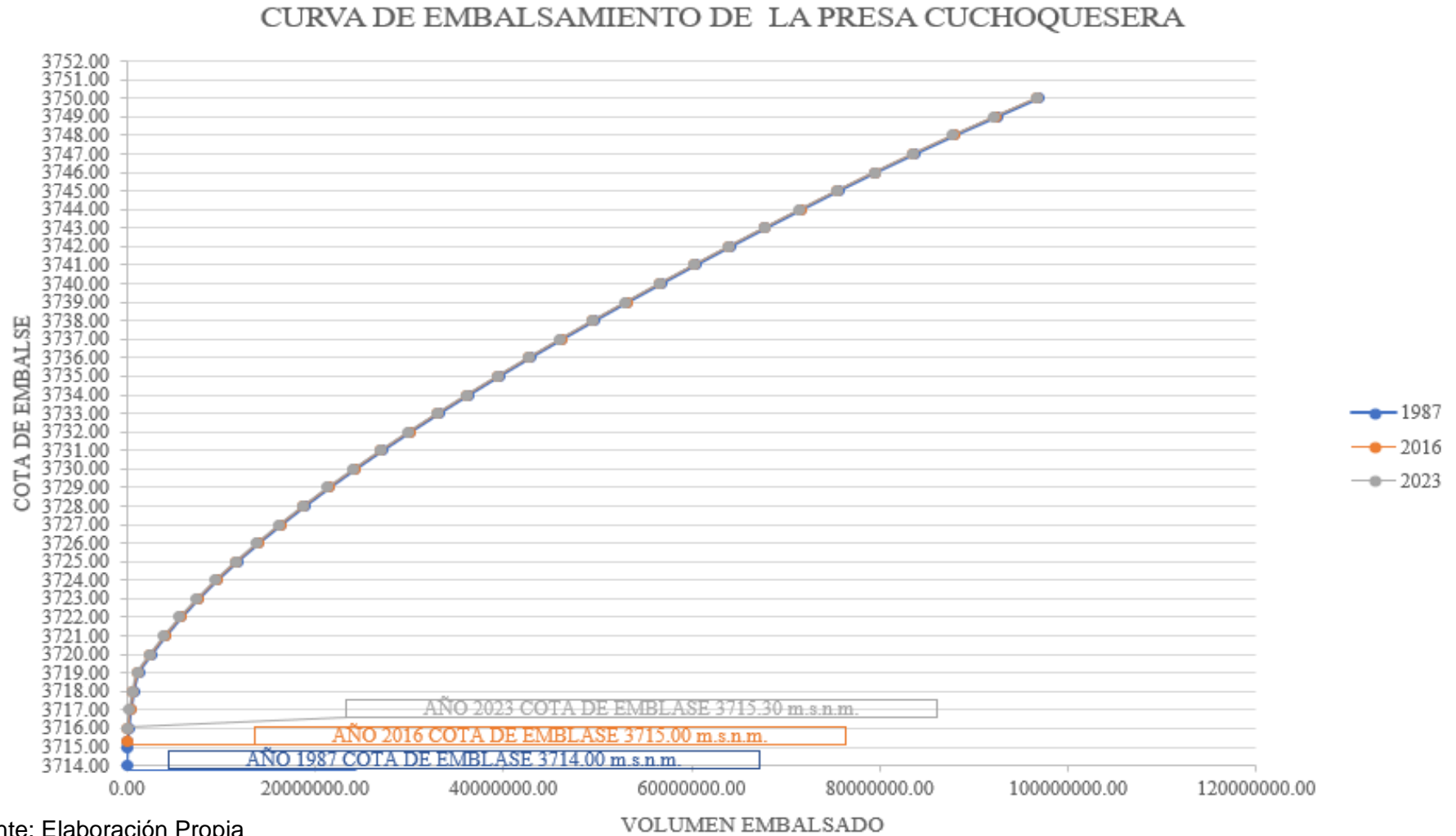
Tabla 11

Cuadro comparativo de las prospecciones batimétricas de los años 1987, 2016 y 2023

COTA	VOLUMETRIA DE 1987		VOLUMETRIA DE 2016		VOLUMETRIA DE 2023	
	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
3714.00	81531.05	0.00	Colmatado			
3715.00	120883.83	100630.54	121612.70	Colmatado	Colmatado	
3715.30	112182.76	136562.59	126528.60	37221.20	132419.43	Colmatado
3716.00	159573.07	240775.93	159561.97	140163.90	159578.16	102021.54
3717.00	226126.67	431107.30	226417.39	330705.53	226961.98	292782.06
3718.00	414142.40	775339.50	420977.86	677786.67	408461.67	631383.18
3719.00	561318.31	1268451.93	561669.25	1172638.20	558002.05	1118758.79
3720.00	1440342.26	2618790.32	1440314.76	2522150.89	1437341.56	2463722.78
3721.00	1590248.97	4135302.00	1590193.17	4038764.09	1588005.70	3977916.85
3722.00	1726635.71	5791971.11	1725957.71	5695213.20	1723169.69	5631955.81
3723.00	1907166.91	7623196.50	1905517.57	7525927.95	1902840.86	7459825.66
3724.00	2020588.96	9585413.03	2019031.53	9486650.70	2017411.07	9418467.37
3725.00	2214314.49	11726535.36	2212357.37	11626277.58	2212311.69	11557274.53
3726.00	2339358.21	14000716.61	2337516.78	13898655.93	2337471.09	13829645.91
3727.00	2458893.58	16396916.84	2456807.43	16292979.89	2457010.62	16224022.92
3728.00	2574633.47	18911527.94	2573302.94	18805858.46	2572752.13	18735553.26
3729.00	2687976.64	21539201.07	2687080.81	21432585.29	2686418.69	21362000.51
3730.00	2811120.66	24285156.66	2811056.69	24177979.34	2810841.59	24106604.76
3731.00	2913793.36	27143069.60	2913718.56	27035889.62	2913668.07	26964527.84
3732.00	3014468.29	30102040.47	3014382.32	29994862.38	3014064.58	29923366.48
3733.00	3103616.06	33154882.83	3103692.87	33047795.21	3103663.74	32976160.90
3734.00	3192340.98	36296825.68	3192227.76	36189717.50	3192175.22	36118106.19
3735.00	3272011.46	39521504.95	3271899.28	39414437.32	3271846.73	39342828.89
3736.00	3350429.63	42824452.05	3350305.84	42717392.15	3350253.30	42645778.71
3737.00	3427263.23	46204024.67	3427145.81	46096961.49	3427093.26	46025348.92
3738.00	3495087.19	49654607.65	3494610.63	49547436.94	3494558.09	49475824.35
3739.00	3563027.84	53172568.42	3562420.23	53065029.80	3562367.69	52993416.80
3740.00	3625414.29	56754092.22	3625927.88	56646726.92	3625940.44	56575149.52
3741.00	3690383.56	60397915.28	3691828.08	60291833.32	3692175.49	60220483.76
3742.00	3748392.81	64102131.02	3750768.68	63998302.08	3751492.46	63927274.80
3743.00	3810808.88	67864939.62	3813841.78	67764239.29	3815668.00	67694626.97
3744.00	3870038.85	71687126.60	3873846.70	71590344.38	3876903.06	71523331.36
3745.00	3929317.07	75567057.64	3934407.39	75475320.65	3939217.28	75412450.22
3746.00	4084807.14	79555370.53	4084115.24	79465688.66	4083921.86	79404600.53
3747.00	4228243.27	83695923.08	4227585.00	83606241.21	4227391.61	83545153.08
3748.00	4355552.38	87966476.77	4354894.11	87876794.89	4354700.72	87815706.76
3749.00	4462977.91	92407361.87	4463315.77	92264187.58	4463122.39	92203099.44
3750.00	4570403.44	96848246.98	4569885.86	96758626.05	4569692.47	96697537.92

Fuente: Elaboración Propia

Figura 23
Curva de embalsamiento de la presa Cuchoquesera Cota - Volumen



Fuente: Elaboración Propia

El análisis del cuadro comparativo de la tabla 11 revela cambios significativos en la profundidad máxima o nivel de fondo de la presa a lo largo del tiempo, donde en el año 1987, la cota alcanzaba los 3714.00 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), sin embargo, en el año 2016, se observa un incremento de un metro en la cota, situándose en 3715.00 m.s.n.m. este aumento puede atribuirse a la acumulación de sedimentos en el embalse, lo que se conoce como colmatación. Desde el año 2016 hasta la fecha actual, 2023, se registra una nueva colmatación, aunque en menor medida la cota actual es de 3715.30 m.s.n.m., lo que indica un incremento de treinta centímetros en comparación con el año 2016, esto significa que la presa ha experimentado una colmatación adicional de treinta centímetros en este período.

3.9.4.5. Análisis de los sedimentos y cálculo de la colmatación

Según las curvas de operatividad observadas en la figura 23, se ha registrado una colmatación de fondo en la presa desde 1987 hasta 2016 de 100,630.54 m³ y de 2016 a 2023 de 37,221.20 m³, sumando un total de 137,851.74 m³, esta acumulación de sedimentos representa un desafío en la gestión del agua en la presa Cuchoquesera.

Además, el volumen de sedimentos acumulados en la Presa Cuchoquesera, 137,851.74 m³, puede parecer significativo, pero al compararlo con el volumen de almacenamiento total de la presa, 80,000,000.00 m³, se calculará el porcentaje de sólidos retenidos aplicando una fórmula que permitirá evaluar el impacto real de la colmatación en la capacidad de almacenamiento y determinar la necesidad de medidas para su manejo adecuado, la fórmula es la siguiente:

$$\text{Porcentaje de colmatación} = \frac{\text{Volumen Colmatado}}{\text{Volumen de Operación al NAME}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de colmatación} = \frac{137,851.74\text{m}^3}{80,000,000.00\text{m}^3} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de colmatación} = 0.1723\%$$

Los datos indican que la presa Cuchoquesera apenas ha experimentado un 0.17% de colmatación de su capacidad total, esto genera expectativas positivas, ya que

no se prevé que falle debido a la colmatación durante su vida útil. A continuación, con la siguiente fórmula, calcularemos el tiempo estimado para que la presa alcance su máxima capacidad de colmatación, lo que permitirá planificar y tomar medidas preventivas adecuadas.

$$\text{Años para llegar a la colmatación} = \frac{\text{Variación de año}}{\text{Porcentaje de colmatación de la variación de años}} \times 100$$

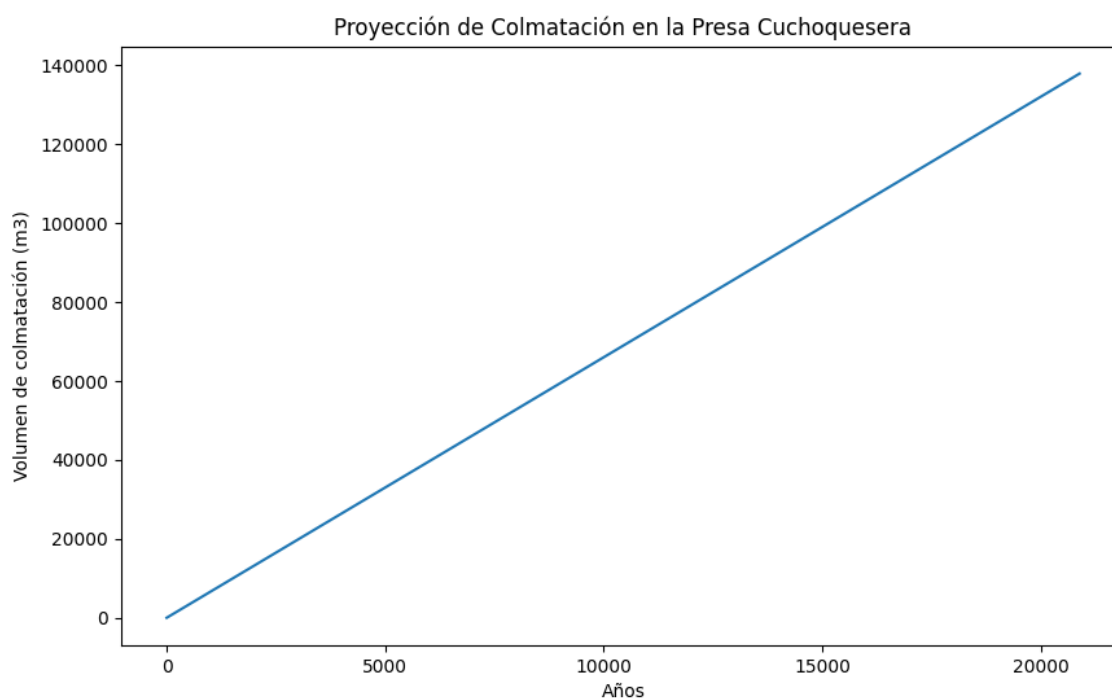
$$\text{Años para llegar a la colmatación} = \frac{2023 - 1987}{0.1723} \times 100$$

$$\text{Años para llegar a la colmatación} = 20,894 \text{ años}$$

Según los cálculos, la colmatación de la presa ocurriría en 20,894 años, lo que indica que supera con creces sus expectativas de vida útil, mediante este cálculo se puede inferir que la presa se encuentra en buenas condiciones y tiene una larga vida operativa por delante.

Figura 24

Proyección de colmatación



Fuente: Elaboración propia

3.9.5. Evaluación del Impacto del volumen muerto

3.9.5.1. Obtención de datos del volumen muerto en los años 1987, 2016 y 2023

Para el cálculo del volumen muerto de la presa primero se hizo un análisis de los datos batimétricos y para ello, se utilizó la sonda 72Cv de Garmin el cual es un equipo especializado diseñado para realizar mediciones detalladas del fondo de cuerpos de agua, el cual nos permitirá adquirir datos batimétricos precisos. Con la ayuda de este equipo se podrá obtener datos precisos y confiables sobre la profundidad del embalse, además el sonar utiliza un transductor de alta frecuencia que emite pulsos acústicos hacia el fondo y registra el tiempo que tarda en recibir los ecos de vuelta y mediante estos ecos se procesan para generar una representación gráfica y precisa del perfil del fondo del embalse.

Figura 25

Medición batimétrica por sonda en la presa Cuchoquesera



Fuente: Elaboración propia

Para obtener el volumen muerto, se llevó a cabo un análisis detallado de los datos batimétricos, que incluye la obtención de perfiles de profundidad en diferentes puntos de la presa, estos datos se utilizaron para el cálculo del volumen muerto lo que permitió evaluar el volumen de sedimentos acumulados en base al nivel de cota de embalse. Una vez hallado el cálculo, se identificó la capacidad de almacenamiento por debajo del nivel mínimo operativo, es decir, el volumen muerto, y se representó por medio de gráficas, infiriendo que área por debajo del nivel mínimo no es útil para la gestión del agua y se considera inaccesible para su aprovechamiento.

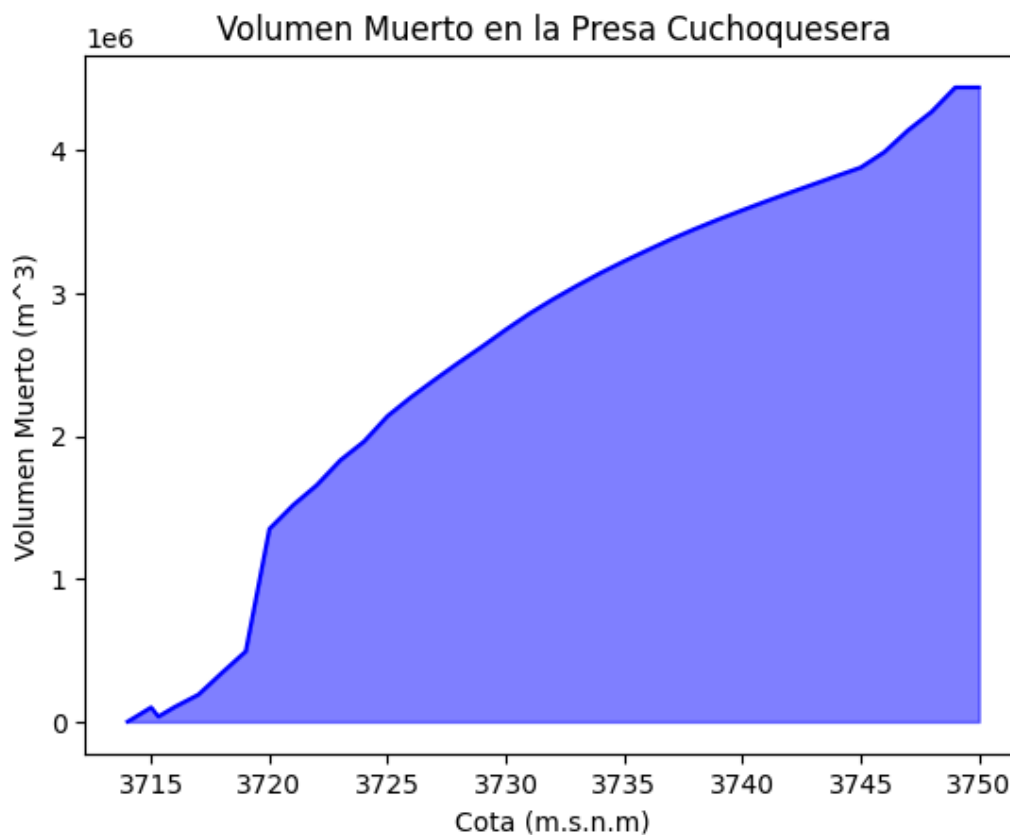
Tabla 12*Volumen muerto calculado 1987*

COTA	VOLUMEN_MUERTO (m3)
3714.0	0
3715.0	100630.5
3715.3	35932.1
3716.0	104213.3
3717.0	190331.4
3718.0	344232.2
3719.0	493112.5
3720.0	1350338.3
3721.0	1516511.7
3722.0	1656669.1
3723.0	1831225.4
3724.0	1962216.5
3725.0	2141122.4
3726.0	2274181.2
3727.0	2396200.2
3728.0	2514611.1
3729.0	2627673.2
3730.0	2745955.6
3731.0	2857912.9
3732.0	2958970.9
3733.0	3052842.3
3734.0	3141942.9
3735.0	3224679.3
3736.0	3302947.0
3737.0	3379572.7
3738.0	3450583.0
3739.0	3517960.7
3740.0	3581523.8
3741.0	3643823.1
3742.0	3704215.7
3743.0	3762809.0
3744.0	3822186.6
3745.0	3879931.0
3746.0	3988312.9
3747.0	4140552.6
3748.0	4270553.7
3749.0	4440885.1
3750.0	4440885.1

Fuente: Elaboración propia

Figura 26

Gráfica del volumen muerto 1987



Fuente: Elaboración Propia

La gráfica revela la relación entre la cota y el volumen muerto en una presa, donde a niveles bajos, el volumen muerto es inexistente, ya que el agua no ha alcanzado esa altura y a medida que la cota se eleva, el volumen muerto crece, señalando la capacidad adicional de almacenamiento por encima del nivel actual del agua, este aumento en el volumen muerto ofrece la posibilidad de aprovechar más agua para generar energía hidroeléctrica o para suministro hídrico, además la gráfica proporciona una visualización clara de cómo el volumen muerto varía en relación con la cota, permitiendo una mejor comprensión de la capacidad de la presa.

A continuación, se muestra la tabla 13 el cual muestra los datos del volumen muerto hallado a partir del cálculo del volumen efectuada por la integral del área transversal del perfil topográfico de la presa desde el nivel mínimo de salida hasta la parte inferior de la presa.

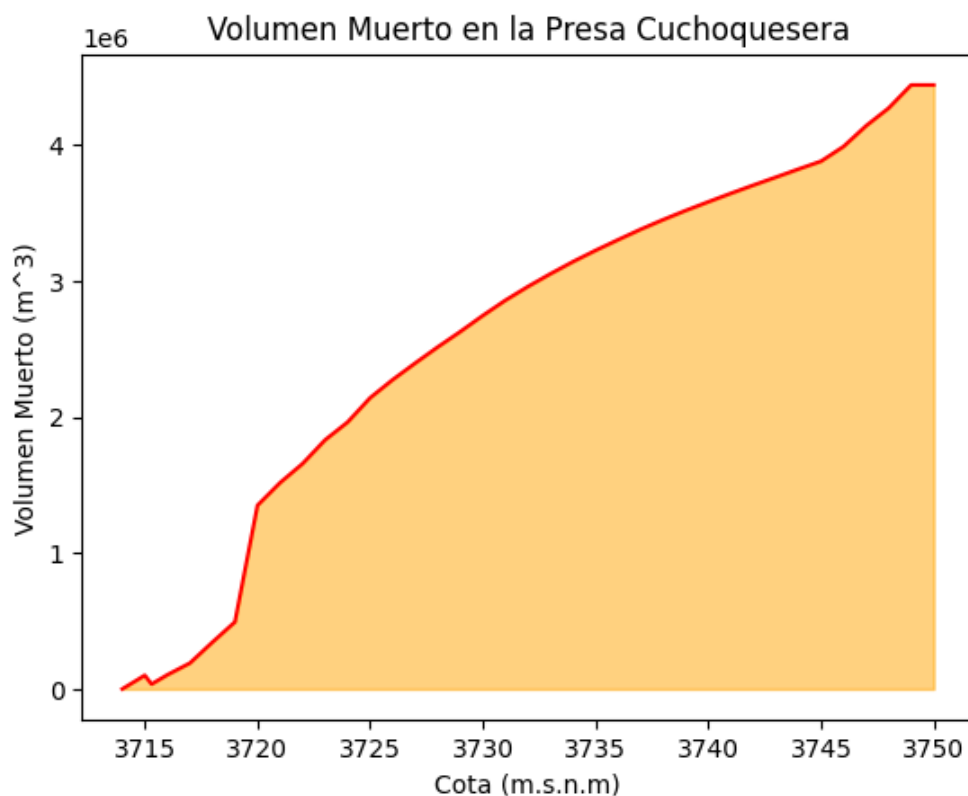
Tabla 13*Volumen muerto calculado 2016*

COTA	VOLUMEN_MUERTO (m3)
3714.0	0.0
3715.0	0.0
3715.3	37221.20
3716.0	102942.70
3717.0	190541.63
3718.0	347081.14
3719.0	494851.53
3720.0	1349512.69
3721.0	1516613.20
3722.0	1656449.11
3723.0	1830714.75
3724.0	1960722.75
3725.0	2139626.88
3726.0	2272378.35
3727.0	2394323.96
3728.0	2512878.57
3729.0	2626726.83
3730.0	2745394.05
3731.0	2857910.28
3732.0	2958972.76
3733.0	3052932.83
3734.0	3141922.29
3735.0	3224719.82
3736.0	3302954.83
3737.0	3379569.34
3738.0	3450475.45
3739.0	3517592.86
3740.0	3581697.12
3741.0	3645106.40
3742.0	3706468.76
3743.0	3765937.21
3744.0	3826105.09
3745.0	3884976.27
3746.0	3990368.01
3747.0	4140552.55
3748.0	4270553.68
3749.0	4387392.69
3750.0	4494438.47

Fuente: Elaboración propia

Figura 27

Gráfica del volumen muerto 2016



Fuente: Elaboración propia

La figura 27 muestra la relación entre la cota (altura) de la presa y el volumen muerto correspondiente en el año 2016, donde el volumen muerto se refiere al volumen de agua que está por debajo del nivel de la toma de agua y no puede utilizarse.

En las cotas iniciales de 3714.0 y 3715.0, el volumen muerto es 0, lo que significa que no hay agua por debajo de esas cotas que no pueda utilizarse, a medida que la cota alcanza 3715.3, el volumen muerto comienza a aumentar y alcanza 37221.20 m³, esto se puede inferir que a medida que la cota sigue aumentando, el volumen muerto continúa incrementándose gradualmente, esto es esperado, ya que a medida que la altura de la presa aumenta, más agua queda por debajo de la toma de agua y no puede ser aprovechada.

A continuación, se muestra la tabla 14 donde se muestran los parámetros calculados del volumen muerto en la actualidad, es decir en el año 2023.

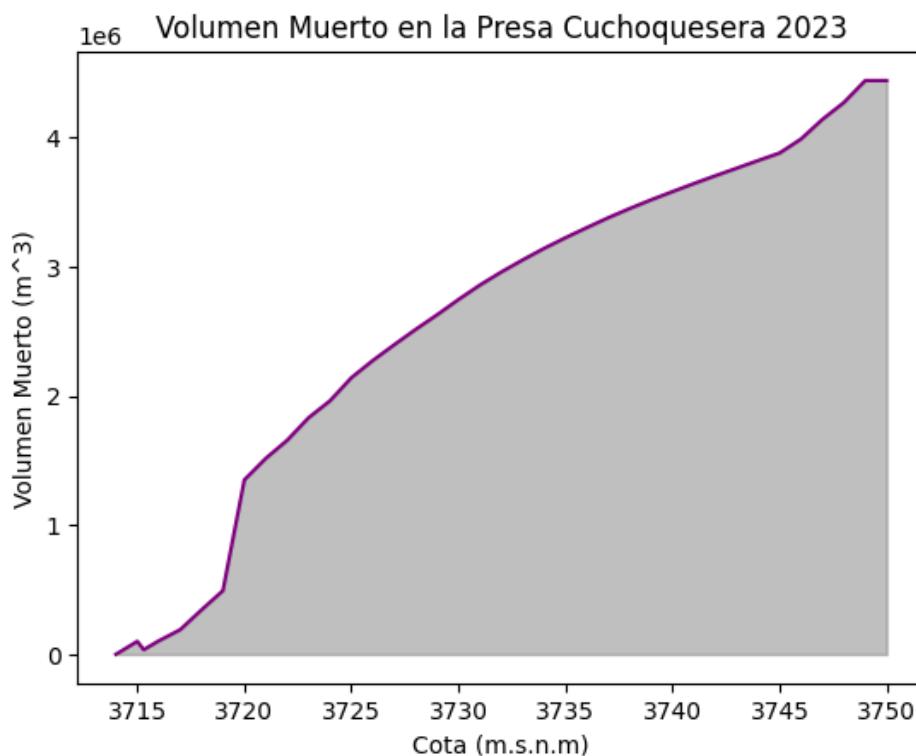
Tabla 14*Volumen muerto calculado 2023*

COTA	VOLUMEN_MUERTO (m3)
3715.3	0.00
3716.0	102021.54
3717.0	190760.52
3718.0	338601.12
3719.0	487375.61
3720.0	1344963.99
3721.0	1514194.07
3722.0	1654038.96
3723.0	1827869.85
3724.0	1958641.71
3725.0	2138807.16
3726.0	2272371.38
3727.0	2394377.01
3728.0	2511530.34
3729.0	2626447.25
3730.0	2744604.25
3731.0	2857923.08
3732.0	2958838.64
3733.0	3052794.42
3734.0	3141945.29
3735.0	3224722.70
3736.0	3302949.82
3737.0	3379570.21
3738.0	3450475.43
3739.0	3517592.45
3740.0	3581732.72
3741.0	3645334.24
3742.0	3706791.04
3743.0	3767352.17
3744.0	3828704.39
3745.0	3889118.86
3746.0	3992150.31
3747.0	4140552.55
3748.0	4270553.68
3749.0	4387392.68
3750.0	4494438.48

Fuente: Elaboración propia

Figura 28

Gráfica del volumen muerto 2023



Fuente: Elaboración propia

La gráfica muestra el volumen muerto generado en el año 2023 para diferentes cotas en la presa Cuchoquesera, donde el eje x representa la cota (en metros sobre el nivel del mar) y el eje y muestra el volumen muerto (en metros cúbicos), a medida que la cota aumenta, el volumen muerto también aumenta, lo cual indica que, a mayor altura, se acumula más volumen de agua en la presa. El volumen muerto se incrementa de manera gradual a medida que se aumenta la cota, y se observa una tendencia ascendente en la gráfica.

3.9.5.2. Análisis de la variación del volumen muerto en los años 1987, 2016 y 2023

Luego de tener las curvas de volumen muerto en los años 1987, 2016 y 2023 se realiza una comparación para poder ver el análisis de la variación en el registro de índice, para ello se genera un registro de base de datos como se observa en la siguiente tabla.

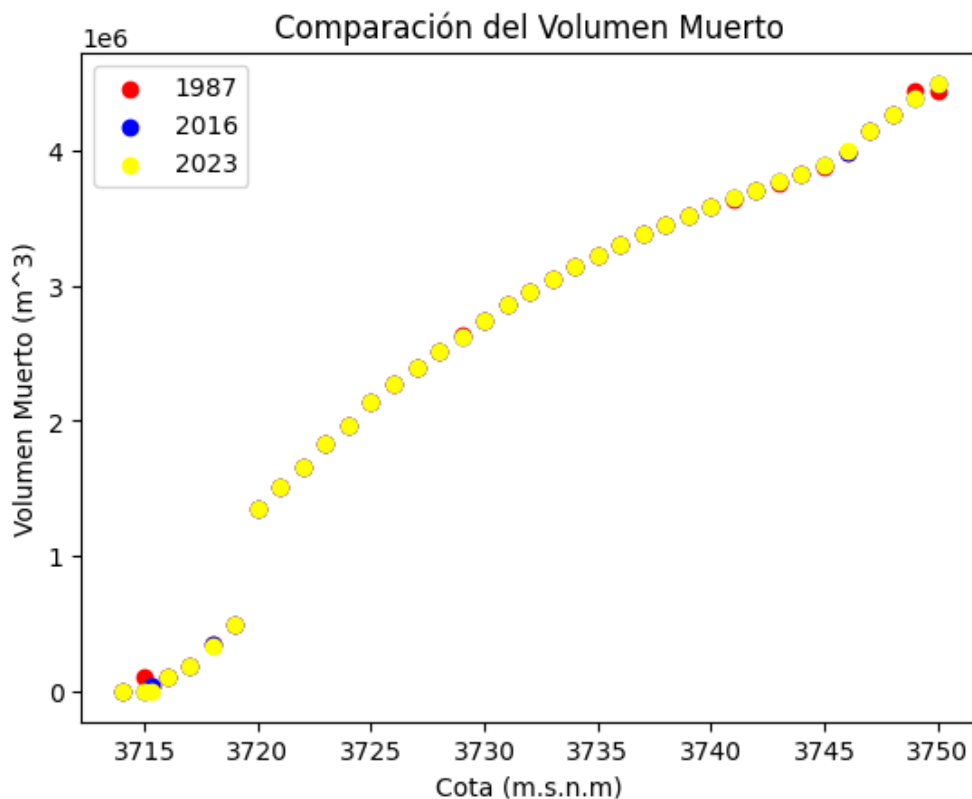
Tabla 15*Cuadro comparativo del volumen muerto de los años 1987, 2016 y 2023*

1987		2016		2023	
COTA	VOLUMEN MUERTO	COTA	VOLUMEN MUERTO	COTA	VOLUMEN MUERTO
3714.0	0	3714.0	-----	-----	-----
3715.0	100630.5	3715.0	Colmatado	-----	-----
3715.3	35932.1	3715.3	37221.20	3715.3	Colmatado
3716.0	104213.3	3716.0	102942.70	3716.0	102021.54
3717.0	190331.4	3717.0	190541.63	3717.0	190760.52
3718.0	344232.2	3718.0	347081.14	3718.0	338601.12
3719.0	493112.5	3719.0	494851.53	3719.0	487375.61
3720.0	1350338.3	3720.0	1349512.69	3720.0	1344963.99
3721.0	1516511.7	3721.0	1516613.20	3721.0	1514194.07
3722.0	1656669.1	3722.0	1656449.11	3722.0	1654038.96
3723.0	1831225.4	3723.0	1830714.75	3723.0	1827869.85
3724.0	1962216.5	3724.0	1960722.75	3724.0	1958641.71
3725.0	2141122.4	3725.0	2139626.88	3725.0	2138807.16
3726.0	2274181.2	3726.0	2272378.35	3726.0	2272371.38
3727.0	2396200.2	3727.0	2394323.96	3727.0	2394377.01
3728.0	2514611.1	3728.0	2512878.57	3728.0	2511530.34
3729.0	2627673.2	3729.0	2626726.83	3729.0	2626447.25
3730.0	2745955.6	3730.0	2745394.05	3730.0	2744604.25
3731.0	2857912.9	3731.0	2857910.28	3731.0	2857923.08
3732.0	2958970.9	3732.0	2958972.76	3732.0	2958838.64
3733.0	3052842.3	3733.0	3052932.83	3733.0	3052794.42
3734.0	3141942.9	3734.0	3141922.29	3734.0	3141945.29
3735.0	3224679.3	3735.0	3224719.82	3735.0	3224722.70
3736.0	3302947.0	3736.0	3302954.83	3736.0	3302949.82
3737.0	3379572.7	3737.0	3379569.34	3737.0	3379570.21
3738.0	3450583.0	3738.0	3450475.45	3738.0	3450475.43
3739.0	3517960.7	3739.0	3517592.86	3739.0	3517592.45
3740.0	3581523.8	3740.0	3581697.12	3740.0	3581732.72
3741.0	3643823.1	3741.0	3645106.40	3741.0	3645334.24
3742.0	3704215.7	3742.0	3706468.76	3742.0	3706791.04
3743.0	3762809.0	3743.0	3765937.21	3743.0	3767352.17
3744.0	3822186.6	3744.0	3826105.09	3744.0	3828704.39
3745.0	3879931.0	3745.0	3884976.27	3745.0	3889118.86
3746.0	3988312.9	3746.0	3990368.01	3746.0	3992150.31
3747.0	4140552.6	3747.0	4140552.55	3747.0	4140552.55
3748.0	4270553.7	3748.0	4270553.68	3748.0	4270553.68
3749.0	4440885.1	3749.0	4387392.69	3749.0	4387392.68
3750.0	4440885.1	3750.0	4494438.47	3750.0	4494438.48

Fuente: Elaboración Propia

Figura 29

Comparación del volumen muerto de los años 1987, 2016 y 2023



Fuente: Elaboración propia

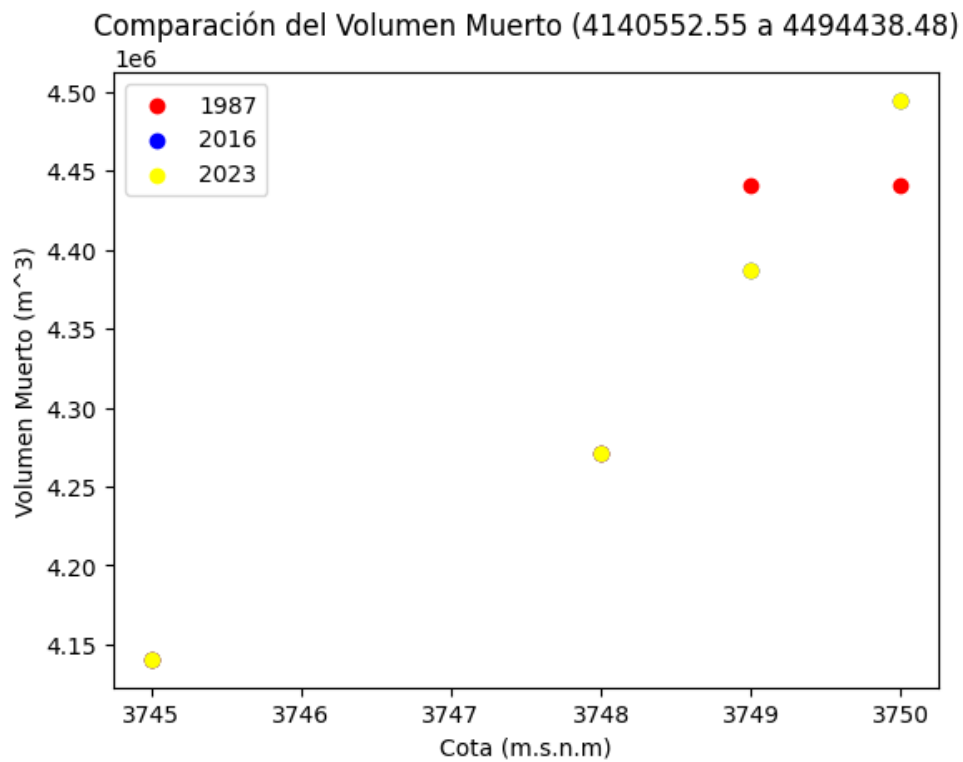
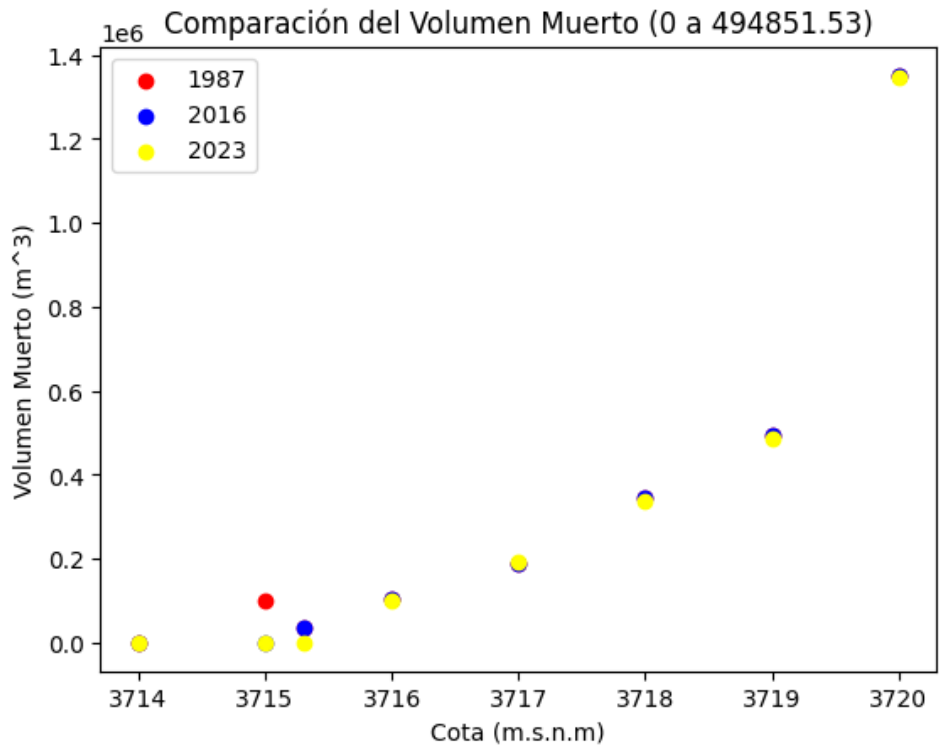
El gráfico de dispersión generado muestra la comparación del volumen muerto en los años 1987, 2016 y 2023, donde cada punto en el gráfico representa una cota específica en el eje x y el volumen muerto correspondiente en el eje y.

En la figura 29, se utilizan tres colores diferentes para representar cada año: rojo para 1987, azul para 2016 y amarillo para 2023, cada conjunto de puntos representa los datos del volumen muerto en el respectivo año. Al observar el gráfico, podemos notar que, en los tres años, el volumen muerto tiende a aumentar a medida que la cota también aumenta, esto indica que a medida que el nivel del agua en la presa aumenta, el volumen muerto aumenta.

También podemos notar que, en el año 1987, el volumen muerto tiene valores significativos en una amplia gama de cotas, lo que sugiere que hubo una presencia constante de volumen muerto en ese año.

Figura 30

Comparación del Volumen Muerto (0 a 494851.53) y 4140552.55 a 4494438.48)

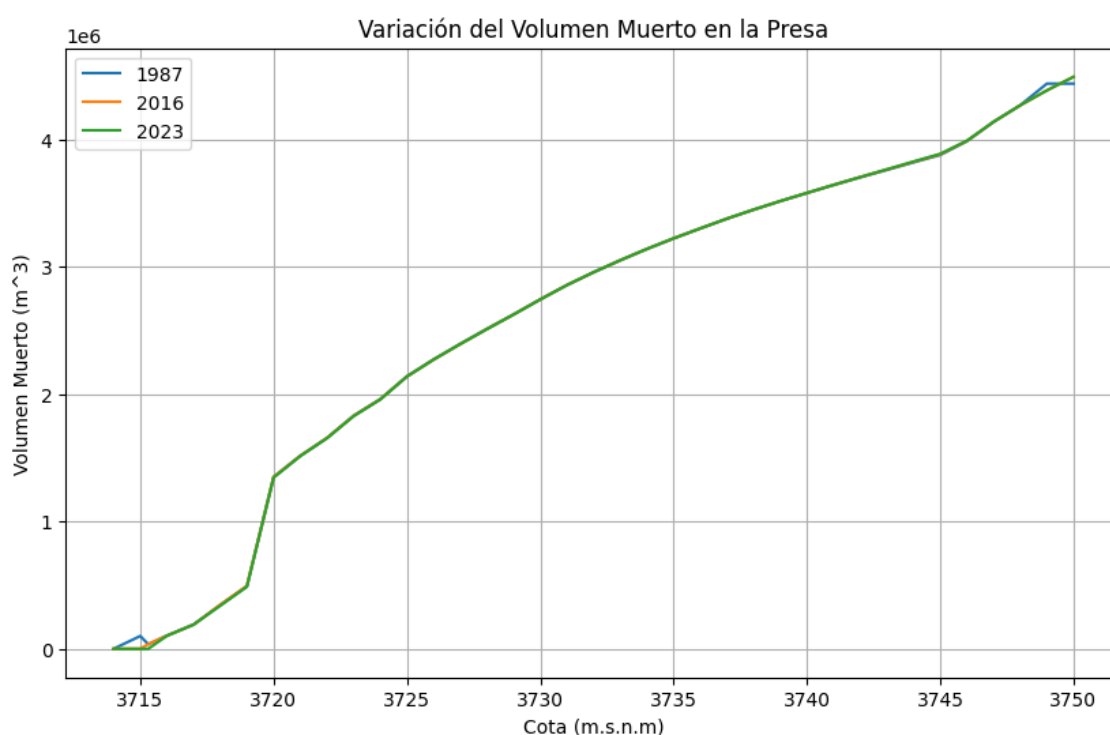


Fuente: Elaboración propia

En el año 2016, podemos observar que el volumen muerto es relativamente bajo en las cotas más bajas, pero comienza a aumentar de manera significativa a partir de cierta cota, esto indica que, en ese año, el volumen muerto se concentra en cotas más altas.

Por último, en el año 2023, el volumen muerto es prácticamente nulo en las cotas más bajas, y comienza a aumentar a medida que la cota aumenta, esto sugiere que, en ese año, el volumen muerto se encuentra en cotas más altas en comparación con los otros dos años, esto se puede apreciar en la figura 30.

Figura 31
Variación del volumen muerto

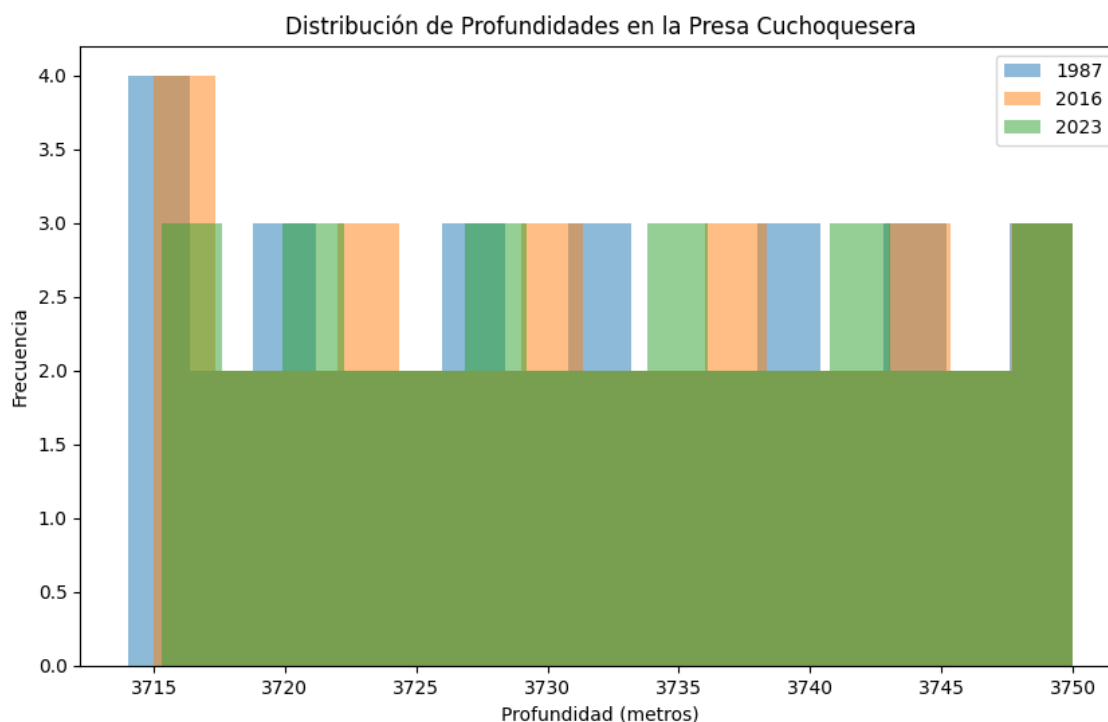


Fuente: Elaboración Propia

3.9.6. Identificación de las principales limitaciones y desafíos en la colmatación de la presa Cuchoquesera

3.9.6.1. Análisis de la batimetría y volumen muerto

Para el análisis de la batimetría y el volumen se realizó un grafica de Distribución de Profundidades y un diagrama de dispersión que nos permita evaluar los cambios sucedidos a lo largo de los años.

Figura 32*Distribución de Profundidades en la Presa Cuchoquesera*

Fuente: Elaboración propia

La figura 32 representa un histograma que muestra la distribución de las profundidades en la presa Cuchoquesera para tres períodos diferentes: 1987, 2016 y 2023, cada barra del histograma representa el número de mediciones de profundidad que se encuentran en un rango específico.

Al observar el histograma se puede inferir lo siguiente:

- La distribución de profundidades en 1987 es simétrica y se encuentra centrada en un valor aproximado de 3730 metros, donde la mayor frecuencia de profundidades se encuentra alrededor de este valor central.
- En 2016, la distribución de profundidades ha cambiado ligeramente, mostrando una disminución en la frecuencia de profundidades más bajas (cerca de 3715 metros) y un aumento en la frecuencia de profundidades más altas (cerca de 3745 metros), esto indica que la presa pudo haber experimentado un proceso de sedimentación o colmatación en los años transcurridos desde 1987 hasta 2016.
- En 2023, la distribución de profundidades muestra una mayor disminución en la frecuencia de profundidades bajas, y también muestra una menor frecuencia de

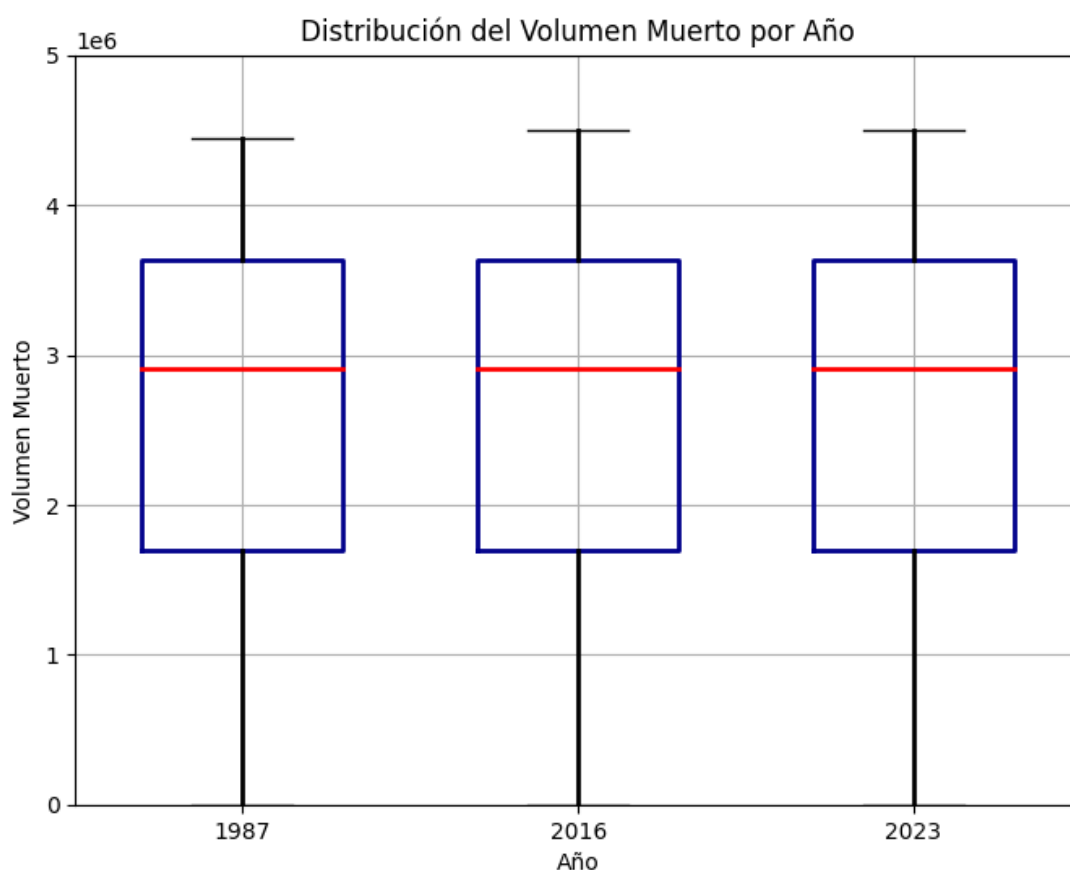
profundidades cercanas a 3715 metros en comparación con 2016. Además, la frecuencia de profundidades más altas (alrededor de 3745 metros) parece haber aumentado nuevamente en comparación con 2016.

El histograma de la figura 32 indica que ha habido cambios en la distribución de profundidades en la presa a lo largo del tiempo, lo que podría estar relacionado con la acumulación de sedimentos o colmatación, además la disminución de frecuencias en las profundidades más bajas y el aumento en las profundidades más altas indican que la capacidad de almacenamiento de la presa se ha visto afectada por la sedimentación.

3.9.6.2. Análisis de tendencias y patrones

Para el análisis de tendencias y patrones se realiza una gráfica de cajas y bigotes el cual se puede observar en la figura 33.

Figura 33
Distribución del volumen muerto



Fuente: Elaboración propia

La gráfica resultante muestra la distribución del volumen muerto para tres años diferentes: 1987, 2016 y 2023, cada año tiene su propia caja y bigotes que representan la variabilidad de los datos. Las cajas representan el rango intercuartílico (IQR), que muestra la dispersión de los datos entre el primer cuartil (Q1) y el tercer cuartil (Q3), además la línea dentro de cada caja representa la mediana, que es el valor que divide el conjunto de datos en dos partes iguales.

De la figura 33 y en base a la data obtenido por la batimetría y volumen muerto se puede inferir los siguiente:

La línea roja muestra que la mediana se encuentra cerca del borde superior, lo que indica que más de la mitad de los datos se encuentran cerca del valor máximo de la distribución del volumen muerto es cual es 4494438.48 m³, además como la longitud de la caja en los 3 años es larga esto infiere que hay una mayor distribución en la variabilidad de datos. Aunque la figura 33 no muestra diferencia en la distribución de la tendencia para los años 1987, 2016 y 2023, se muestra la variabilidad de los datos dependiendo de la longitud y la mediana

En general, la gráfica destaca claramente la tendencia creciente en el volumen muerto a medida que avanzan los años. Las cajas más altas y más amplias sugieren que la variabilidad en el volumen muerto también ha aumentado a lo largo del tiempo.

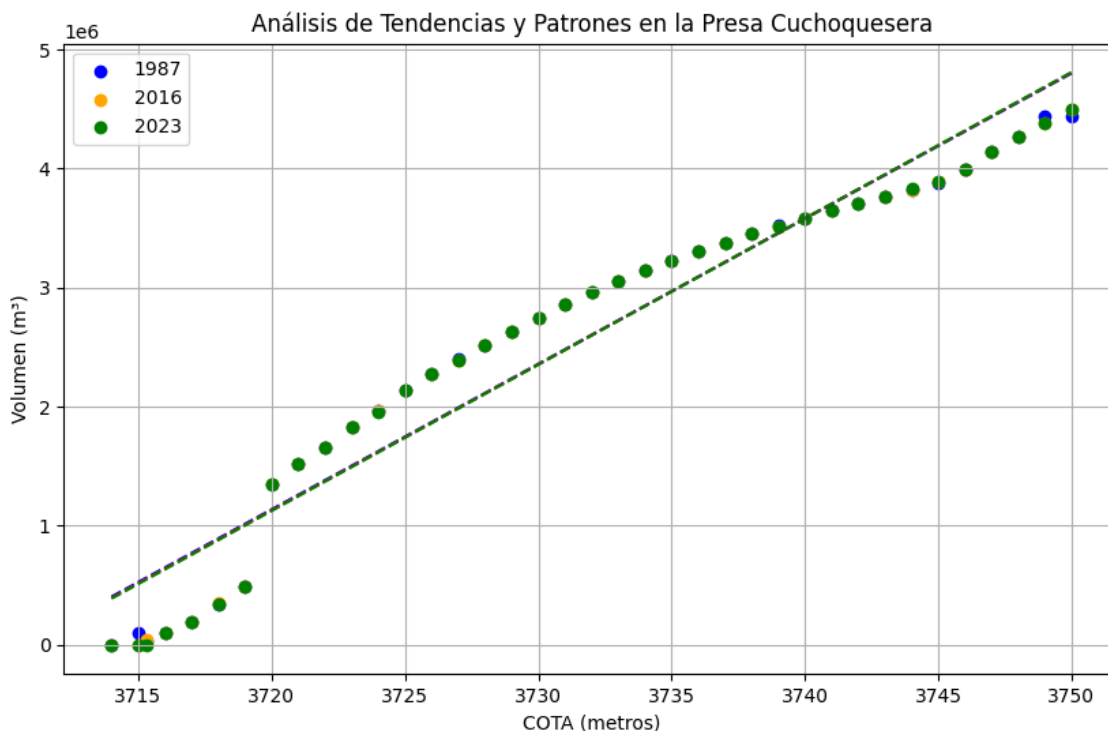
3.9.7. Técnicas para abordar los desafíos identificados en la gestión del agua en la presa Cuchoquesera

3.9.7.1. Análisis de tendencias

Para evaluar las tendencias entre los tres años se realizó un gráfico de dispersión que permita analizar una observación de volumen almacenado en función de la cota (altura del agua) correspondiente, esto se puede visualizar en la figura mostrada a continuación.

Figura 34

Análisis de Tendencias y Patrones en la Presa Cuchoquesera



Fuente: Elaboración propia

En base a la figura 34 se puede inferir la siguiente interpretación:

- **Tendencia general:** Las líneas punteadas en el gráfico representan las líneas de tendencia ajustadas a los datos para cada año, todas las líneas de tendencia tienen una dirección positiva, lo que significa que a medida que aumenta la cota (altura del agua), también aumenta el volumen almacenado en la presa. Esto es esperado y coherente con el comportamiento de una presa, ya que un mayor nivel de agua implica una mayor capacidad de almacenamiento.
- **Ritmo de aumento:** Observamos que las líneas de tendencia para 2016 (línea anaranjada) y 2023 (línea verde) parecen tener pendientes más pronunciadas que la línea de tendencia para 1987 (línea azul), esto sugiere que en los años posteriores al año 1987, el volumen almacenado ha aumentado a un ritmo más rápido. Específicamente, la línea verde (2023) tiene la pendiente más pronunciada, lo que indica un aumento más rápido en el volumen almacenado a medida que aumenta la cota.
- **Variabilidad en los datos:** Se observa cierta dispersión en los datos, especialmente en el año 2023 (puntos verdes), esto significa que, a una misma

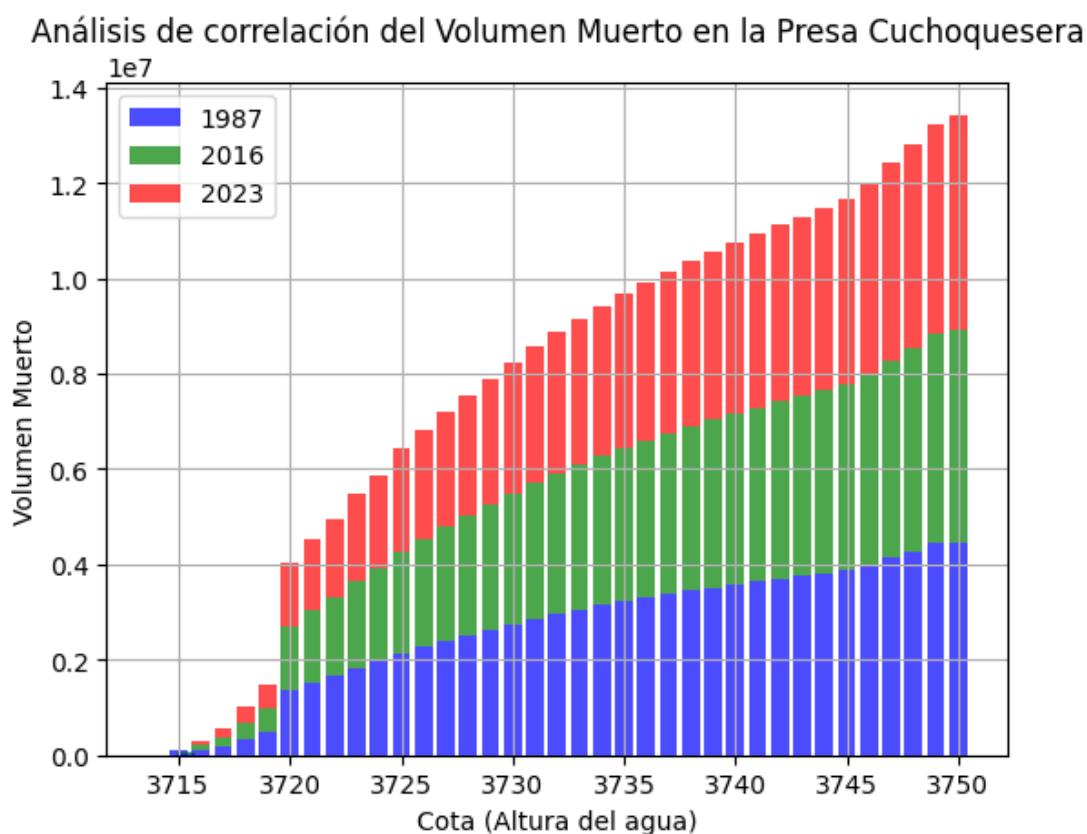
cota en 2023, el volumen almacenado puede variar más en comparación con los otros años, esto se debe a varios factores, como la variabilidad de las condiciones climáticas, cambios en la gestión de la presa o posibles factores externos que afectan la acumulación de agua.

3.9.7.2. Análisis de correlación

Para el análisis de correlación se planteó una gráfica de barras apiladas que muestre la comparación del volumen muerto en la presa Cuchoquesera en diferentes años (1987, 2016 y 2023) a diferentes cotas (alturas del agua).

Figura 35

Análisis de correlación de volumen muerto en la presa Cuchoquesera



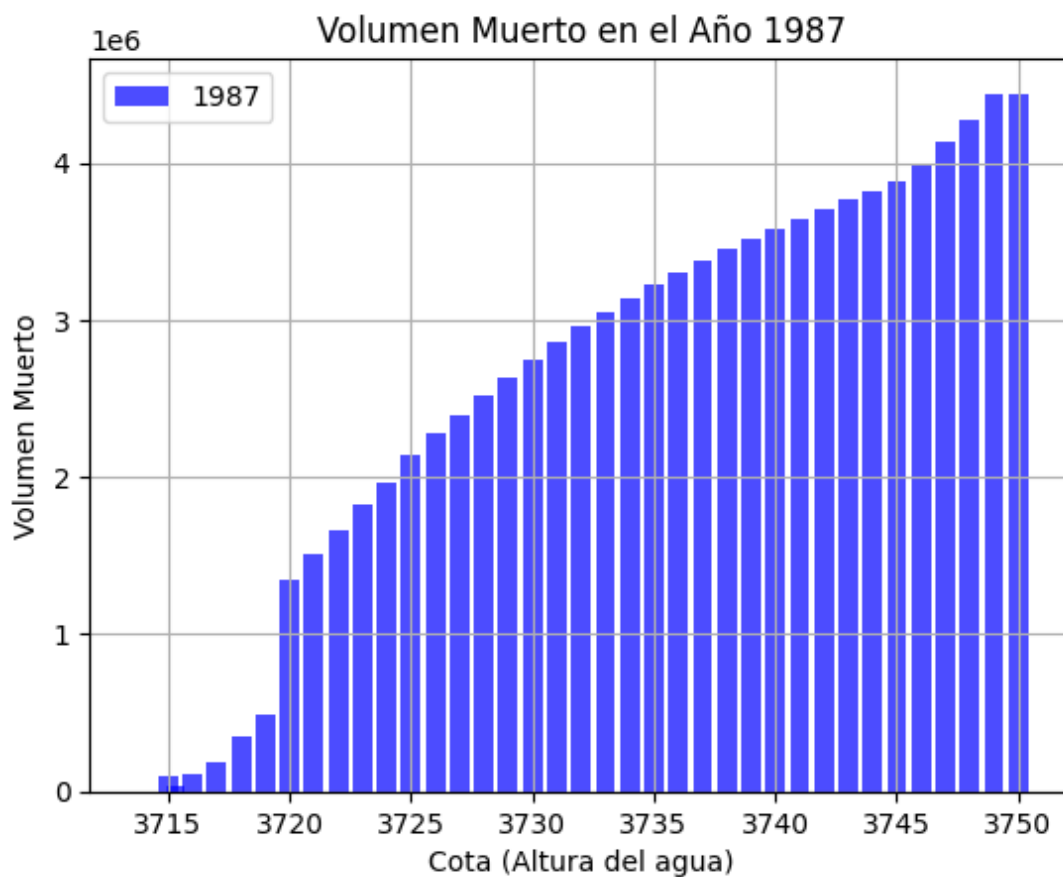
Fuente: Elaboración propia

En base a la figura 35 se puede inferir la siguiente interpretación:

- **Volumen Muerto en 1987:** En el año 1987, el volumen muerto fue relativamente bajo en todas las cotas, esto significa que la cantidad de agua que no se podía utilizar para fines prácticos era menor en ese año.

Figura 36

Análisis de correlación de volumen muerto en el año 1987



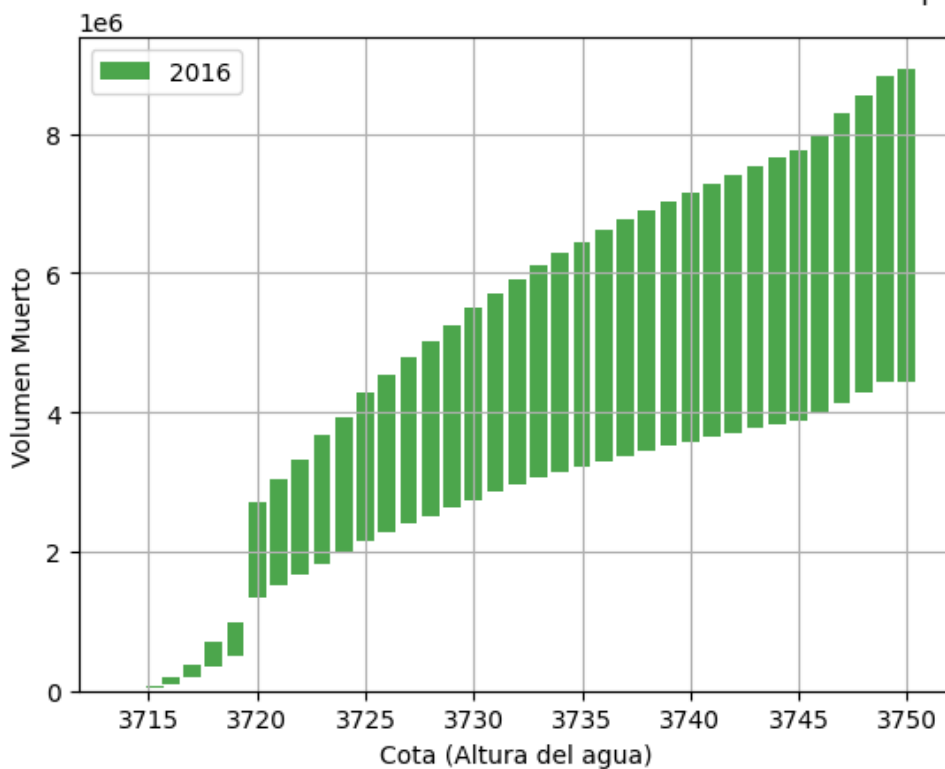
Fuente: Elaboración propia

- **Volumen Muerto en 2016:** En el año 2016, el volumen muerto aumentó significativamente en comparación con 1987, esto indica que medida que aumenta la cota (altura del agua), el volumen muerto también aumenta. Esto podría deberse a diferentes factores, como cambios en la gestión del agua o el impacto de fenómenos climáticos.

Figura 37

Análisis de correlación de volumen muerto en el año 2016

Análisis de correlación del Volumen Muerto en la Presa Cuchoquesera

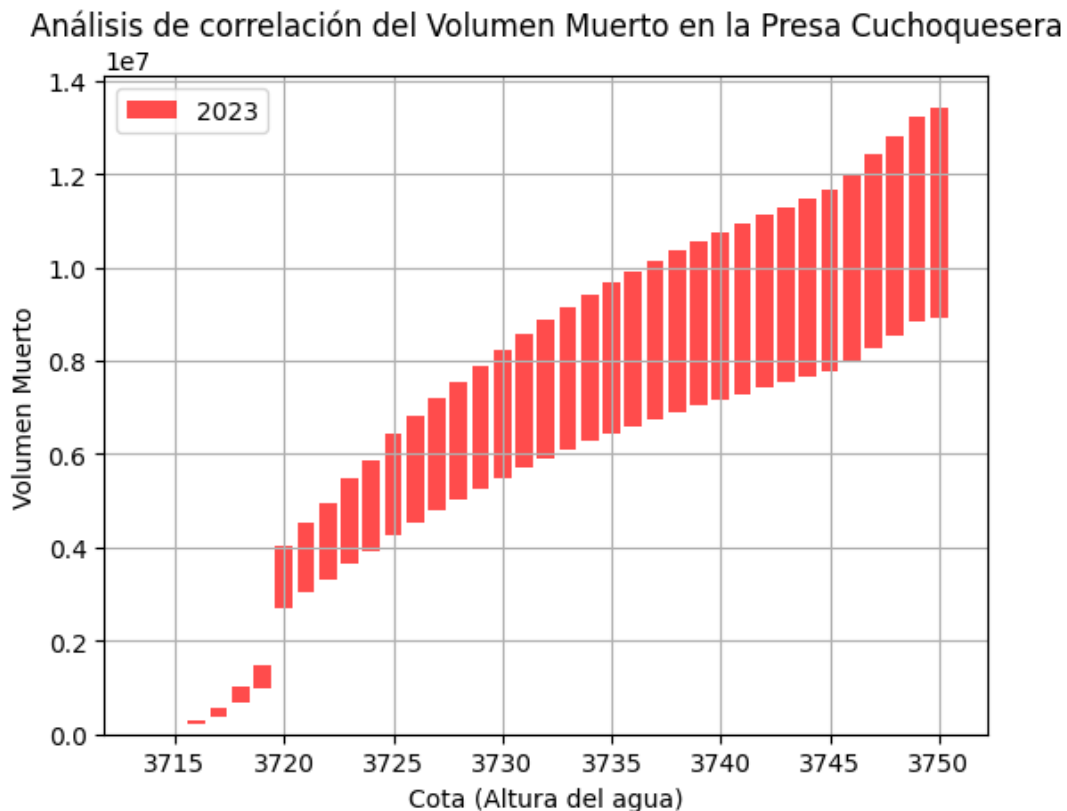


Fuente: Elaboración propia

- **Volumen Muerto en 2023:** En el año 2023, el volumen muerto aumentó aún más en comparación con 2016, se puede inferir que el volumen muerto ha seguido aumentando a lo largo de los años y a diferentes cotas, lo que indica una mayor cantidad de agua no utilizable para fines prácticos.

Figura 38

Análisis de correlación de volumen muerto en el año 2023



Fuente: Elaboración propia

La gráfica de barras apiladas mostrada en la figura 34 permite visualizar claramente cómo ha variado el volumen muerto en la presa Cuchoquesera a lo largo del tiempo y cómo estos cambios están relacionados con las diferentes cotas. Además, esta visualización puede ayudar a identificar tendencias y patrones en la gestión del agua en la presa y a tomar decisiones informadas para abordar los desafíos identificados.

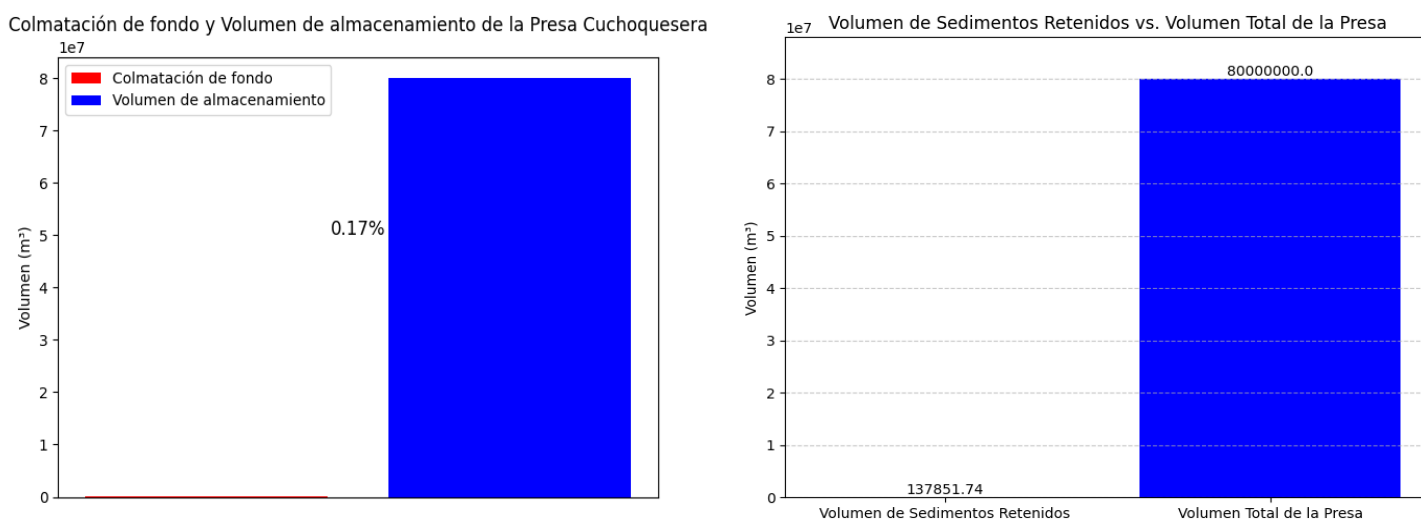
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS CONFORME AL OBJETIVO ESPECÍFICO 1

El objetivo específico 1 planteado en la presente investigación es el siguiente: *Investigar y analizar la relación entre la batimetría de la presa Cuchoquesera y la gestión del agua en términos de control de sedimentos y capacidad de almacenamiento.*

Para el análisis de la gestión de agua en control de sedimentos se realizó un estudio en la presa Cuchoquesera obteniendo datos batimétricos fundamentales para el control efectivo de sedimentos y el adecuado almacenamiento del recurso hídrico. Al analizar la batimetría, se pudo identificar áreas propensas a la acumulación de sedimentos, lo que podría afectar la calidad del agua y disminuir la capacidad de almacenamiento. Además, la batimetría también proporciona datos precisos sobre la capacidad de almacenamiento del embalse a diferentes niveles de cota, esta información permitió planificar el uso sostenible del recurso hídrico, optimizar la generación de energía hidroeléctrica y prevenir inundaciones, lo que en contexto de justificación social, al obtener estos datos permitirá a las autoridades responsables de la zona conocer como es la situación actual de la presa y de esta manera contribuir al bienestar de las comunidades circundantes y el medio ambiente.

Figura 39
Gráfica del volumen de sedimentos y colmatación



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la figura 39 muestra el análisis de la colmatación del fondo desde 1987 hasta 2023, se observa que la cantidad de sedimentos retenidos es considerable, alcanzando aproximadamente 137,851.74 m³. No obstante, en comparación con el gran volumen de almacenamiento de la presa, que es de 80,000,000.00 m³, el porcentaje de sólidos retenidos es mínimo, apenas alrededor del 0.17%. Esto sugiere que la presa aún tiene una capacidad considerable para acumular sedimentos antes de afectar significativamente su funcionalidad.

En consecuencia, a los cálculos ya realizado en el desarrollo de la tesis, se prevé que la presa Cuchoquesera supere con creces su vida útil, en más de 20,000 años para alcanzar una colmatación crítica.

4.1.1. Discusión

El análisis de la relación entre la batimetría de la presa Cuchoquesera y la gestión del agua en términos de control de sedimentos y capacidad de almacenamiento es de suma importancia para asegurar un manejo sostenible y eficiente de este recurso hídrico, varios autores han destacado la relevancia de información referente a datos batimétricos y su relación con la gestión del recurso hídrico en sus investigaciones.

Según Siqueira et al. (2020), la batimetría proporciona datos precisos sobre la profundidad y forma del lecho del embalse, lo que permite identificar zonas propensas a la acumulación de sedimentos. Estos sedimentos pueden afectar la calidad del agua y reducir la capacidad de almacenamiento, pero conociendo estas áreas críticas, se pueden aplicar medidas de manejo adecuadas, es por ello que en la presente investigación se hizo el análisis de la colmatación de los sedimentos en base a los datos batimétricos medidos.

Por otro lado, Perales y Gamarra (2023) han enfatizado que la batimetría es esencial para planificar el uso sostenible del agua y optimizar la generación de energía hidroeléctrica, es por ello que, mediante la adquisición de datos precisos sobre la capacidad de almacenamiento a diferentes niveles de cota, se puede tomar decisiones informadas para asegurar un uso responsable del recurso y además, esto permitirá Identificar áreas de acumulación de sedimentos y monitorear el volumen de almacenamiento permite tomar medidas preventivas y correctivas para garantizar un funcionamiento óptimo y prolongar la vida útil de la presa.

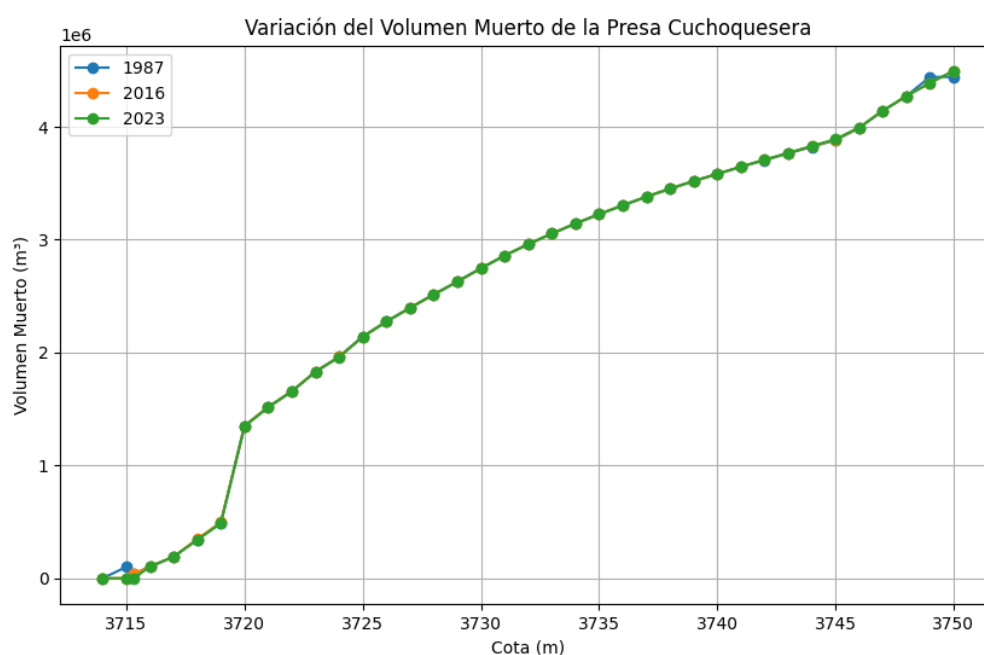
4.2. RESULTADOS CONFORME AL OBJETIVO ESPECÍFICO 2

El objetivo específico 2 planteado en la presente investigación es el siguiente:

Evaluar el impacto del volumen muerto de la presa Cuchoquesera en la disponibilidad de agua utilizable y proponer estrategias para optimizar su uso.

La presa Cuchoquesera ha demostrado ser una infraestructura de gran capacidad y durabilidad, como lo indican los datos de colmatación del fondo desde 1987 hasta 2023. Estos resultados sugieren que la presa aún tiene una capacidad considerable para acumular sedimentos antes de afectar significativamente su funcionalidad y uno de los elementos a considerar para realizar una estrategia de optimización es el volumen muerto de la presa, el cual es el espacio entre el nivel más bajo de almacenamiento y el punto más bajo de la toma de agua, que no se puede utilizar para abastecer a las demandas de agua. En este caso, podemos notar que la presa Cuchoquesera tiene un amplio margen de volumen muerto en su capacidad de almacenamiento, lo que limita la disponibilidad de agua utilizable en momentos de escasez. Para evaluar el impacto del volumen muerto en la disponibilidad de agua, podemos utilizar los datos de batimetría de los años 1987, 2016 y 2023. A continuación, se presentan las gráficas que muestran cómo ha variado el volumen muerto en estos años:

Figura 40
Variación del volumen muerto

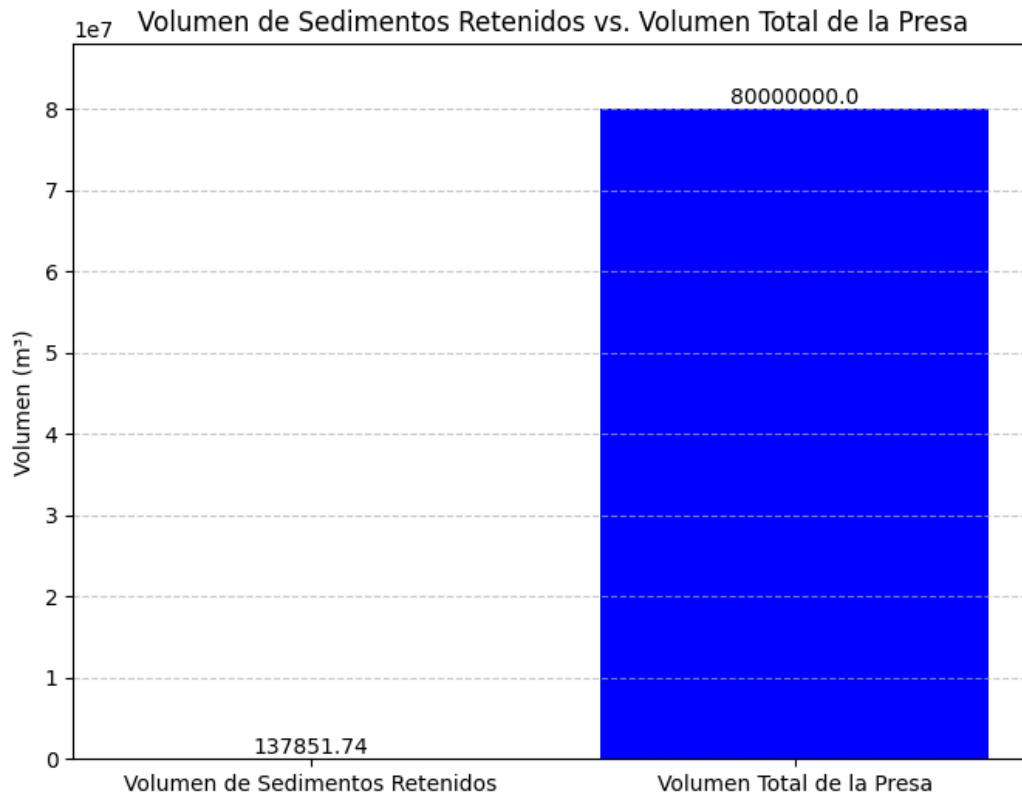


Fuente: Elaboración propia

La figura 40 muestra cómo ha variado el volumen muerto de la presa a lo largo del tiempo, y podemos observar que el espacio no utilizable ha disminuido en los años 2016 y 2023, lo cual indica un esfuerzo por optimizar su uso.

Figura 41

Cantidad de sedimentos retenidos



Fuente: Elaboración propia

Además, también se observa en la gráfica de barras la cantidad de sedimentos retenidos en la presa Cuchoquesera en tres años diferentes: 1987, 2016 y 2023. Donde se muestra la barra que representa la cantidad de sedimentos acumulados en la presa, medido en metros cúbicos (m³).

- La barra correspondiente al año 1987 al 203 muestra que la presa tiene una acumulación de aproximadamente 137,851.74 m³ de sedimentos en su fondo.

En aras de optimizar la disponibilidad de agua utilizable, se pueden considerar las siguientes estrategias:

Tabla 16*Estrategias para optimizar la disponibilidad de agua utilizable*

ESTRATEGIAS	
Mejora en la Gestión del Agua	Realizar mantenimientos periódicos y limpieza de la presa para reducir la acumulación de sedimentos en el fondo y optimizar la capacidad de almacenamiento.
Implementar técnicas de sedimentación	Implementar técnicas de sedimentación para reducir la cantidad de sedimentos que llegan a la presa y mejorar su vida útil.
Monitoreo y Análisis Continuo	Realizar un monitoreo y análisis continuo de la acumulación de sedimentos y el comportamiento del volumen muerto, lo que permitirá tomar decisiones informadas y oportunas para optimizar el uso del recurso hídrico.
Recarga Artificial de Acuíferos	Implementar sistemas de recarga artificial de acuíferos cercanos a la presa para aprovechar eficientemente el exceso de agua en épocas de alta precipitación.

Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Discusión

El impacto del volumen muerto en presas o embalses en la disponibilidad del recurso hídrico es un tema relevante y ha sido abordado por diversos autores en el ámbito de la gestión hídrica.

Según estudios realizados por Fuentes (2018), el volumen muerto de una presa puede tener un efecto significativo en la disponibilidad de agua para el consumo humano y riego agrícola, ya que el volumen muerto representa el agua almacenada por debajo de la toma de agua más baja, que no puede ser aprovechada debido a que queda por debajo del nivel de las bombas de extracción, es por ello que se realizó un análisis del

volumen muerto coludido al análisis de sedimentos para una mejor inferencia sobre la situación actual.

Por otro lado, Egoavil y Rojas (2023) destacan que el volumen muerto también puede afectar la generación de energía hidroeléctrica, ya que, al no poder ser aprovechado, se pierde la oportunidad de generar electricidad a partir de ese caudal y esto puede acarrear implicaciones en la estabilidad del suministro eléctrico.

Considerando los planteamientos de los autores mencionados, el volumen muerto de la presa Cuchoquesera podría tener un impacto en la disponibilidad de agua utilizable para diversas actividades humanas y en la generación de energía, por ello es importante tomar en cuenta este aspecto en la planificación y gestión del recurso hídrico, implementando medidas que permitan optimizar el uso del agua y mitigar los posibles efectos negativos del volumen muerto. De esta manera, se garantizaría una gestión sostenible y eficiente del agua para beneficio de las comunidades y el medio ambiente.

4.3. RESULTADOS CONFORME AL OBJETIVO ESPECÍFICO 3

El objetivo específico 3 planteado en la presente investigación es el siguiente:

Identificar las principales limitaciones y desafíos en la gestión del agua en la presa Cuchoquesera y desarrollar soluciones basadas en el análisis de la batimetría y el volumen muerto.

La gestión del agua en la presa Cuchoquesera en base a la información analizada de los datos obtenidos por batimetría se puede inferir que presenta algunas discontinuidades debido a la acumulación de sedimentos a lo largo del tiempo. El análisis de la batimetría revela que desde 1987 hasta 2023, la presa ha experimentado un aumento constante en la cantidad de sedimentos retenidos en su fondo, este incremento representa una de las principales limitaciones en la gestión del agua, ya que afecta la capacidad de almacenamiento útil y la calidad del recurso hídrico.

A continuación, se presentan las principales limitaciones y soluciones basadas en el análisis de la batimetría y el volumen muerto:

Tabla 17*Limitaciones y soluciones en la gestión del agua de la presa*

Principales Limitaciones	
Acumulación de Sedimentos	La presa ha experimentado un aumento constante en la acumulación de sedimentos a lo largo de los años, lo que puede reducir la capacidad de almacenamiento activo y puede afectar la operatividad de la presa a largo plazo.
Volumen Muerto	Representa una porción considerable del almacenamiento total, lo que limita la disponibilidad de agua utilizable en épocas de sequía y afecta la satisfacción de la demanda hídrica.
Soluciones Basadas en el Análisis de la Batimetría y Volumen Muerto	
Remoción de Sedimentos	Implementar estrategias de remoción de sedimentos, como el dragado del fondo de la presa, para restaurar la capacidad de almacenamiento activo y mejorar la calidad del agua.
Gestión de Caudales	Ajustar los caudales liberados de la presa de acuerdo con la capacidad de almacenamiento actual y la proyección de colmatación para mantener una operación óptima.
Monitoreo	Establecer un programa de monitoreo periódico de la batimetría para evaluar la acumulación de sedimentos y tomar acciones preventivas a tiempo.
Plan de gestión integral	Desarrollar un plan de gestión integral que considere la proyección de colmatación y la vida útil de la presa para una operación sostenible a largo plazo.

Fuente: Elaboración propia

Mediante la implementación de soluciones basadas en el análisis de la batimetría y el volumen muerto, se puede garantizar una operación eficiente y sostenible de la presa, asegurando así el suministro adecuado de agua utilizable para las comunidades cercanas y el medio ambiente, además considerar soluciones basadas en monitoreo y

planificación a largo plazo son fundamentales para superar estas limitaciones y lograr una gestión responsable del recurso hídrico en la presa Cuchoquesera.

4.3.1 Discusión

La gestión del agua en la presa Cuchoquesera presenta diversos desafíos y limitaciones que requieren atención para asegurar su funcionamiento óptimo y el abastecimiento sostenible del recurso hídrico. Diferentes autores han abordado este tema, proporcionando perspectivas valiosas para entender los desafíos que enfrenta la presa y proponer soluciones efectivas.

Según, Alburqueque et al, (2021) uno de los desafíos principales es la acumulación de sedimentos en el embalse, ya que la presencia de sedimentos afecta negativamente la capacidad de almacenamiento y la calidad del agua, por lo que requiere estrategias adecuadas de manejo y remoción.

Por otro lado, De La Cruz (2022) señala que el volumen muerto de la presa representa una limitación importante en la gestión del agua, ya que reduce la disponibilidad de agua utilizable en períodos de sequía, esto demanda una planificación cuidadosa de los caudales y una gestión eficiente de la demanda para evitar problemas de suministro.

En síntesis, a los mencionado por los autores, el abordaje integral de las limitaciones y desafíos en la gestión del agua en la presa Cuchoquesera requiere una visión interdisciplinaria y colaborativa, es por ello que es esencial combinar el conocimiento hidrológico y conocimiento de ingeniería para desarrollar estrategias que garanticen un uso eficiente y sostenible del recurso hídrico en beneficio de las comunidades y el medio ambiente.

4.4. RESULTADOS CONFORME AL OBJETIVO ESPECÍFICO 4

El objetivo específico 4 planteado en la presente investigación es el siguiente:

Proponer recomendaciones prácticas y acciones específicas para abordar los desafíos identificados en la gestión del agua en la presa Cuchoquesera, considerando el análisis de la batimetría y el volumen muerto.

Se propone como medida preventiva, en la acumulación de sedimentos y la limitación del volumen muerto las siguientes recomendaciones y acciones específicas:

Tabla 18
Recomendaciones y Acciones para la Gestión del Agua

Recomendaciones y Acciones para la Gestión del Agua en la Presa	
Cuchoquesera	
Análisis Continuo	Realizar un análisis regular de la batimetría y los niveles de sedimentación en el embalse para comprender mejor la tendencia y el impacto del sedimento en la capacidad de almacenamiento.
Programa de Remoción de Sedimentos	Implementar un programa periódico de remoción de sedimentos en la presa para mantener la capacidad de almacenamiento y mejorar la calidad del agua.
Plan de gestión para el volumen muerto	Establecer un plan de gestión para el volumen muerto que permita utilizar eficientemente el agua almacenada en esta zona en períodos de sequía o escasez hídrica.
Promover prácticas de conservación	Promover prácticas de conservación del agua entre los usuarios y comunidades cercanas a la presa, como el uso responsable del recurso en la agricultura y la industria.
Manejo Integrado de Cuencas	Establecer un enfoque de manejo integrado de cuencas para abordar los problemas de erosión y sedimentación aguas arriba de la presa, lo que reduciría la entrada de sedimentos al embalse.

Fuente: Elaboración propia

Si consideramos el análisis de la batimetría y el volumen muerto en la cota 3714.0 para los tres años, se obtiene un volumen muerto similar en los años 2016 y 2023 porque se alcanzó un punto de colmatación, en cambio si consideramos el año 1987 el volumen es de 44,088,512.00 frente a 44,944,384.48 el cual corresponde a los años 2016 y 2023, de esto se puede inferir que de 1987 a 2023 se ha incremento en 855,326.48 lo que corresponde a un 1.94%, esta cantidad es enorme si consideramos la cavidad total de la presa es por ello que mediante las recomendaciones se puede buscar un enfoque diferente que ralentice estos incrementos.

4.4.1. Discusión

Para una gestión de agua óptima en la presa Cuchoquesera se propusieron algunas recomendaciones con la finalidad de optimizar la gestión de agua, para ello se realizó un estudio detallado a partir de la batimetría y el volumen muerto, lo que permitió obtener datos precisos y actualizados, fundamentales para tomar decisiones informadas en la gestión del embalse.

Según autores como Egoavil y Rojas (2023), es esencial implementar prácticas de conservación y uso eficiente del agua en las actividades agrícolas, industriales y domésticas, además es importante fomentar tecnologías de riego eficiente, la reutilización del agua y la reducción de pérdidas contribuirá a optimizar el recurso y garantizar su disponibilidad para todos los usuarios.

Otra medida recomendada es revisar y actualizar las políticas de uso del agua en la zona de influencia de la presa, establecer regulaciones adecuadas para las extracciones de agua asegurará un aprovechamiento equitativo y sostenible de los recursos hídricos.

CONCLUSIONES

- La información proporcionada sobre la batimetría y el volumen muerto de la presa permitirá una mejor gestión del agua almacenada, facilitando la toma de decisiones para su uso eficiente y sostenible.
- Los cálculos realizados en el desarrollo de la tesis sugieren que la presa Cuchoquesera tiene una vida útil proyectada de más de 20,000 años antes de alcanzar una colmatación crítica.
- Según el estudio realizado, la acumulación de sedimentos en la presa ha aumentado significativamente a lo largo de los años de operación, lo que sugiere la necesidad de monitorear constantemente su capacidad de almacenamiento.
- La presa Cuchoquesera ha acumulado una cantidad considerable de sedimentos en su fondo desde 1987 hasta 2023, alcanzando aproximadamente 137,851.74 m³ en dicho período.
- A pesar de la acumulación de sedimentos, el porcentaje de sólidos retenidos en comparación con el volumen de almacenamiento de la presa es mínimo, alrededor del 0.17%, esto indica que la presa aún tiene una capacidad significativa para acumular más sedimentos antes de afectar su funcionalidad.
- Aunque la cantidad de sedimentos retenidos ha aumentado desde 2016 hasta la actualidad (2023), el incremento no fue tan pronunciado como en el período anterior (1987), lo que podría indicar un cambio en las condiciones ambientales o de manejo del agua.
- La investigación realizada en esta tesis tiene implicaciones significativas para el manejo sostenible del recurso hídrico en la provincia de Cangallo, departamento de Ayacucho, y podría servir como base para el diseño de estrategias de gestión del agua en otras presas y cuerpos de agua similares y también para futuras investigaciones o proyectos que busquen mejorar la gestión del agua en otras presas, contribuyendo así a la sostenibilidad del recurso hídrico en la región.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar imágenes satelitales y datos de sensores remotos para complementar el análisis de batimetría y obtener una visión más amplia de la dinámica del agua en la presa Cuchoquesera, de esta manera se puede tener un análisis más detallado sobre el estado actual de la presa.
- Se recomienda emplear modelos numéricos que simulen el flujo del agua en la presa y su entorno para evaluar diferentes escenarios y optimizar la gestión hídrica.
- Se recomienda Incorporar datos climáticos históricos y proyectados para entender mejor las tendencias y patrones de precipitación, y de esta forma mejorar la gestión del agua en función de la variabilidad climática, si se quiere realizar un análisis sobre el impacto del clima de la presa Cuchoquesera.
- Se recomienda considerar un enfoque holístico que tome en cuenta los servicios ecosistémicos proporcionados por la presa y sus alrededores, promoviendo la conservación y restauración de los ecosistemas acuáticos.
- Se recomienda realizar charlas a la población local y a los usuarios del agua en el proceso de toma de decisiones, para promover el compromiso y la comprensión de la importancia de una gestión sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Ampudia Miguel. (2014). *Los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) del futuro - Revista ProActivo*. Revista ProActivo. <https://proactivo.com.pe/los-estudios-de-impacto-ambiental-eia-del-futuro/>
- Alburquerque, M., Jessica Fernandes Ramos, Marchena, C., y Ramírez, E. (2021). *Gestión y estudio evolutivo del agua para el desarrollo sostenible de la región Piura, Perú*. 3(3), 109–122. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2021.03.008>
- Arias, F. (2006). *El proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica*. Caracas, Editorial Episteme.
- Astudillo, F., Yañez, I., López, J., Parra, R., y Torres, D. (2019). Desarrollo de una interfaz para el cálculo de los niveles de profundidad en cuerpos de agua a través de batimetría (TOLTECA). *Journal of Technology and Innovation*, 15–21. <https://doi.org/10.35429/jti.2019.19.6.15.21>
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la Investigación*. México, D.F., Pearson educación.
- Biobío, R., Rosendo, S., Región, D., Fotografía, & Seebach, N. (n.d.). *Gestión del agua*. <https://snia.mop.gob.cl/sad/Atlas2016parte4.pdf>
- Carhuallanqui Jorge Alberto. (2023, May 13). *Piden declarar en emergencia presa Cuchoquesera para garantizar agua para el consumo y el agro en Ayacucho*.
- Conti, L., Reitz, A., Kruger, F., Vitoria Sapia Guerra, y Eudes José Arantes. (2020). *Análise do acúmulo de sedimentos por batimetria em lagoa facultativa no município de Campo Mourão/PR*. 11(1), 177–183. <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2020.001.0017>

- De La Cruz Márquez, L. (2022). *Propuesta de riego por aspersión, para optimizar el canal alimentador de la presa Cuchoquesera, Chuschi, Cangallo, Ayacucho - 2022*. Perú.
- Egoavil, R., y Rojas C. (2023). Análisis hidrológico de la regulación del Río Quiroz con una represa como alternativa para incrementar la vida útil del embalse Poechos, Piura. *Upc.edu.pe*. <http://hdl.handle.net/10757/667806>
- Espinoza T., y Pizarro L. (2022). Medición volumétrica del material sedimentado aplicando la Ecosonda South y GPS diferencial en el embalse 01 Quicapata. Ayacucho - 2022. *Ucv.edu.pe*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/97206>
- Fernández, I. (2018). Determinación de las variaciones superficiales y volumétricas de la Laguna del Laja en el período septiembre 2007 - septiembre 2018. *Udec.cl*. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/3298>
- Fuentes, P. (2018). Evaluación de alternativas de reducción del volumen para almacenamiento de sedimentos aportantes a embalses de riego mayores. Aplicación a un caso en Chile. *Uchile.cl*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170041>
- Granda, Z. (2020). Análisis para la implementación de ecosonda interferométrica para obtención de datos batimétricos en aguas someras. *Aquadocs.org*. <http://hdl.handle.net/1834/42219>
- Gestion Ambiental. (2023, 5 de junio). *EMBALSES*. *Blogspot.com*. <http://introducciongestionambientalembaleses.blogspot.com/2012/11/1.html>
- Hell, B. (n.d.). *Mapping bathymetry From measurement to applications*. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:415311/FULLTEXT01.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.

- Hidalgo R. (2019). Diseño hidrológico - hidráulico para pequeñas presas en cuencas no aforadas, usando el modelo de precipitación - escurrimiento de Témez, mediante geoprocesamiento SIG y modelamiento numérico. Un enfoque hacia la realidad peruana: Caso Vilcanchos, Ayacucho. Pucp.edu.pe. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/13219>
- Mallar, M. Á. (2010). La Gestión por Procesos: un enfoque de gestión eficiente. *Visión de Futuro*, 13(1). http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-87082010000100004
- Maza, H. (2021). Estudio batimétrico Multihaz, sobre el canal de acceso al puerto de Barranquilla sobre la Hidrovía río Magdalena. *Uan.edu.co*. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/5190>
- Moreno, N., & César Jiménez. (2021). *Modelado Numérico del Maremoto de Lambayeque 1960 (7.6 Mw)*. <https://doi.org/10.15381/rif.v21i2.20235>
- Morales, F., Ujpan, D., & Valiente, S. (2018). *Batimetría y análisis morfométrico del lago de Atitlán (Guatemala)*. 27(2), 48–58. <https://doi.org/10.54495/rev.cientifica.v27i2.70>
- Ortiz Arenas, A. L., Ruiz Ochoa, M., & Rodríguez Miranda, J. P. (2017). Planificación y gestión de los recursos hídricos: una revisión de la importancia de la variabilidad climática. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 9(1). <https://doi.org/10.22335/rlct.v9i1.401>
- Perales A., y Gamarra M. (2023). *El estado de la sedimentación en los embalses del Valle Central de Tarija*. 47, 1–23. <https://doi.org/10.33414/rtyc.47.1-23.2023>
- Quevedo Cristhian. (n.d.). *“Evolución de la sedimentación en el embalse tinajones” escuela profesional de ingeniería agrícola facultad de ingeniería agrícola.*

<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/4473/BC-TES-TMP-3295.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Riquelme, J. (2021). Análisis técnico-económico de un embalse de riego con derechos eventuales en la cuenca del Río Perquilauquén. *Uchile.cl*.
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/182795>

Rodrigues, S., Cunha, D., & Carmelo, M. (2019). *Estudo batimétrico da represa do dmae e utilização de geotecnologias para análise da ocupação do entorno*.
<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/25799/4/EstudoBatim%C3%A9tricoRepresa.pdf>

Rojas, C. (2021). Estudio hidrodinámico de las ondas internas en un fiordo utilizando un método numérico. *Uchile.cl*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/182043>

Parella Stracuzzi, S., & Martins Pestana, F. (2006). *Metodología de la Investigación Cuantitativa* (2da ed.). Fedupel

Prieto S. y Lizama A. (2021). Estudio hidrodinámico y de calidad de agua en la profundidad de la Laguna Carén. *Uchile.cl*.
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/181478>

Siqueira, C., Andre, Campana L., Soares, E., Isidória, M., dos, D., & Anderson. (2020). *Avaliação de métodos de interpolação em dados de batimetria na barragem do rio Poxim-Açu – SE*. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7755>

Sociedad, U. (2016). <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v9n1/rus26117.pdf>

Vásquez, V. (2013). La gestiona del agua, como elemento estructurante del territorio. *Revista AUS*, 13, 34–37.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281728995009>

Yali, M. (2018). Modelo de erosión Rusle y coeficiente de aporte de sedimentos (SDR) para la estimación del volumen muerto de reservorios, caso de estudio: reservorio Gallito Ciego. *Unmsm.edu.pe*. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/10078>

ANEXOS**ANEXO 1. PANEL FOTOGRÁFICO****Figura 42**

Margen de la Presa Cuchoquesera



Fuente: Elaboración propia

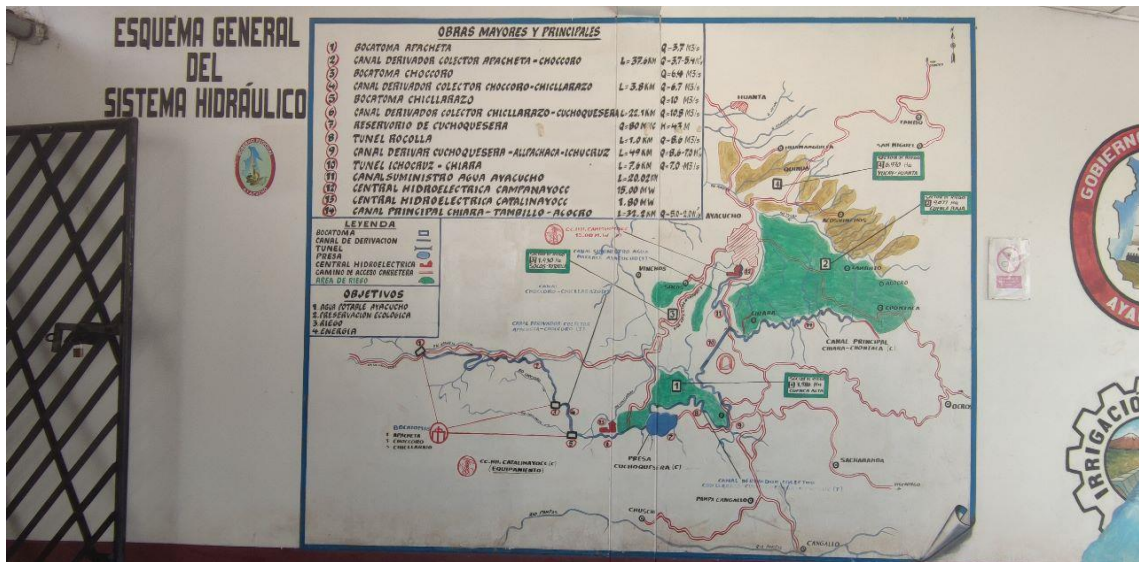
Figura 43

Embarcación en la presa Cuchoquesera



Fuente: Elaboración propia

Figura 44
Esquema del Sistema Hidráulico



Fuente: Elaboración propia

Figura 45
Colmatación fuera de la Presa



Fuente: Elaboración propia

Figura 46
Estación Meteorológica



Fuente: Elaboración propia

Figura 47
Toma de Fondo



Fuente: Elaboración propia

Figura 48
Personal Técnico para el estudio de la Batimetría



Fuente: Elaboración propia

Figura 49
Equipos de seguridad e instrumentos de medición



Fuente: Elaboración propia

Figura 50
Panorama del margen de la presa



Fuente: Elaboración propia

Figura 51
Situación de un de margen de la presa



Fuente: Elaboración propia

Figura 52
Insignia de propiedad del estado



Fuente: Elaboración propia

Figura 53
Calibración de los equipos



Fuente: Elaboración propia

Figura 54
Calibración de los equipos para batimetría



Fuente: Elaboración propia

Figura 55

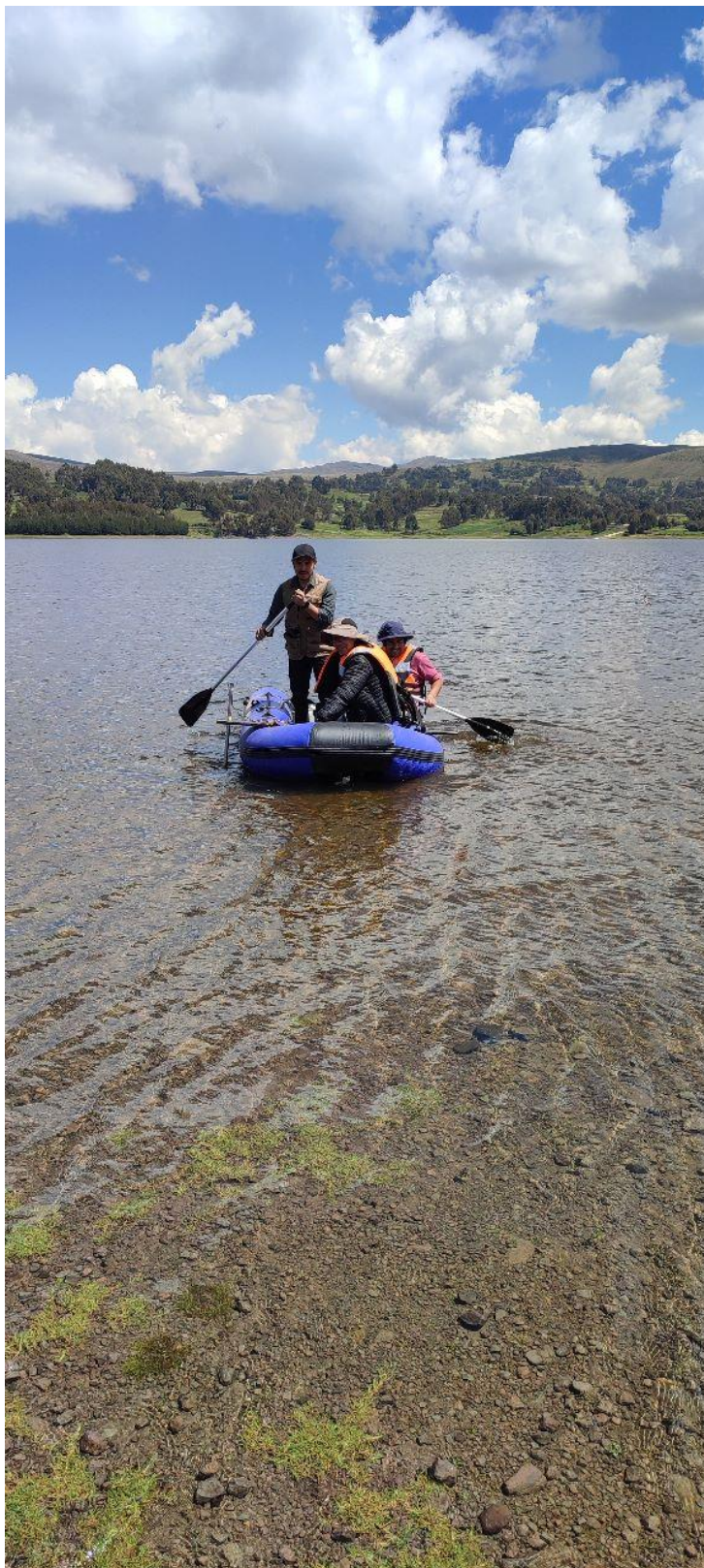
Equipo de trabajo para la obtención de datos batimétricos



Fuente: Elaboración propia

Figura 56

Inicio del viaje hacia el punto central donde se realizará la batimetría



Fuente: Elaboración propia

Figura 57
Sedimentación en el margen de la presa



Fuente: Elaboración propia

Figura 58
Sedimentación en otro punto del margen de la presa



Fuente: Elaboración propia

Figura 59

Instrumento para el cálculo de altura del espejo del agua



Fuente: Elaboración propia

Figura 60
Prospección batimétrica



Fuente: Elaboración propia

Figura 61
Retorno después de la prospección batimétrica



Fuente: Elaboración propia

Figura 62

Retorno del levantamiento batimétrico con el equipo de trabajo



Fuente: Elaboración propia

Figura 63
Verificación del estado de los equipos



Fuente: Elaboración propia

Figura 64
Ubicación de los puntos geodésicos



Fuente: Elaboración propia

Figura 65
Hito para la ubicación de los puntos geodésicos



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2. EQUIPOS DE TRABAJO

EQUIPO: SONDA 72CV GARMIN

SONDA	
ASPECTOS	DESCRIPCIÓN
SONDA DE DOBLE FRECUENCIA (50/200KHZ) CAPAZ	Sí
SONDA DE DOBLE HAZ (77/200 KHZ) CAPAZ	Sí
BLOQUEO INFERIOR (MUESTRA EL RETORNO DE ABAJO HACIA ARRIBA)	Sí
REGISTRO DE TEMPERATURA DEL AGUA Y GRÁFICO	Sí
TECNOLOGÍA DE SONDA CHIRP	INCORPORADO
CLEARVŪ	CHIRP INTEGRADO
PROFUNDIDAD MÁXIMA	701.04 m en agua dulce
	335.28 m en agua salada
	Las profundidades máximas dependerá de la turbidez
GRABACIONES DE SONDA	Sí
SONAR HISTORY REWIND	Sí
NÚMEROS DE PIN DEL TRANSDUCTOR	6
ADMITE AIS (RASTREA LA POSICIÓN DE LOS BARCOS OBJETIVO)	Sí
ADMITE DSC (MUESTRA DATOS DE POSICIÓN DE RADIO VHF CON CAPACIDAD DSC)	Sí
ADMITE RADIOS COMPATIBLES CON FUSION-LINK	Sí
CARACTERÍSTICAS ADICIONALES	Serie ECHOMAP Plus 7x/9x
	Serie GPSMAP 527/547
	Serie GPSMAP 527xs/547xs
	Serie GPSMAP 721/741
	Serie GPSMAP 721xs/741xs
	Serie GPSMAP 7400/7600
	Serie GPSMAP 7400xsv/7600xsv
	Serie GPSMAP 8000
800/1000	



EQUIPO: BATERIA RECORD RT 158

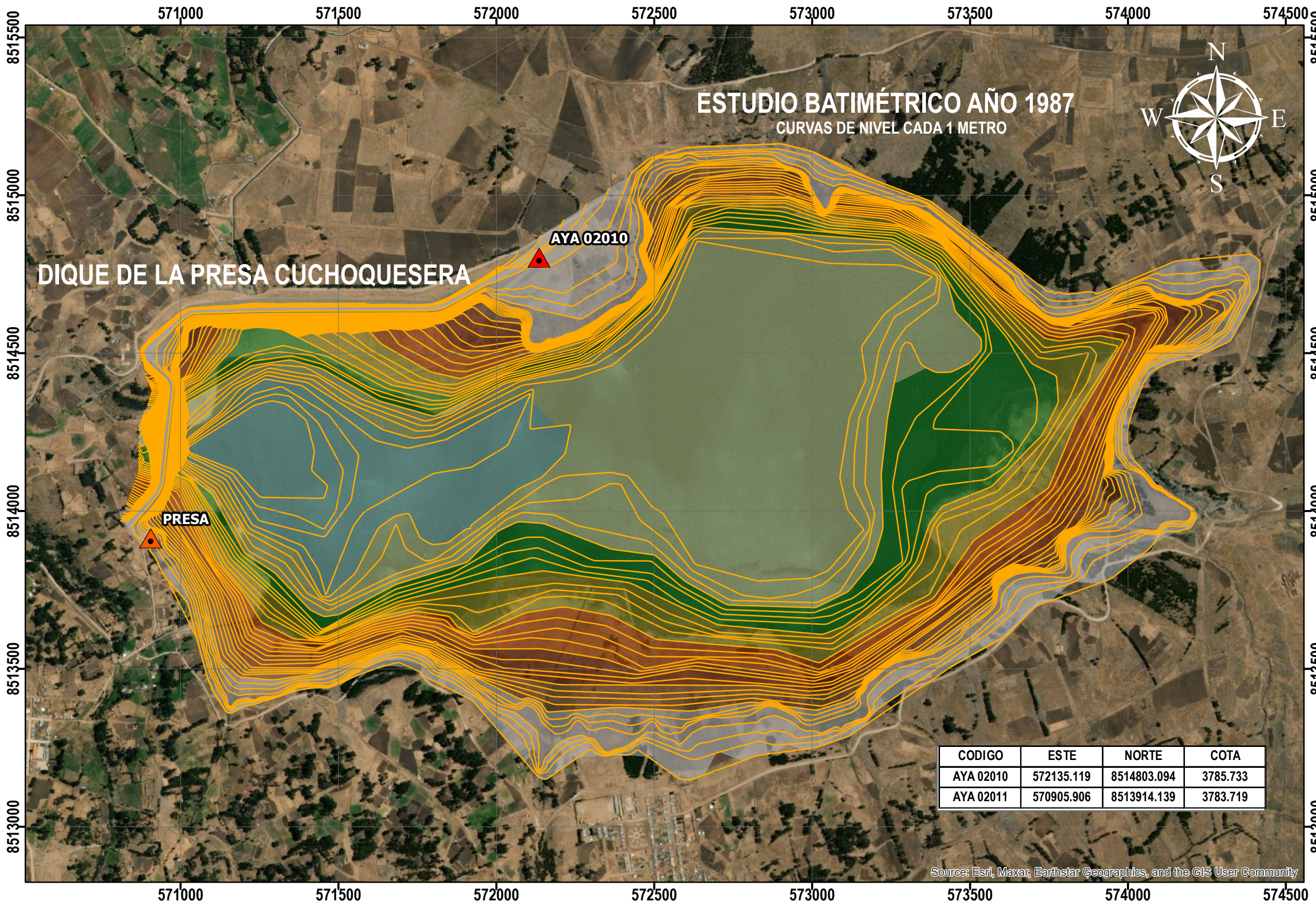
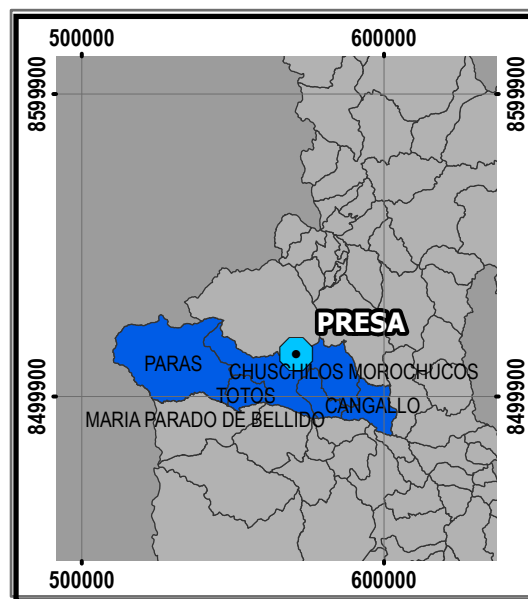
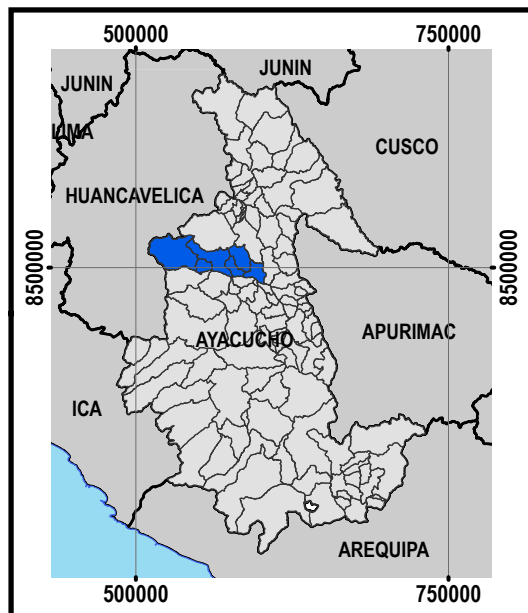
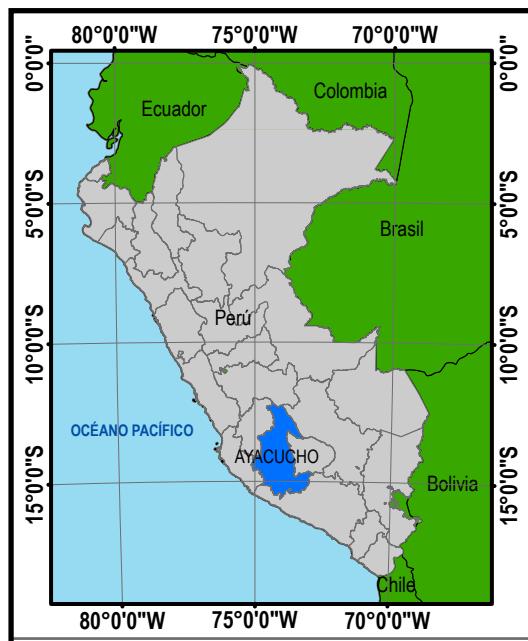
BATERIA	
ASPECTOS	DESCRIPCIÓN
CAP. NOMINAL	158AH
CAP. RESERVA	225 min
CCA(-17.8 C)	96 amp
CA (0)	1350 amp
CA (22)	1449 amp
MODELO	RT 158
NUMERO DE PLACAS	21 placas



EQUIPO: BOTE INFLABLE GRAVITAL

BOTE	
ASPECTOS	DESCRIPCIÓN
LONGITUD	3.60 m
ANCHO	1.75 m
MATERIAL	PVC Y LONA
NUMERO DE ASIENTOS	2 Filas
AFORO DE PASAJERO	6 Personas
MODELO	GRAVITAL
PESO	480 Kg





CODIGO	ESTE	NORTE	COTA
AYA 02010	572135.119	8514803.094	3785.733
AYA 02011	570905.906	8513914.139	3783.719

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

LEYENDA

MODELO DIGITAL DE ELEVACION Cotas

	3742 - 3746		3734 - 3738		3726 - 3730		3718 - 3722
	3746 - 3750		3738 - 3742		3730 - 3734		3722 - 3726
							3714 - 3718



NOMBRE DEL PROYECTO:
"OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA MEDIANTE EL ANÁLISIS INTEGRADO DE LA BATIMETRÍA Y EL VOLUMEN MUERTO EN LA PRESA CUCHOQUESERA PROVINCIA DE CANGALLO, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, 2023"

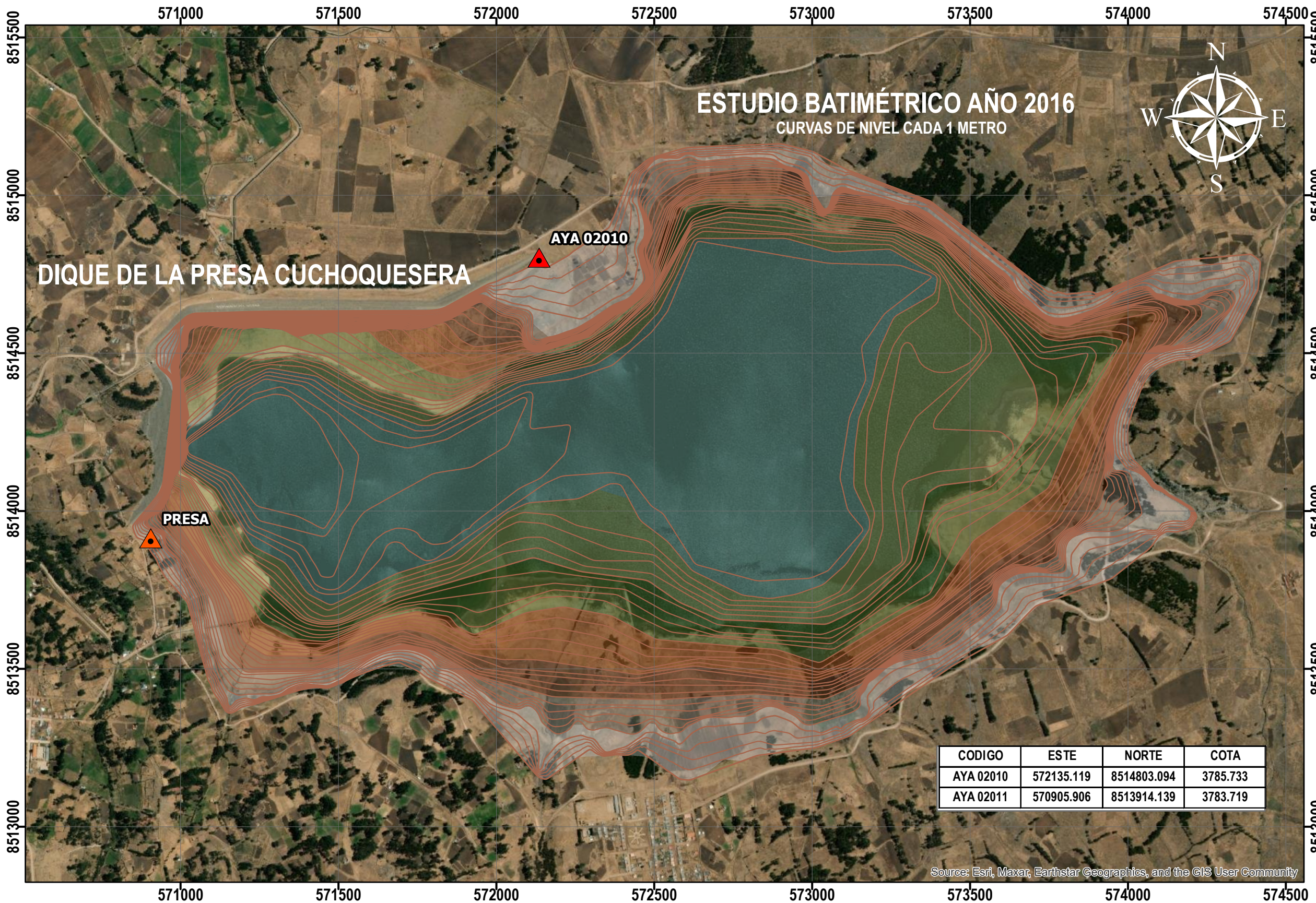
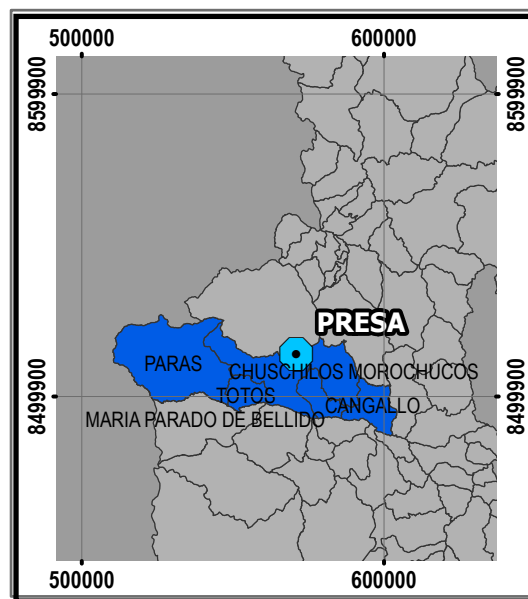
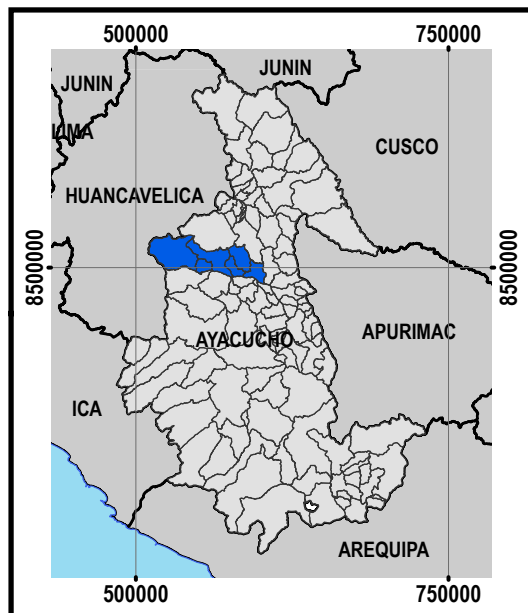
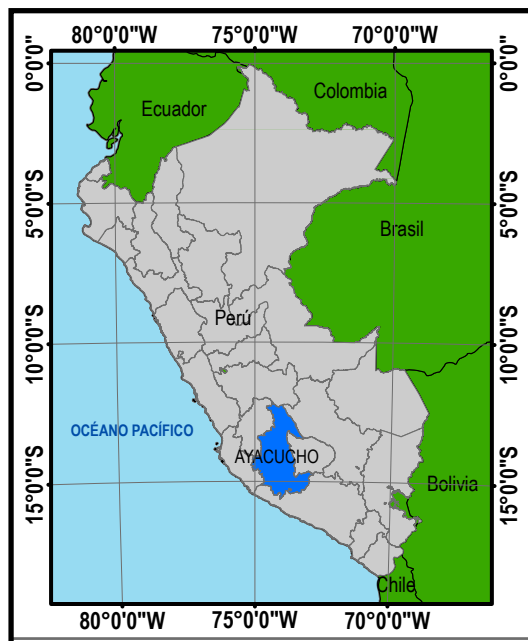
UBICACIÓN
DISTRITO: VARIOS
PROVINCIA: CANGALLO
REGIÓN: AYACUCHO

TESISTA
Bach. LITMAN ALFARO PILLIHUAMAN

PLANO:
PLANO BATIMETRICO 1987 CUCHOQUESERA

SISTEMA DE COORDENADAS
PROYECCIÓN: UTM
ZONA: 18 Sur
COORDENADAS: UTM-84

ESCALA
INDICADA
FECHA:
01/09/2023



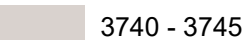
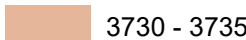
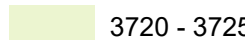
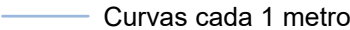
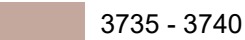
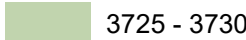
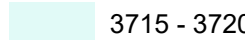
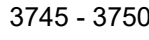
ESTUDIO BATIMÉTRICO AÑO 2016
CURVAS DE NIVEL CADA 1 METRO

DIQUE DE LA PRESA CUCHOQUESERA

CODIGO	ESTE	NORTE	COTA
AYA 02010	572135.119	8514803.094	3785.733
AYA 02011	570905.906	8513914.139	3783.719

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

LEYENDA

MODELO DIGITAL DE ELEVACION	Curvas de nivel	Cota	 3740 - 3745	 3730 - 3735	 3720 - 3725
	 Curvas cada 1 metro		 3735 - 3740	 3725 - 3730	 3715 - 3720
			 3745 - 3750		



NOMBRE DEL PROYECTO:
"OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA MEDIANTE EL ANÁLISIS INTEGRADO DE LA BATIMETRÍA Y EL VOLUMEN MUERTO EN LA PRESA CUCHOQUESERA PROVINCIA DE CANGALLO, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, 2023"

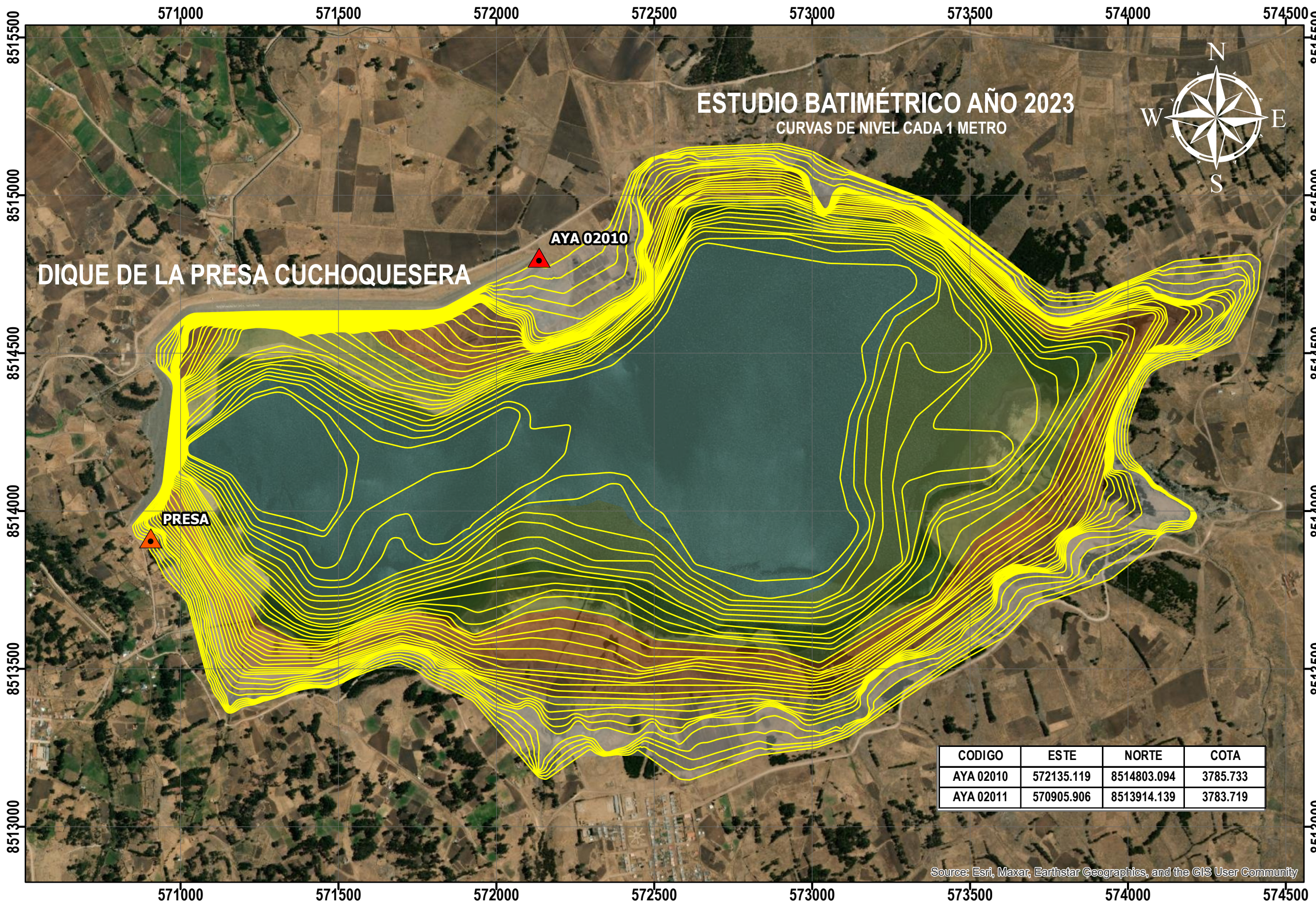
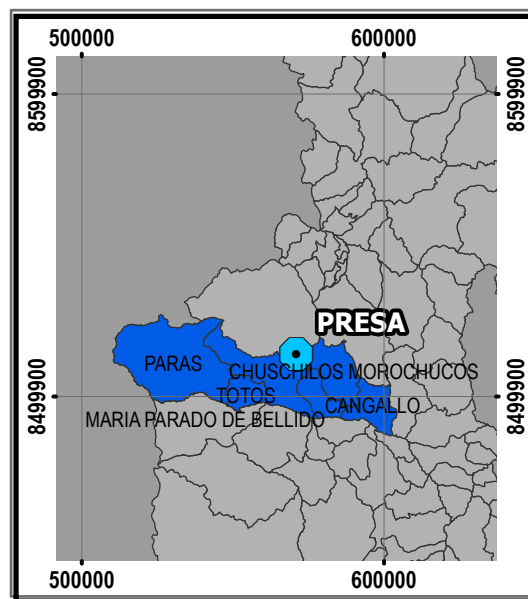
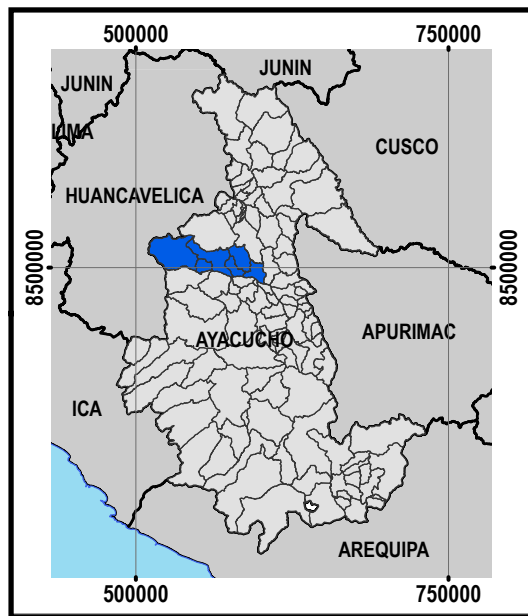
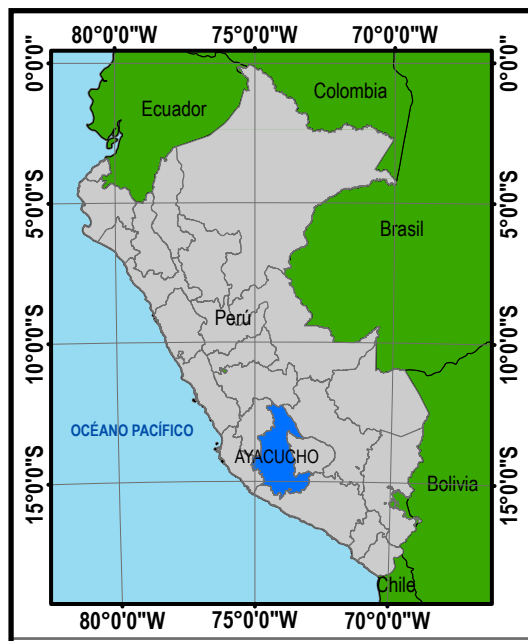
UBICACIÓN
DISTRITO: VARIOS
PROVINCIA: CANGALLO
REGIÓN: AYACUCHO

TESISTA
Bach. LITMAN ALFARO PILLIHUAMAN

PLANO:
PLANO BATIMETRICO 2016 CUCHOQUESERA

SISTEMA DE COORDENADAS
PROYECCIÓN: UTM
ZONA: 18 Sur
COORDENADAS: UTM-84

ESCALA
INDICADA
FECHA:
01/09/2023



ESTUDIO BATIMÉTRICO AÑO 2023
CURVAS DE NIVEL CADA 1 METRO

DIQUE DE LA PRESA CUCHOQUESERA

AYA 02010

PRESA

CODIGO	ESTE	NORTE	COTA
AYA 02010	572135.119	8514803.094	3785.733
AYA 02011	570905.906	8513914.139	3783.719

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

LEYENDA

MODELO DIGITAL DE ELEVACION Curvas

— Curvas cada 1 metro

Cota

3740.086 - 3745.043	3730.171 - 3735.129	3720.257 - 3725.214
3745.043 - 3750	3735.129 - 3740.086	3725.214 - 3730.171
		3715.3 - 3720.257



NOMBRE DEL PROYECTO:
"OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA MEDIANTE EL ANÁLISIS INTEGRADO DE LA BATIMETRÍA Y EL VOLUMEN MUERTO EN LA PRESA CUCHOQUESERA PROVINCIA DE CANGALLO, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, 2023"

UBICACIÓN
DISTRITO: VARIOS
PROVINCIA: CANGALLO
REGIÓN: AYACUCHO

TESISTA
Bach. LIT MAN ALFARO PILLIHUAMAN

PLANO:
PLANO BATIMETRICO 2023 CUCHOQUESERA

SISTEMA DE COORDENADAS
PROYECCIÓN: UTM
ZONA: 18 Sur
COORDENADAS: UTM-84

ESCALA
INDICADA
FECHA:
01/09/2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 070-2023-FIMGC

En la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 345-2023-FIMGC-D**, siendo cuatro días del mes de setiembre del 2023, a horas 9:30 am.; se reunieron los jurados del acto de sustentación, en el Auditorium virtual google meet del Campus Universitario de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Siendo el Jurado de la sustentación de tesis compuesto por el presidente el **Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**, Jurado el **Mg. Ing. Edward LEON PALACIOS**, Jurado el **Ing. Edwin Carlos GARCIA SAEZ**, Jurado - Asesor el **MSc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO** y secretario del proceso el **Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**, con el objetivo de recepcionar la sustentación de la tesis denominada titulado: “**OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA MEDIANTE EL ANÁLISIS INTEGRADO DE LA BATIMETRÍA Y EL VOLUMEN MUERTO EN LA PRESA CUCHOQUESERA PROVINCIA DE CANGALLO, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, 2023**”; presentado por el/la Sr./Srta., **LITMAN ALFARO PILLIHUAMAN**, Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil.

El Jurado luego de haber recepcionado la sustentación de la tesis y realizado las preguntas, el sustentante al haber dado respuesta a las preguntas, y el Jurado haber deliberado; califica con la nota aprobatoria de **16 (dieciséis)**.

En fe de lo cual, se firma la presente acta, por los miembros integrantes del proceso de sustentación.



Firmado digitalmente por Dr.
Ing. Efraín Elías Porras Flores
Fecha: 2023.09.05 18:46:10
-05'00'

Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES
Presidente

Mg. Ing. Edward LEON PALACIOS
Jurado

MSc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO
Jurado Asesor

Ing. Edwin Carlos GARCIA SAEZ
Jurado

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR
Secretario del Proceso
Departamento Académico de Matemática y Física



C.c.:
Bach. LITMAN ALFARO PILLIHUAMAN
Jurados (4)
Archivo



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 066-2023-FIMGC

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, en segunda instancia para las **Escuelas Profesionales** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 288-2023-FIMGC-UNSCH-D**, deja constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : ALFARO PILLIHUAMAN, Litman
Escuela Profesional : INGENIERÍA CIVIL
Título de la Tesis : OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA MEDIANTE EL ANÁLISIS INTEGRADO DE LA BATIMETRÍA Y EL VOLUMEN MUERTO EN LA PRESA CUCHOQUESERA PROVINCIA DE CANGALLO, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, 2023
Evaluación de la Originalidad : 05 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 2153533112

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 29 de agosto del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR

Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
Departamento Académicos de Matemática y Física



Con depósito para Sustentación y Tramites
Cc. Archivo.

OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA MEDIANTE EL ANÁLISIS INTEGRADO DE LA BATIMETRÍA Y EL VOLUMEN MUERTO EN LA PRESA CUCHOQUESERA PROVINCIA DE CANGALLO, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	www.cidob.org Fuente de Internet	1%
4	www.mades.gov.py Fuente de Internet	1%
5	1library.co Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1%
7	livrosdeamor.com.br Fuente de Internet	<1%

8	Fuente de Internet	<1 %
9	fr.ircwash.org Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.udec.cl Fuente de Internet	<1 %
11	labor.org.pe Fuente de Internet	<1 %
12	santafe.gov.ar Fuente de Internet	<1 %
13	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
14	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Trabajo del estudiante	<1 %
16	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	www.theibfr.com Fuente de Internet	<1 %

