



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

“SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA EN  
EL CONTROL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN  
EL RÍO MOQUEGUA, 2021”.

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Electrónico**

**Autor:**

Luis Carlos Fernandez Ravelo

**Asesor:**

Ing. Pedro Gilmer Castillo Domínguez  
<https://orcid.org/0000-0002-6003-1701>

Trujillo - Perú

2023

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Rolando Javier Berrú Beltran</b>	<b>46689839</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Marcelino Torres Villanueva</b>	<b>17865408</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Edwin Raul Mendoza Torres</b>	<b>18176210</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### INFORME FINAL PARA PRESENTACION DE TESIS

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>7</b> %	<b>5</b> %	<b>2</b> %	<b>4</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Trabajo del estudiante	<b>2</b> %
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1</b> %
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>4</b>	<b>geox.udistrital.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>5</b>	<b>repository.unipiloto.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>6</b>	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>7</b>	<b>repositorio.continental.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>8</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres, por seguir confiando en mí, creyendo fielmente en el rigor que aplico en mi formación, con la esperanza de forjarme como un hombre de bien y un elemento importante para el desarrollo de esta sociedad.

Luis Carlos Fernández Ravelo.

## AGRADECIMIENTO

A mis padres, a mis familiares, a la memoria de mi abuelo y a mis maestros, por el apoyo que me prestan en el cumplimiento de mis objetivos profesionales. A mis docentes universitarios, por tener la capacidad de impartir conocimientos de una manera tan didáctica que a lo largo del tiempo dejará una huella imborrable.

Luis Carlos Fernández Ravelo.

## Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR .....	2
INFORME DE SIMILITUD .....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	9
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT .....	12
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	13
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Formulación del problema .....	40
1.3. Objetivos .....	40
1.4. Hipótesis.....	41
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	42
CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	55
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	77
REFERENCIAS .....	83
ANEXOS.....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Matriz de operacionalización.....	44
<i>Tabla 2.</i> Baremos de la variable: Control de la contaminación ambiental .....	45
<i>Tabla 3.</i> Baremos de la dimensión: Trabajo de pre campo .....	45
<i>Tabla 4.</i> Baremos de la dimensión: Trabajo de campo .....	46
<i>Tabla 5.</i> Valoración de las relaciones .....	46
<i>Tabla 6.</i> Variable dependiente: Control de la contaminación ambiental (pre test).....	55
<i>Tabla 7.</i> Dimensión: Trabajo de pre campo (pre test).....	58
<i>Tabla 8.</i> Dimensión: Trabajo de campo (pre test).....	60
<i>Tabla 9.</i> Variable dependiente: Control de la contaminación ambiental (post test) .....	62
<i>Tabla 10.</i> Dimensión: Trabajo de pre campo (pos test) .....	63
<i>Tabla 11.</i> Dimensión: Trabajo de campo (post test) .....	65
<i>Tabla 12.</i> Resumen de la medición del pre test,.....	67
<i>Tabla 13.</i> Resumen de la medición del post test .....	68
<i>Tabla 14.</i> Resumen de la diferencia entre el pre test y el post test .....	69
<i>Tabla 15.</i> Prueba de normalidad .....	70
<i>Tabla 16.</i> Estadística de muestras emparejadas .....	71
<i>Tabla 17.</i> Correlaciones de muestras emparejadas .....	71
<i>Tabla 18.</i> Prueba t para muestras relacionadas del Pre y post test del Control de contaminación ambiental.....	72
<i>Tabla 19.</i> Estadísticas de muestras emparejadas.....	73
<i>Tabla 20.</i> Correlaciones de muestras emparejadas .....	73
<i>Tabla 21.</i> Prueba t para muestras relacionadas del Pre y post test de la etapa trabajo de pre campo.	

..... 73

*Tabla 22.* Estadística de muestras emparejadas ..... 75

*Tabla 23.* Correlaciones de muestras emparejadas ..... 75

*Tabla 24.* Prueba de muestras emparejadas de la variable Control de contaminación ambiental. 75

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Arquitectura del transmisor Liquisys M CPM223/253 .....	28
<i>Figura 2.</i> Transmisor de temperatura Pt100 TRT series.....	29
<i>Figura 3.</i> DFR0300 Sensor de conductividad Eléctrica .....	30
<i>Figura 4.</i> Sensor para la medición de oxígeno disuelto Oxymax COS61 .....	31
<i>Figura 5.</i> Subsistema de captura de datos.....	32
<i>Figura 6.</i> Subsistema de captura de datos.....	34
<i>Figura 7.</i> Base de datos pre test .....	49
<i>Figura 8:</i> Aplicación del pretest .....	50
<i>Figura 9:</i> Diagrama de bloques de los pasos realizados para el trabajo pre campo .....	51
<i>Figura 10:</i> Diagrama de bloques de los pasos realizados para el trabajo de campo .....	51
<i>Figura 11:</i> Base de datos pos test .....	53
<i>Figura 12.</i> Control de la contaminación ambiental (pre test) .....	57
<i>Figura 8.</i> Dimensión Trabajo de precampo (pre test).....	59
<i>Figura 14.</i> Dimensión: Trabajo de campo (pre test).....	61
<i>Figura 15.</i> Variable dependiente: Control de la contaminación ambiental (post test) .....	63
<i>Figura 11.</i> Dimensión trabajo de precampo (post test).....	64
<i>Figura 12.</i> Dimensión: Trabajo de campo (post test) .....	66

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Diseño pre experimental.....	42
--	----

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se planteó como objetivo establecer la influencia de un sistema de monitoreo de calidad de agua en el control de la contaminación ambiental del río Moquegua. Metodológicamente fue de tipo de estudio fue pre-experimental, con una muestra censal constituida por los 7 especialistas encargados de realizar el monitoreo de calidad de agua que laboran en la Institución "Autoridad Local del Agua" (ALA), en Moquegua. Asimismo, para la recolección de los datos se utilizó el Cuestionario de Control de la Contaminación Ambiental y para el análisis de datos se hizo uso del software estadístico IBM SPSS Statistics 25, y la prueba T de Student.

Las dimensiones de la variable "Control de contaminación ambiental" fueron: el trabajo de pre-campo y el trabajo de campo; las dimensiones de la variable "Sistema de monitoreo de calidad del agua" fueron: subsistema de captación de datos, subsistema de transmisión de datos y subsistema de visualización del usuario. Los resultados obtenidos pusieron en evidencia que el sistema de monitoreo de calidad del agua permite mejorar la eficacia en el procedimiento del control de la contaminación ambiental del agua del río Moquegua. Atendiendo a lo indicado, se puede llegar a la conclusión, que los sistemas de monitoreo de calidad del agua permiten a las autoridades fiscalizadoras ambientales, optimizar el procedimiento del control de la contaminación ambiental en el agua del río Moquegua.

**PALABRAS CLAVES:** *Sistema de monitoreo de calidad del agua, control de la contaminación ambiental, sistema automatizado.*

## ABSTRACT

The objective of this research work was to establish the influence of a water quality monitoring system in the control of environmental pollution of the Moquegua River. Methodologically, it was a pre-experimental type of study, with a census sample made up of the 2 specialists in charge of monitoring water quality who work at the "Local Water Authority" Institution (ALA), in Moquegua. Likewise, the Environmental Pollution Control Questionnaire was used for data collection and the statistical software IBM SPSS Statistics 25 and the Student's T test were used for data analysis.

The dimensions of the variable "Environmental contamination control" were: pre-field work and field work; the dimensions of the variable "Water quality monitoring system" were: data collection subsystem, data transmission subsystem and user visualization subsystem. The results obtained showed that the water quality monitoring system allows to improve the efficiency in the control procedure of the environmental contamination of the water of the Moquegua river. Based on the above, it can be concluded that the water quality monitoring systems allow the environmental control authorities to optimize the procedure for controlling environmental pollution in the water of the Moquegua River.

**Keywords:** *Water quality monitoring system, environmental pollution control, automated system.*

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Si de algo se ha caracterizado el crecimiento de la humanidad en las últimas décadas, es en su dominante industrialización (Suárez y Molina, 2014), pues fue a través de esta actividad que las principales potencias mundiales alcanzaron un crecimiento económico sin precedentes, que además ha contribuido al desarrollo de la ciencia y de las nuevas tecnologías, que permitiendo mejorar la calidad de vida de la población en general (CEPAL, s. f.); sin embargo, una industrialización desmedida puede provocar alteraciones en el ecosistema, como ya fue previsto desde 1992 en la "Cumbre de la Tierra", donde se señaló la importancia de buscar un desarrollo sostenible para la humanidad, capaz de dar prioridad a la preservación y sostenibilidad ambiental (Earth Council et al., 2002), sin embargo, este principio no ha sido interiorizado por las grandes industrias, que en su afán de acelerar su ritmo de ganancias, han tomado decisiones que muchas veces atentan contra la conservación del entorno, debido a lo cual se vienen produciendo diversas modalidades de contaminación, dentro de las cuales es probablemente la contaminación de cuerpos líquidos la más destacada y perjudicial, lo que se evidencia en que los factores ambientales vienen influyendo en el 80% de las enfermedades estudiadas en la OMS.

Asimismo, parece ser que por tratarse de un problema cuyas máximas consecuencias aún no son visibles para la mayoría de personas, no se le está abordando con la rigurosidad que amerita, motivo por el cual Bruyninckx (2019) citado por la Agencia Europea de Medio Ambiente (2020), destacó la importancia que tiene la adopción de políticas medioambientales inmediatas en pro de garantizar la sostenibilidad ambiental y una economía circular, siendo este un problema real, pues actualmente el cumplimiento de metas de conservación ambiental solo llega al 20%, como se aprecia de manera tangible en los niveles de contaminación del agua en

zonas aledañas a centros de extracción de materia prima, donde los novedosos avances en nuevas tecnologías, estas no se están incorporando al sistema de control encargado de velar por la preservación del recurso hídrico, por lo que se vienen registrando alrededor de 400 000 muertes prematuras anuales en Europa. Por lo antedicho es que, la industrialización a través de la extracción masiva de recursos y su subsecuente contaminación viene afectando la calidad del agua en zonas aledañas a la actividad en cuestión, asimismo, en varios países como el Perú no existen adecuados sistemas para monitorear la preservación de adecuados niveles de calidad de agua; pues en la misma normativa de protocolo de monitoreo de calidad de agua se puede apreciar que se hace uso de un proceso manual de recojo muestras, traslado y análisis de laboratorio, donde todo el trabajo es realizado sin el uso de herramientas electrónicas, siendo esta una situación bastante mejorable gracias al empleo de tecnologías como el PLC.

Esta situación problemática es palpable a nivel internacional, como se aprecia en Chile, donde Maisa Rojas, coordinadora del Comité Científico COP25 y experta en cambio climático, reconoce que a pesar de Chile a nivel mundial el décimo país con mayor territorio marítimo y si solo se considera a los países de Latinoamérica, es el que más territorio marítimo tiene, solamente cuenta con menos de 10 boyas oceanográficas costeras equipadas con sensores que recogen datos de la superficie del mar, por lo que tienen una data prácticamente nula de la superficie de su océano (Yáñez, 2019). Asimismo, Meza (2009) reconoce que, en Chile no cuentan con un sistema de monitoreo integrado de calidad de agua coordinado con escala de cuenca, sino con programas varios llevados de manera independiente por varios organismos públicos y empresas privadas, que generalmente se abocan a la evaluación del impacto de actividades humanas; además sus mediciones de calidad de agua en zonas aledañas a actividades de extracción se realiza de manera similar que la peruana, como lo ejemplifica la empresa Kinross Gold (2018), a través de la toma manual de muestra de agua para su posterior

análisis en laboratorio, apreciándose la falta de sistemas automatizados para este proceso.

De manera similar, en México la norma vigente que regula el protocolo para el muestreo de aguas residuales es clara al señalar que, este procedimiento se efectuará a través de la toma de muestras para su posterior análisis en laboratorio (Secretaría de economía de los Estados Unidos Mexicanos, 2016), quedando en evidencia la inexistencia de un sistema de monitoreo tecnificado regular, pues básicamente el país mexicano basa su control de calidad de agua en una toma muestral periódica, programada (Comisión Nacional del Agua - México, s. f.). A favor del país mexicano está el manejo de su base de datos llamada Sistema de Información Geográfica (SIG), en la que recaban la data de las mediciones de agua de todo el estado (Zamora Hernández et al., 2017).

Respecto a la contaminación del agua. en Chile, Pablo Terrazas, vicepresidente ejecutivo del Corfo, sostiene que Chile se encuentra en el ranking mundial de los 30 países con mayor estrés hídrico, con riesgo de subir al nivel extremadamente alto en el 2040 (Núñez, 2021).

En México, la CONAGUA (2020) señaló que, del estudio de las aguas superficiales del estado, el 32,5% se catalogó en color de alerta amarilla, lo que significa que presenta algunos incumplimientos en los parámetros de calidad *Escherichia coli*, Coliformes Fecales, Sólidos Suspendidos Totales y Porcentaje de Saturación de Oxígeno; y lo alarmante fue que el 31,2% fue catalogado en color de alerta rojo, que significa que presenta incumplimientos en los parámetros de calidad: Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días, Demanda Química de Oxígeno, Toxicidad y Enterococos.

En el plano nacional, este problema también puede identificarse, conforme a lo expuesto por Cabezas (2018), que asevera que en el Perú el 80,4% de familias recibe una calidad de

servicio hídrico de menor calidad por bastecerse de redes públicas. Asimismo, en la localidad de Moquegua, la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS Moquegua), encargada de brindar el recurso hídrico a su localidad, ha brindado agua que no cuenta con todos los estándares de calidad, conforme al Informe de Control Concurrente N° 07-2021-OCI/4553-SCC, donde se indica que el agua potable distribuida a la población moqueguana contenía organismos de vida libre (OVL), como; algas, nematodos, protozoos y rotíferos (Contraloría General de la República del Perú, 2021).

Como antecedentes de la presente investigación se tienen:

Rajalashmi et al. (2021), autores de “Sistema de gestión de la calidad del agua basado en IoT”, que tuvo como objetivo identificar el punto de contaminación en una planta de agua, para lo cual se incorporó un sistema de monitoreo basado en sensores e IoT. Resultando en la identificación del punto de contaminación. Se concluye que este sistema fue de utilidad para superar el contratiempo, y se recomienda su ISO en procesos de minería.

Seifert et al. (2021), autores de “Costos y beneficios del monitoreo ambiental automatizado de alta frecuencia: el caso de la gestión del agua de los lagos”, que tuvo como objetivo analizar la implementación de sistemas automatizados de monitoreo de alta frecuencia AHFM capaces de detectar eventos extremos e impredecibles de corta duración que contaminan el agua del lago, para así tomar acciones que mitiguen sus consecuencias. En este estudio se trabajó con un enfoque costo-beneficio, para comparar los costos de implementar y ejecutar un sistema AHFM en los lagos. Los resultados mostraron que se pueden esperar los mayores beneficios del AHFM para prevenir los impactos en la salud humana y el daño a su reputación. Sin embargo, los beneficios potenciales de AHFM no siempre superan los costos de instalación y operación. En general, cuanto mayor sea la frecuencia y severidad de los cambios en las condiciones ambientales del lago, asociados con consecuencias dañinas para los seres humanos

y cuanto mayor sea el número de usuarios del lago, más probable será que la aplicación de un sistema AHFM sea financieramente viable.

Mohammed e Ismail (2021), autores de "Diseño e implementación de un sistema de monitoreo remoto del nivel de pH en las redes de agua potable de Bagdad". En esta investigación se proponen la creación de un sistema de monitoreo remoto del nivel de pH para el sistema de agua potable de Bagdad. El sistema propuesto consiste en sensores de pH distribuidos que automáticamente toman muestras de agua del grifo, sensor de pH y envían la información medida al equipo electrónico Arduino para ser procesada y luego envían un mensaje periódico sobre el estado del nivel de pH al centro autorizado a través del módulo GSM. Finalmente, el teléfono móvil del centro de mantenimiento recibe información sobre el nivel de pH y toma la acción correcta cuando el nivel de pH está en el nivel de riesgo. Resultando que el sistema propuesto proporciona un método robusto, de bajo costo y alta efectividad para que el centro de mantenimiento de agua potable mida y monitoree la calidad del agua en un entorno en tiempo real.

Singh y Ahmed (2020), autores de la investigación "Sistemas inteligentes de gestión del agua basados en IoT: una revisión sistemática", que tuvo como objetivo indagar en las bondades de la incorporación de la tecnología IoT en la optimización del monitoreo de calidad de agua, respecto a su consumo de energía, primero se analizó la estructura y componentes de los sistemas, además de los parámetros a los que estos sistemas se suelen abocar, también se procedió a analizar la gestión del agua con base a IoT, obteniendo como resultado la propuesta de un diseño que incorpora el autoaprendizaje, logrando con ello aumentar la eficiencia del sistema de gestión inteligente.

Kumar, Askarunisa, y Kumar (2020), autores de "Evaluación automatizada basada en procesador integrado de la calidad del agua en un fondo de IoT", con el objetivo de indagar en

la incorporación del GSM (Global System for MoBilile Communication), al microcontrolador Atmega 368 en tiempo real, para la evaluación de la contaminación del agua, las fugas en las tuberías y la identificación de parámetros de medición erróneos. Este sistema fue modelado utilizando la U D00\* 86 Ultra and Teensy++2.0 data processors at low budgets con presupuestos reducidos, con el enfoque principal de moldear la calidad de agua usando IoT. Resultando que gracias a este sistema y demás incorporaciones es posible tomar un análisis de agua con precisión y rapidez.

Huan et al. (2020), autores de "Diseño de sistema de monitoreo de la calidad del agua para estanques de acuicultura basado en NB-IoT", que tuvo como objetivo propagar el acceso en tiempo real de los resultados de la monitorización de información acuícola a través de un sistema de monitoreo de calidad de agua basado en IoT. El sistema se implementó y probó en ChangZhou, provincia de JiangSu, China. Los resultados experimentales mostraron que, el sistema puede obtener parámetros de calidad del agua a tiempo real. La precisión del control de temperatura se mantiene en  $\pm 0.12$  °C, el error relativo promedio es 0.15%, la precisión del control de oxígeno disuelto se mantiene dentro de  $\pm 0.55$  mg / L, el error relativo promedio es 2.48%, la precisión del control de pH se mantiene en  $\pm 0.09$  , y el error relativo promedio es 0.21%.

Pygay et al. (2020), autores de "Análisis y tramitación del sistema de seguimiento ambiental", que tuvo como objetivo proponer un sistema de monitoreo de condiciones climáticas y ecológicas de la región empleando tecnología LoRaWAN. El estudio proporciona un análisis detallado basado en los servicios en la nube del laboratorio de Google para identificar las desviaciones del valor estándar de monitoreo de las condiciones climáticas y ambientales. Los autores llegaron a ciertas regularidades, como la dependencia de la época del año, el clima y la ubicación de ciertas instalaciones industriales cercanas a la zona observada.

Con el sistema desarrollado durante la investigación ayudará a optimizar el proceso de toma de lecturas de varios sensores remotos instalados en la región estudiada utilizando tecnologías modernas de acceso por radio LPWAN.

Jiang et al. (2020), autores de "Un método de análisis de elementos metálicos basado en kilovatios-MPT-MS fácil y simple para el monitoreo rápido del agua ambiental: un ejemplo del lago Poyang de China.". Que se plantearon un método MPT-MS ambiental de alta sensibilidad respuesta rápida, bajo consumo y ambiente basado en el análisis de esas muestras prácticas de agua recolectadas en el área del lago Poyang. Resultando en un tiempo de análisis corto de menos de 1 minuto por muestra, calculando los niveles de hierro, cobalto y níquel, lo cual sugiere que este método es práctico, efectivo y utilizable.

Pasika y Gandla (2020), autores de "Sistema inteligente de monitoreo de la calidad del agua con uso rentable de IoT". Que se planteó como objetivo el desarrollo de un sistema de monitoreo de calidad de agua compuesto de un microcontrolador y sensores básicos para la medición del pH, turbidez, nivel de agua, temperatura y humedad atmosférica, entregando datos continuos en tiempo real, mediante tecnología de monitoreo inalámbrica. Resultando en una configuración de red de sensores que toma muestras cada 10 segundos y cuyos parámetros se aprecian en la pantalla serial Arduino IDE empleando un módulo Wi-Fi. Por lo cual este sistema es una solución de -IoT eficiente y económica para el monitoreo de calidad de agua en tiempo real.

Soukarié, Ecochard, y Salomé (2020), autores de "Nanobiosensores basados en ADN para monitorear la calidad del agua", que tuvo como objetivo el diseño de un sistema de monitoreo continuo y eficiente para detectar la amplia gama de contaminantes en el agua. Resultando que las tecnologías de detección basadas en ADN son capaces de cumplir con el conjunto de especificaciones y se benefician del progreso alcanzado en nanociencia y

nanotecnología manejable en dispositivos portátiles, estables rápidos y sensibles para el control de la calidad del agua.

Bian et al. (2019), autores de “Diseño y análisis cuantitativo de redes de monitoreo ambiental marino en aguas costeras de China”, que tuvo como objetivo proponer un método cuantitativo para el monitoreo ambiental marino empleando el TMC que integra enfoques estadísticos y geoestadísticos. Los resultados sugieren que el método basado en TMC es capaz de proporcionar una base científica para el control y la gestión del medio marino. Este trabajo sugiere aprovechar dos criterios de minimización (TMC: integración de la minimización de la varianza de Kriging y minimización del error relativo en un nivel de confianza dado) para mejorar el diseño y optimización de una red de monitoreo ambiental marino.

León (2019), autor de “Sistema Automático de Monitoreo de Mercurio en Tiempo Real en aguas aledañas a Explotaciones Mineras y Petroleras usando una plataforma IoT”. Esta investigación se planteó como objetivo diseñar un prototipo de sistema de monitoreo de mercurio en tiempo real en aguas aledañas a explotaciones minera y petroleras empleando IoT. Resultando en el óptimo desarrollo de un sistema de monitoreo que da un paso para reemplazar el monitoreo manual, reduciendo los costos de procesamiento en un laboratorio y teniendo guardado los cambios en los niveles de contaminación en el agua.

Arévalo (2018), autor de “Sistema de monitorización de ph y capacidad de pozos subterráneos en zonas rurales de Colombia, usando esquemas de internet de las cosas”, que tuvo como objetivo incorporar la medición del ph y el volumen de pozos subterráneos en las zonas rurales en Colombia, para así proporcionar a los habitantes de la zona un mecanismo de control y seguimiento. El sistema en cuestión contó con componentes varios, incluido un sensor de ph, un sensor de ultrasonido, un Raspberry Pi para el envío y procesamiento de datos, la información se almacenaba en un repositorio en la nube, pudiendo el usuario acceder a esta

información. Como resultado se logró optimizar el control de la calidad del agua y extenderlo hasta los mismos usuarios.

Zhou et al. (2018), autores de "Redes de sensores inalámbricos autoalimentados impulsadas por nanogeneradores triboeléctricos para el estudio in situ en tiempo real del monitoreo ambiental". Investigación que se planteó la reutilización de materiales de desecho para la creación de colectores de energía eléctrica renovable usada en la alimentación de dispositivos inalámbricos de monitoreo ambiental. Resultando en el desarrollo de un sistema de monitoreo ambiental inalámbrico autoalimentado que emplea AS-TENG como fuente de energía, midiendo tanto la calidad del agua por medio del valor de pH y la alerta temprana de deslizamientos de tierra.

Vitón (2018) autor de "Modelamiento e implementación de un sistema de sensado de pH de bajo consumo de energía aplicado al control de calidad de agua de ríos". Esta investigación buscó el desarrollo de un sistema de bajo consumo para el sensado del pH, iniciando con la selección de tecnología de bajo consumo, pasando por la implementación de todo el sistema acondicionado y terminando en el control de los resultados arrojados por el dispositivo microcontrolador de señal mixta. Este sistema, fue además sometido a pruebas en laboratorio, consistentes en mediciones de consumo energético en cada etapa, resultando un consumo menor en la parte analógica, además de una óptima sensibilidad y continua comunicación con la plataforma de internet.

Plazas, Angulo, y Torres (2017), autores de "Estimación espectral de series de tiempo de absorbancia UV-Vis para el monitoreo de calidad de aguas". Esta investigación propone realizar la estimación espectral aplicando la transformación de Box-Cox y la diferenciación con el fin de obtener series de tiempo estacionarias en sentido amplio y reducir su dimensionalidad con base en el análisis de componentes principales. Al reducir la dimensionalidad de las series

de tiempo de absorbancia con PCA, se obtienen para cada sitio de estudio seis, ocho y siete componentes principales respectivamente, explicando en conjunto más del 97% de la variabilidad. Para los tres sitios de estudio, se obtuvieron valores de diferencias inferiores al 30% para el rango UV, mientras que para el rango visible se obtienen máximas diferencias de: (i) 35% para El-Salitre; (ii) 61% para EBG; y (iii) 75% para San-Fernando.

Calderón, Quichimbo, y Reyes (2016), autores de "Desarrollo de la arquitectura hardware aplicada al monitoreo en tiempo real del sistema de Distribución de Agua Potable de la ciudad de Loja". Esta investigación buscó la implementación de dos estaciones remotas de monitoreo de agua, con diseño no experimental, acompañada del recojo de datos por parte del diseño una vez implementado, para corroborar su buen funcionamiento. Resultando que se puede diseñar e implementar dos estaciones remotas con capacidad para cuatro entradas analógicas de 4 a 20mA, sin embargo, el número de entradas podría aumentar sin problema hasta diez, que es la capacidad máxima del módulo de conversión analógica-digital del PIC 18F2550, lo que proporciona al sistema la escalabilidad suficiente para aumentar su capacidad.

Farfán (2016), autor de "Desarrollo de un sistema de monitoreo de la calidad del agua utilizando sensores capacitivos de bajo costo". En esta investigación se buscó la construcción de un sensor pasivo de bajo consumo energético, capaz de diferenciar entre las cantidades de un agente contaminante en el agua y de esta forma determinar si la fuente hídrica se encuentra en riesgo de contaminación. Resultando que este tipo de sensor puede ser utilizado como un sensor de bajo costo, capaz de cambiar el valor de su capacitancia dependiendo de la concentración de un elemento disuelto en el agua, lo que finalmente permite realizar una visualización general del estado de contaminación de una fuente de agua.

Menéndez (2015), autor de "Desarrollo de un sistema de sensores para la detección de sustancias peligrosas". En este proyecto se hizo un estudio y diseñó un sistema de monitoreo

de sustancias peligrosas, con un bajo coste, empleando comunicación inalámbrica. Para ello se hizo uso de la plataforma de hardware Arduino, además de un software de código abierto, lo que generó la reducción en costos. La medición de sustancias peligrosas se enfocó en tres cuestiones, amoníaco, dióxido de carbono y oxígeno. Resultando en la comprobación del funcionamiento de los subsistemas, así como la verificación de la comunicación inalámbrica en el envío y recepción de la data. Se concluyó con el diseño e implementación de una interfaz para hacer accesible la data a los usuarios.

Quezada et al. (2014) autor de "Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable". Esta investigación se enfocó en la creación e implementación de un sistema de monitoreo para las descargas de agua en el interior de un pozo de agua potable, para lo cual se empleó equipos de automatización, se crearon las interfaces gráficas (*Graphical User Interface, GUI*) para la interacción con el operador; la interfaz hombre máquina (*Human Machine Interfaces, HMI*) se hizo uso de un software de propietario y establecieron reglas para el monitoreo y control de las condiciones del sistema operador. La HMI se conectó a un Controlador lógico programable (PLC) donde se establecieron las reglas de protección del proceso mediante el diagrama escalera (*Leadder Diagram, LD*).

La presente investigación se justifica teóricamente porque aporta información de utilidad al debate en torno a incorporar nuevas tecnologías al protocolo nacional de monitoreo ambiental, el cual actualmente establece un procedimiento de control de contaminación apegado a la toma de muestras manuales y el uso de laboratorios, dejando de lado las nuevas tecnologías y más aún los procesos de automatización que incorporen al PLC e IoT. La presente también se justifica aplicativamente porque permite incorporar avances tecnológicos de

monitoreo de cuerpos líquidos a un procedimiento que se viene llevando de una manera anticuada. Esta investigación también se justifica valorativamente, pues permitirá a los operadores de la sanidad ambiental tener un trabajo más tecnificado, aminorando su carga laboral y facilitándoles una obtención de información de mayor fiabilidad, precisión y menor tiempo. Tiene también justificación económica, porque permitirá a la institución fiscalizadora disminuir los costos operativos en el control de la calidad del agua, en la toma de muestras, así como también en el empleo de menos personal en esta labor. Esta investigación tiene también justificación social, pues los ciudadanos interesados también podrán ser partícipes del proceso de monitoreo, considerando que el sistema que se incorpora en esta investigación proporciona información en tiempo real a la que podrán acceder los ciudadanos moqueguanos. Finalmente, esta investigación tiene principalmente justificación ambiental, pues aborda el tema de la optimización en el control de las revisiones de la contaminación del agua, velando así por la sostenibilidad ambiental del recurso líquido y consecuentemente por la salud de la población de la localidad de Moquegua.

En el desarrollo de este trabajo se encontraron algunas limitaciones, como que la mayoría de información se encontró en el idioma inglés, o que la metodología para la ejecución de la investigación inicialmente carecía de una completa claridad, sin embargo, gracias al apoyo de herramientas informáticas como los traductores, y el asesoramiento del docente del curso de investigación, tales inconvenientes pudieron superarse, dando como fruto el desarrollo de la presente investigación. Asimismo, es necesario también señalar que en este estudio se pretendió evidenciar si la aplicación de un sistema de monitoreo es útil para la mejora del procedimiento de control de contaminación del agua, de probarse esto o no, la utilidad de la investigación permanece en pie, lo que obviamente condiciona favorablemente a la objetividad del investigador.

El método de contrastación de hipótesis empleado fue la Prueba T de student, ya que conforme a la prueba Shapiro Wilk para muestras inferiores a 50 unidades se obtuvo una distribución normal en los datos recabados, lo que indicó que la estadística a emplear es la paramétrica, es decir la prueba T de Student. Cuyo análisis se aplicó para contrastar los resultados de la medición del control de la contaminación ambiental, en dos mediciones, una en pre test y la otra en un pos-test, aplicado en el personal que se encarga de la medición y control de parámetros ambientales del agua.

Paralelamente en esta investigación, se recogen conceptos como:

Monitoreo Ambiental, es un instrumento empleado para el resguardo del medio ambiente, este debe ser flexible en su adaptación a situaciones imprevistas o temporales, vengan por parte de la naturaleza o la mano humana, cuyas consecuencias puedan estar trayendo problemas que requieran evaluación, asimismo, comprende un conjunto de acciones como la observación, el muestreo, la medición y el análisis de información técnica en materia ambiental, que servirán para caracterizar el medio estudiado y determinar un posible impacto ambiental (Hernández et al., 2019).

Sistemas de monitoreo, son el resultado de la puesta en práctica de una serie de principios, procedimientos, procesos u prácticas administrativas y operativas en pro del desarrollo de herramientas integrativas, con la que se pueda llevar a cabo el control de un determinado aspecto sometido a evaluación (Banco Interamericano de Desarrollo et al., 2016).

Metodología del sistema de monitoreo, el desarrollo del sistema de monitoreo requiere un avance por fases: i) En la primera fase, se realiza una recolección de información referente a la identificación de variables que el sistema requiera para recabar datos para la caracterización de la muestra o el entorno estudiado; ii) La segunda fase, se recogen datos para realizar

algoritmos y caracterizar la tarjeta de adquisición integrándola con los sensores de la placa base;

iii) La tercera fase, consiste en la captación y presentación de información respecto al entorno estudiado (Quiñones et al., 2017).

Monitoreo de agua, el periódico monitoreo realizado en los cuerpos de agua, constituye una actividad que posibilita la temprana detección de variaciones en el estado normal de la calidad del recurso hídrico. Cabe resaltar que el monitoreo no consiste únicamente en hacer mediciones, sino que cada vez cobra mayor importancia la disponibilidad de los datos, la capacidad de comunicar los resultados de la medición y la retroalimentación que proporciona hacer posible la mejor toma de decisiones en temas de importancia (Castro et al., 2014).

Controlador lógico programable, conocido como PLC por su abreviatura del inglés, es la base para la automatización de los procesos industriales, dentro de sus beneficios se encuentra: el bajo costo, fácil manejo, confiabilidad, garantía de éxito. Puede adecuarse fácilmente a entradas y salidas digitales y analógicas, incluso se puede adaptar a arquitecturas de procesos que deban pasar por modificaciones respecto a la cantidad de salidas y entradas. Opera con protocolos de comunicación propios que le posibilita crear redes dedicada al control y supervisión de procesos (Fernández, Fabero, y Mecha, 2019).

Lenguaje de programación del PLC, para esta tarea se usan principalmente tres lenguajes de programación basados en normativa IEC 61131-3: En primer lugar, está el diagrama LADDER o escalera, que se parece a los diagramas con relevadores. En segundo lugar, se encuentran los diagramas bloques, estos son los preferidos para quienes están acostumbrados a trabajar con circuitos de compuertas lógicas. Y en tercer lugar está el diagrama de comandos, el cual está compuesto de instrucciones que el programa ejecuta, tal como pasa con lenguajes superiores condicionados (Fernández, Fabero, y Mecha, 2019).

Tecnología IoT, es la abreviación de Internet of Things, que traducido al español es Internet de las Cosas, consiste en una tecnología en la cual pequeños dispositivos electrónicos se conectan a internet, posibilitando el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios. Recientemente esta tecnología ha despertado el interés para desarrollar sistemas de monitoreo en tiempo real (Escobar y Villazón, 2018).

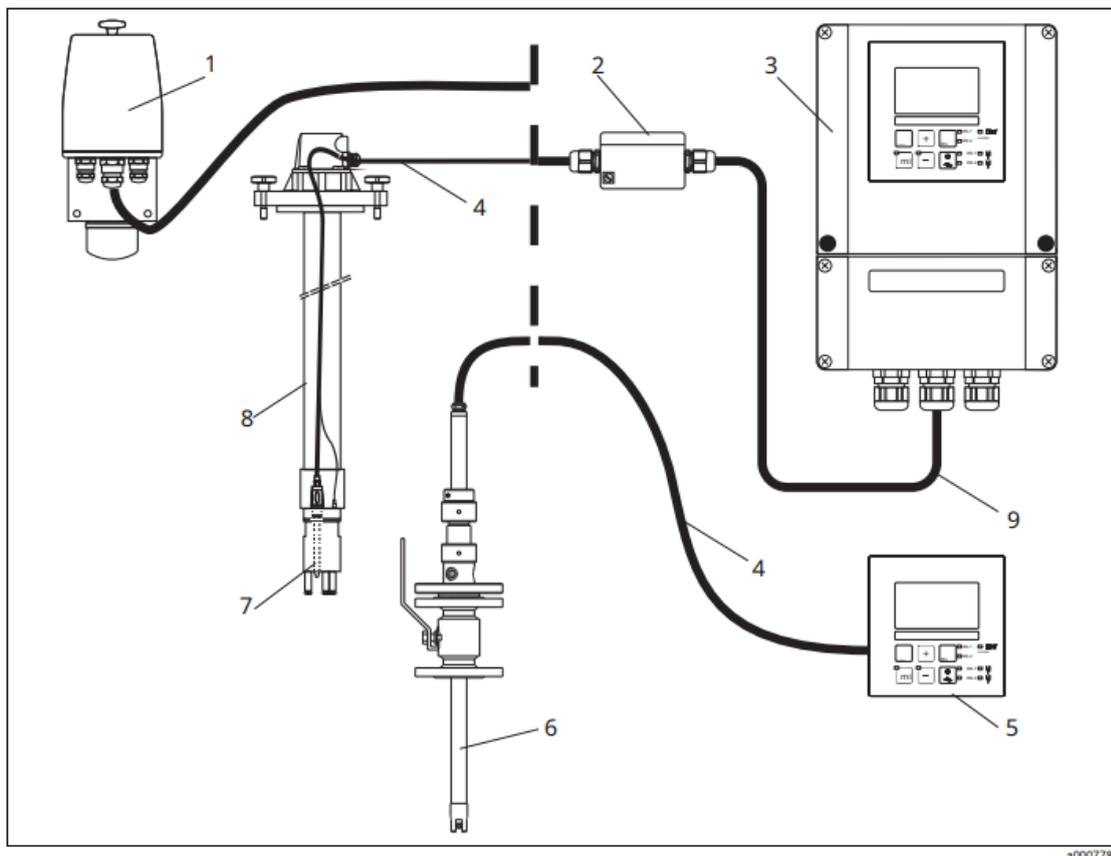
En la actualidad existe una vasta variedad de plataformas como respuesta al creciente incremento de aparatos inalámbricos para la medición automatizada de procesos industrializados. La plataforma IoT posibilita almacenar la información recabada por los sensores, además el enrutamiento de información en tiempo real y el monitoreo remoto de los dispositivos. Asimismo, proveen una interfaz para acceder a sus recursos por medio del internet (Quiñones et al., 2017).

- **EL SISTEMA DE MONITOREO**

En esta investigación se realizó la implementación de un sistema de monitoreo que a su vez estuvo compuesto de tres subsistemas: el primero denominado subsistema de captura, que se encargará de la recolección y análisis de la información obtenida; el transmisor se encargó de remitir la información obtenida a un repositorio en la nube empleando para ello el protocolo MQTT, esta información se trató a fin de contar con información de la saturación del sistema embebido, cuyos resultados llegan al alcance del usuario por medio de una interfaz web donde se visualizan los datos de las mediciones (Arévalo, 2018).

○ SUBSISTEMA DE CAPTACIÓN DE DATOS

Este opera mediante el transmisor *Liquisys M CPM223/253*, encargado de la medición del monitoreo del agua a través de los valores de pH, ORP y temperatura (Endress+Hauser, 2021a), los que reflejan el estado del agua, atendiendo a indicadores establecidos por la ANA.



Sistema de medición completo Liquisys M CPM223 / 253

- |   |                            |   |                                      |
|---|----------------------------|---|--------------------------------------|
| 1 | Conjunto de flujo CPA250   | 6 | Conjunto retráctil Cleanfit W CPA450 |
| 2 | Caja de conexiones VBA     | 7 | Electrodo, p. Ej. Orbisint CPS11     |
| 3 | Liquisys M CPM253          | 8 | Conjunto de inmersión CPA111         |
| 4 | Cable de medición, p. Ej., | 9 | Cable de extensión                   |
| 5 | CPK9 Liquisys M CPM223     |   |                                      |

Figura 1. Arquitectura del transmisor Liquisys M CPM223/253

Nota. Tomado de “Technical Information Liquisys M CPM223/253 pH/ORP Measurement”, por Endress+Hauser (2021), p. 3

Otro equipo que también se integró en el presente sistema de monitoreo es el Transmisor de temperatura Pt100 TRT series, que se encarga de medir la temperatura, se equipa de una punta de prueba PT100, y proporciona una señal actual hecha salir dentro de la gama 4÷20mA. Puede ser utilizado en diversos usos tales como, por ejemplo, para montaje en las naves del tanque y en todos los procesos que requiera una medida exacta de la temperatura, certificado de seguridad inherente de ATEX para la instalación en áreas peligrosas.



*Figura 2.* Transmisor de temperatura Pt100 TRT series

Nota. Tomado de “Transmisor de temperatura Pt100 TRT series”, por Valcom (2021), p. 1

El sensor de conductividad eléctrica DFR0300, mide la cantidad de corriente eléctrica que un material puede transportar. Por ejemplo, la salinidad de los suelos, sistemas de agua de riego o soluciones de fertilizantes es un parámetro importante que afecta el medio ambiente.

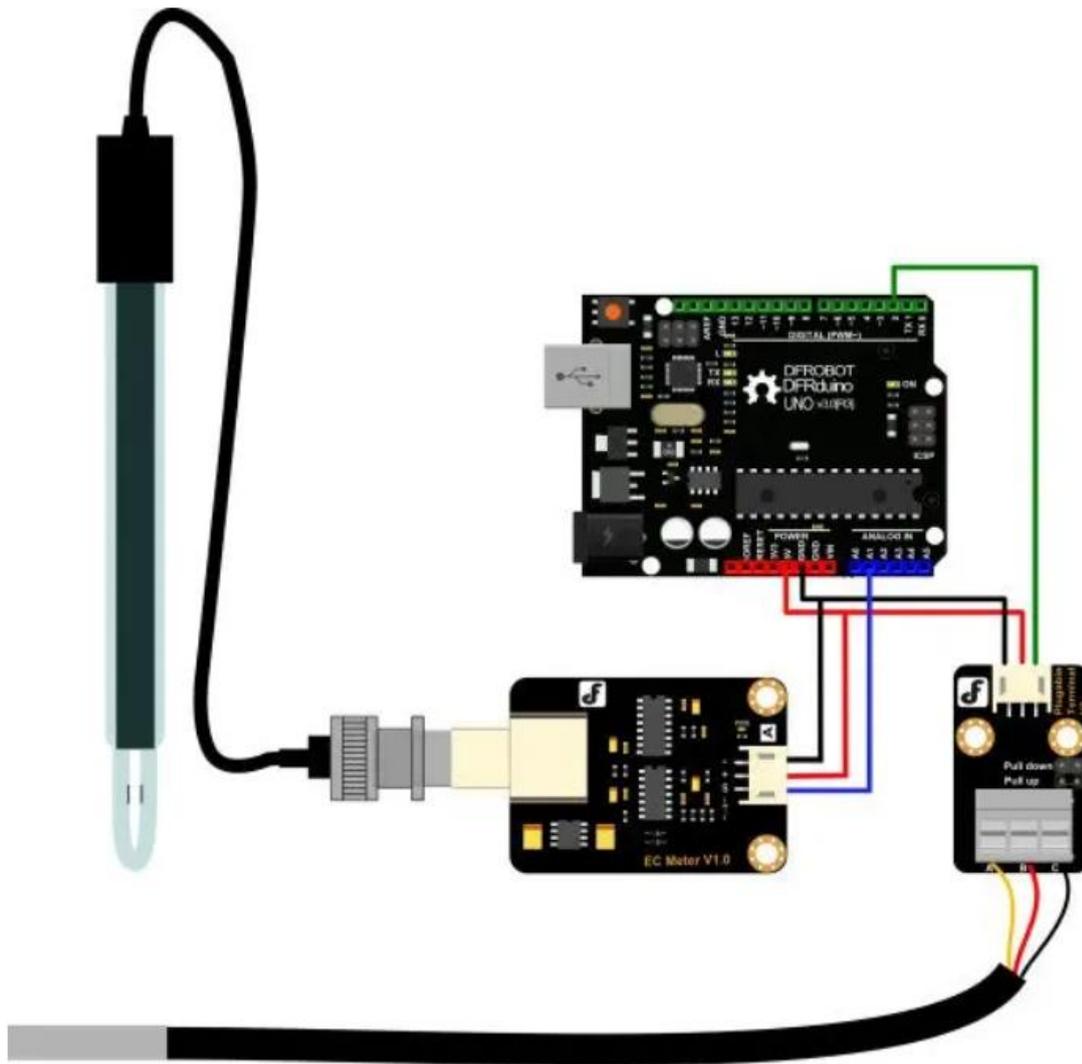


Figura 3. DFR0300 Sensor de conductividad Eléctrica

Nota. Tomado de “DFR0300 Sensor de conductividad Eléctrica”, por hetpro (2021), p. 1

Sensor para la medición de oxígeno disuelto Oxymax COS61, es un sensor de oxígeno de altas prestaciones que proporciona una medición rápida, precisa y sin desviaciones/oscilaciones. Presta apoyo en su proceso gracias a su bajo mantenimiento, alta disponibilidad y fácil manejo.



*Figura 4.* Sensor para la medición de oxígeno disuelto OxyMAX COS61

Nota. Tomado de “Sensor para la medición de oxígeno disuelto OxyMAX COS61”, por Endress+Hauser (2021a), p. 1

En esta etapa, el conjunto de transmisores abarca la medición de los indicadores: pH, ORP, temperatura y oxígeno disuelto. Esta información se proporcionará mediante datos tanto analógicos y digitales que serán transmitidos a través de la conexión entre los instrumentos de medición y el dragino LG01 LoRa Gateway.

## ARQUITECTURA DEL SUBSISTEMA DE CAPTURA DE DATOS

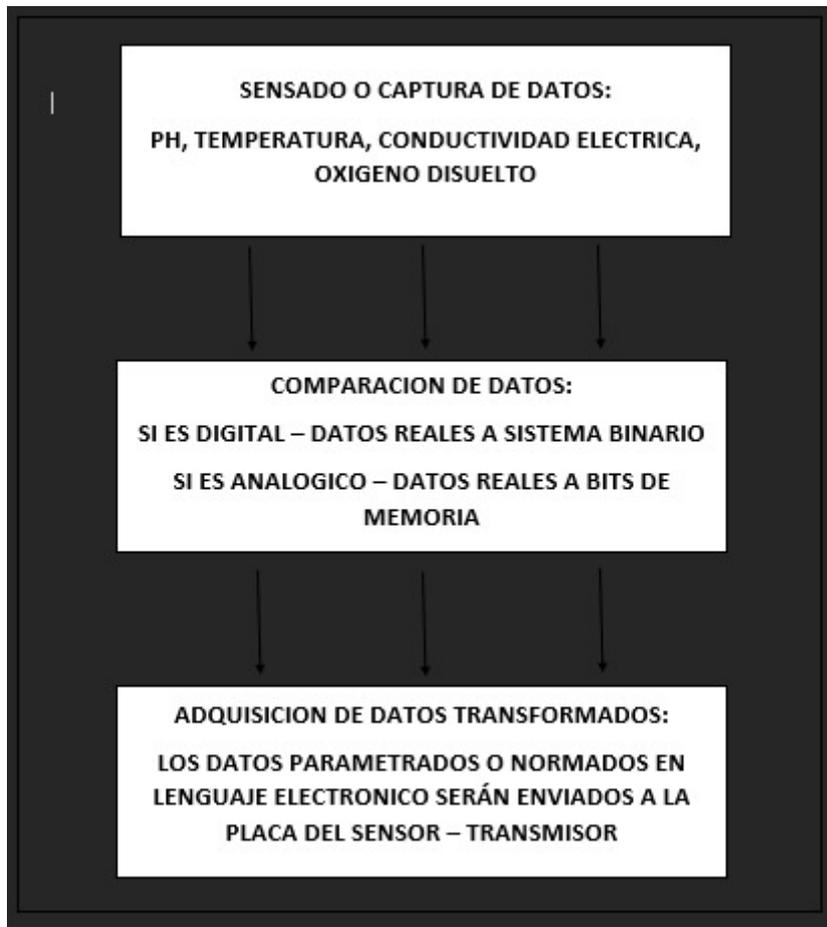


Figura 5. Subsistema de captura de datos

Nota. Elaboración propia

### ○ SUBSISTEMA DE TRANSMISIÓN

En esta etapa contextualizaremos la comunicación que habrá entre el sensado o toma de datos y la visualización o muestra de los indicadores. También detallaremos la arquitectura que comprende tanto hardware como software para la interpretación y transmisión de los datos.

#### – HARDWARE

Este comprende los dos componentes: los sensores y los nodos repetidores del

dragino.

Sensores:

Para la medición de: PH, Conductividad, temperatura, y oxígeno disuelto.

Nodo repetidor dragino:

Para la etapa de canalización de datos utilizaremos el dragino LG01 LoRa Gateway

– SOTFWARE

ARQUITECTURA

Los datos obtenidos por los sensores serán controlados por la interfaz del dragino LG01 LoRa Gateway y serán transmitidos mediante comunicación wifi, para la emisión y recepción de señales.

– TIPO DE COMUNICACIÓN

Los sensores serán cableados directamente al dragino LG01 LoRa Gateway, los mismos que enviarán y recibirán señales de los monitores.

○ SUBSISTEMA DE VISUALIZACIÓN AL USUARIO

Monitores

En esta etapa la información captada por la RED LORA se transmitirá a los monitores

Desarrollo de COMPONENTES

A continuación, se desarrollan los componentes que se han de emplear para el ensamblado del presente sistema de monitoreo:

Sensor de PH

Sensor de temperatura

Sensor de conductividad

Sensor de oxígeno disuelto

## ARQUITECTURA DEL SUBSISTEMA DE VISUALIZACIÓN DE DATOS

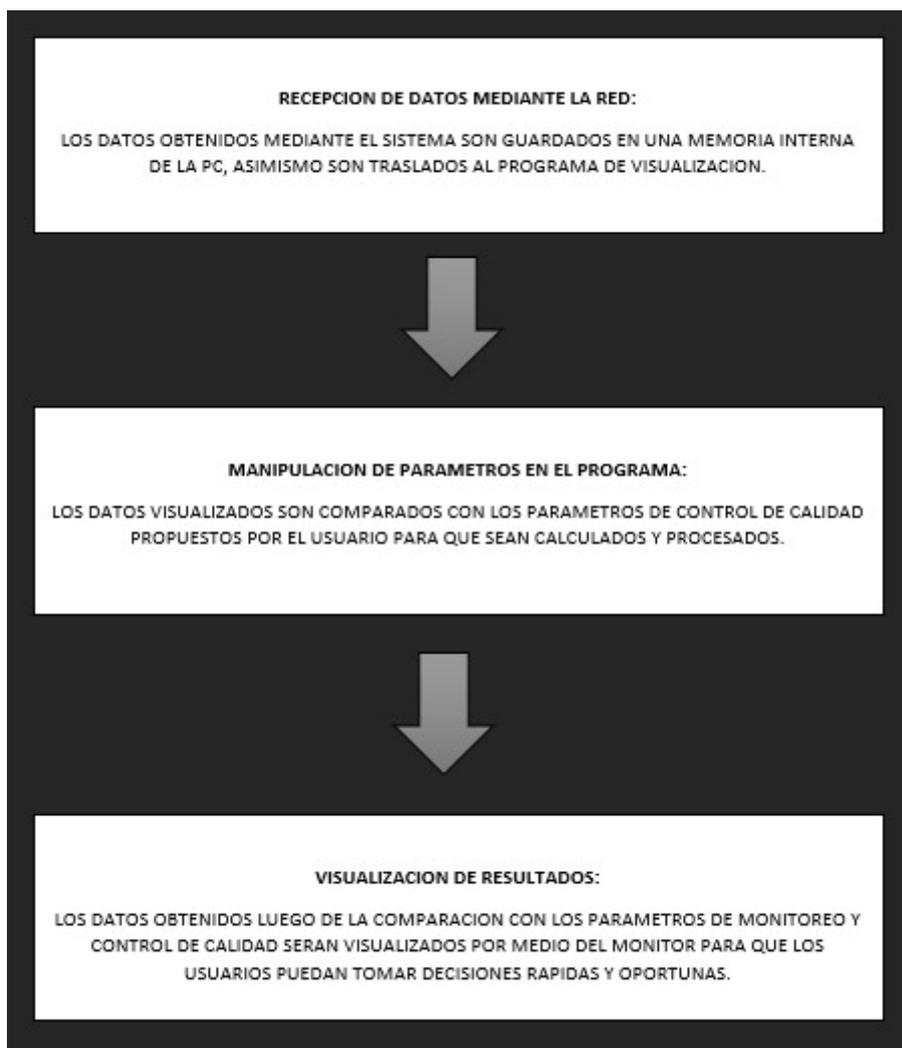


Figura 6. Subsistema de captura de datos

Nota. Elaboración propia

- CALIDAD DEL AGUA

Para el autor Oana, citado por Castro et al. (2014), el tipo de calidad de agua se

mide atendiendo a parámetros físicos, químicos y biológicos, establecer los criterios de calidad es de utilidad para fines tales como agua de riego, agua potable, agua para la industria y agua para el ocio.

Para Kumar y Prakash, citados por Castro et al. (2014), el ICA sería una numeración adimensional que ha una combinación de distintos factores de la calidad del agua, en un solo número de valores que van desde la normalización hasta llegar a la subjetiva curva de gasto.

Conforme a Lumb, Halliwell y Sharma, citados por Castro et al. (2014), los intentos de clasificación del agua considerando su nivel de pureza, tienen su origen a mediados del siglo XX con los estudios de Horton en los setentas .

- Indicadores de calidad del agua (ICA)

Conforme a Castro et al. (2014), el monitoreo de los cuerpos hídricos se vuelve una herramienta de gran trascendencia para su control, de allí es que nacen los indicadores ambientales, como criterios necesarios para el análisis de la información obtenida mediante los monitoreos y para obtener datos relevantes sobre temáticas ambientales, por lo cual deberán presentarse en un formato que haga posible su interpretación estadística.

Este concepto puede abreviarse como simplemente ICA, el cual es considerado un instrumento esencial para la transmisión de datos referentes a la calidad del agua a los gobernantes y público general. El ICA constituye un indicador compuesto, pues integra la información de varios parámetros de calidad del agua, y presenta distintas metodologías conforma a cada autor (Castro et al., 2014).

- Calidad de agua

Es un término empleado en la descripción de características químicas, físicas y

biológicas del agua que se encuentran dentro de ciertos parámetros aprobados por la autoridad en la materia, para su determinación generalmente se hace una comparación de las características químicas y físicas de una muestra con las directrices ya mencionadas, las cuales tienen base en niveles de toxicidad aceptados científicamente (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, 2016).

Conforme indica el Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, estipulado por la Autoridad Nacional del Agua (2011), la calidad del agua es el fin principal de todos los sistemas de monitoreo de agua, para lo cual se ejecutan una serie de actividades como preparación de equipos y registro de información. En el estado peruano esta actividad se monitorea por requerimiento de las autoridades del sector ambiental.

- **CONTROL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

Conforme señala Barla (2020), el control es un procedimiento de inspección, vigilancia, comprobación que se hace usando organismos, técnicas, normativas, protocolos, etc., para la medición de las posibles alteraciones del entorno o consecuencias producidas en el medio ambiente debido a las actividades humanas de producción, así como también a desastres naturales.

- **TRABAJO DE PRE CAMPO**

Conforme señala la ANA (2011), es la preparación de materiales a emplear en el trabajo de campo, la elección del personal apto para la labor de monitoreo. Ocasionalmente las aguas que se evaluarán se ubican en territorios lejanos, siendo necesario contar con listas de chequeo, que enumeran los implementos a utilizar en el trabajo de campo. Dentro de la preparación del material se encuentra incluido integrar un mapa de la cuenca donde se señalen

los puntos de monitoreo, preferentemente con las coordenadas de cada uno, las cuales se introducen en un GPS que facilita ubicarlas. Asimismo, la fase de trabajo de pre campo se divide en dos: primero está la preparación de materiales y segundo la selección de personal capaz, ambas cuestiones se desarrollan a continuación.

## PREPARACIÓN DEL MATERIAL

Dentro del trabajo de pre campo se debe considerar alistar los materiales de toma de muestras, buffers de conductividad y pH, formatos de hojas, listas de chequeos y plan de trabajo, equipos de monitoreo, portátiles, entre otros. Todo ello con el objetivo de anticiparse a toda contingencia posible, así se asegura un monitoreo efectivo (ANA – DGCRH, 2011).

### Selección del personal capacitado

Para la realización de las actividades de toma de muestras se necesitará contar con personal debidamente formado en labores ambientales, para así asegurar que las muestras sean tomadas en estricto cumplimiento del protocolo y conglomerado de normativas vigentes a nivel nacional.

### ○ TRABAJO DE CAMPO

Esta es la segunda fase conforme al protocolo de Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, estipulado por la ANA – DGCRH (2011), inicia una vez que el personal llega al punto de monitoreo, en el que deberán inspeccionar el lugar mediante la observación, a fin de identificar el punto más idóneo para proceder con la recolección de muestras y posteriormente los demás pasos que implica el protocolo. Estos pasos son los que se describen a continuación (ANA – DGCRH, 2011):

– Anotación de las observaciones

Las principales características de los cuerpos de agua, incluyendo la presencia de residuos, color, olor, presencia de vegetación acuática y ribereña, presencia de animales y de actividades humanas, entre otros.

Tomar lectura de las coordenadas

En esta etapa se ha de anotar el punto exacto donde se lleva a cabo el muestreo, asimismo se indica su sistema respectivo.

Recolección de muestras

Esta actividad incluye desde tomar el frasco de muestra en observancia a los parámetros de evaluación, pasando por la toma de muestras en observancia también de los parámetros, y hasta llegar a la rotulación de frascos y su salvaguarda en coolers para prevenir su contaminación.

Almacenamiento de muestras en recipiente térmico

En esta parte del proceso se busca resguardar los frascos que contienen las muestras tomadas, se les coloca de manera vertical en los recipientes térmicos, evitando que se rompan.

Tomar lectura de los parámetros de campo

Los parámetros varían según el tipo de cuerpo líquido y el entorno donde se encuentre, dentro de los principales se pueden mencionar la temperatura, el pH, C.E, O.D,

turbiedad, TSD, entre otros. Se pueden hacer mediciones directas del cuerpo de agua si las condiciones del entorno son favorables, de lo contrario se toman muestras, pero hay algunos parámetros que, si deben medirse de manera inmediata, como es el caso del O.D.

- TRANSPORTE A LABORATORIO

La información recabada con los trabajos efectuados se trasladará mediante una cadena de custodia. Además, las muestras perecibles también se trasladarán por cadena de custodia.

- PRUEBA ESTADÍSTICA

Rustom (2012) considera a la prueba estadística como una técnica destinada al análisis de los datos obtenidos de la medición de las variables de estudio, siendo algunas, distribuciones teóricas de probabilidad subyacente y otras no siendo ninguna distribución de probabilidad teórica de la distribución de datos.

Oseda et al. (2018) señalan que la estadística está referida a un conjunto de técnicas de recolección, organización, almacenamiento y tratamiento de información que, al aplicarle matemáticas y herramientas de procesamiento, permiten ser analizadas e interpretadas.

- PRUEBA T DE STUDENT

Oseda et al. (2018) señalan que existen 3 tipos de pruebas t: La primera es la prueba T para muestras independientes; la segunda es la prueba T para muestras relacionadas; la tercera es la prueba T para una muestra. De las mencionadas, la que corresponde la presente es la segunda, es decir la Prueba T para muestras relacionadas, esta consiste en la comparación de las medias de dos variables en un solo grupo de estudio, en este procedimiento se calcula la

diferencia entre los valores de las dos variables de cada caso y se contrasta si la diferencia de las medias es distinta a cero. Por ejemplo, en un estudio pre experimental se toma la tensión de un grupo de pacientes al iniciar la investigación, luego se les aplica un tratamiento y posteriormente se les toma de nuevo la tensión, de tal manera que a cada paciente le correspondan dos medidas, usualmente denominadas pre y post test.

- SOFTWARE ESTADÍSTICO SPSS

Castañeda et al. (2010), indican que el software estadístico SPSS es la sigla de *Statistical Package for the Social Sciences*, que es un programa altamente empleado en los Estados Unidos y Latino América. Puede efectuar procedimientos estadísticos tanto básicos como avanzados de alta utilidad para las investigaciones, permite hacer proyecciones, análisis de tendencias, etc., sin la necesidad de acompañarse de otros programas, además puede emplear bancos de datos exportados de Microsoft Excel.

## 1.2. Formulación del problema

Problema General: ¿De qué manera influye un sistema de monitoreo de calidad de agua en el control de contaminación ambiental en el río Moquegua, en el año 2021?

## 1.3. Objetivos

Objetivo General: Determinar la influencia del sistema de monitoreo de calidad de agua en el control de contaminación ambiental en el río Moquegua, en el año 2021.

Objetivo específico 1: Determinar la influencia del sistema de monitoreo de calidad de agua en la etapa del trabajo de pre campo.

Objetivo específico 2: Determinar la influencia del sistema de monitoreo de calidad de

agua en la etapa del trabajo de campo.

#### **1.4. Hipótesis**

Hipótesis General: El sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en el control de contaminación ambiental en el río Moquegua, en el año 2021.

Hipótesis específicas 1: El sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en la etapa trabajo de pre campo en el río Moquegua, en el año 2021.

Hipótesis específica 2: El sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en la etapa trabajo de campo en el río Moquegua, en el año 2021.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### Tipo de investigación

La presente investigación es de enfoque cuantitativo, pues sus resultados fueron cuantificados en cifras numéricas por medio de procesamientos estadísticos que responden a las preguntas de investigación, además que siguió una serie de pasos concatenados que sirvieron para cumplir los objetivos de la presente investigación. Según su propósito fue una investigación aplicada puesto que buscó solucionar problemas. Según su alcance fue explicativa, dado que buscó dar explicación a la ocurrencia de un determinado fenómeno, en la medida que se manifestó y el efecto que una variable tuvo en otra. Es de corte longitudinal porque a lo largo del tiempo se tomó dos mediciones de la variable control de contaminación ambiental (Hernández Sampieri & Baptista Lucio, 2014).

### Diseño de investigación

$$G \quad O_1 \quad X \quad O_2$$

Ecuación 1. Diseño pre experimental

Nota. Hernández y Baptista (2014)

Donde:

G: Muestra

X: Sistema de monitoreo de calidad de agua

O1: Medición pre-experimental del control de contaminación ambiental

O2: Medición post-experimental de contaminación ambiental

Lo que se interpreta para la presente investigación es que, en una muestra del personal de la Autoridad Local del Agua (ALA), se evaluó el control de contaminación ambiental que ellos perciben que se viene efectuando en el río Moquegua (pre test), posteriormente se les presentó una simulación de un sistema de monitoreo de calidad del agua y ya con este añadido se procedió a evaluar por segunda vez el control de contaminación ambiental que los trabajadores consideran que se alcanzó con el sistema de monitoreo en aplicación (pos test). Toda esta información sirvió para ser procesada y hallar la influencia que el sistema de monitoreo tiene en el control de la contaminación ambiental, logrando así cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación.

### **Población y muestra**

La población se constituyó por todos los especialistas encargados del proceso de monitoreo de contaminación del agua del río Moquegua, los cuales hacen un total de 7 trabajadores que son: 2 supervisores de recursos hídricos, 2 operarios de las represas (técnicos eléctricos) y 3 ingenieros de mantenimiento eléctrico, quienes se desempeñan laboralmente en la institución denominada Autoridad Local del Agua, sede Moquegua. Asimismo, al ser la cantidad de fiscalizadores un número manejable se optó por tener una muestra equivalente a la totalidad de la población, es decir una muestra por censo de 7 trabajadores.

### **Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

#### **Recolección de datos**

El análisis efectuado en esta investigación preexperimental recayó en la variable dependiente "Control de la contaminación ambiental", la cual está compuesta de dos dimensiones, que son: i) trabajo de pre campo y ii) trabajo de campo; así como seis indicadores:

reconocimiento, material, personal, caracterización, recolección de muestras, y toma de lectura de parámetros. Lo cual consta en la matriz de operacionalización de variables, que figura como ANEXO 02.

**Técnica:** Para la recolección de datos se utilizó la encuesta, esta consiste en un proceso de recolección de información proveniente de individuos de una población o muestra estudio, con el objetivo de definir sus apreciaciones, opiniones, intereses, etc.

**Instrumento:** De acuerdo a la técnica antes mencionada, correspondió aplicar como instrumento el cuestionario, el cual es un conjunto ordenado y estructurado de preguntas o enunciados que deberán responderse de manera escrita u oral (Niño, 2011). Que en este caso se empleó para estudiar a la variable dependiente “Control de contaminación ambiental”.

Tabla 1. Matriz de operacionalización.

El gráfico muestra los instrumentos utilizados para la recolección de los indicadores de la variable dependiente junto con su descripción

Variable	Dimensión	Indicador	Instrumento	Descripción
Variable dependiente	Trabajo de pre campo	Reconocimiento	Cuestionario de control de la contaminación ambiental (agua).	Este cuestionario se empleó para la medición del control de la contaminación ambiental en trabajadores de la Autoridad Local del Agua (ALA). Los ítems correspondientes a cada indicador se encuentran detallados en el ANEXO 03. Las alternativas de respuesta se establecieron en escala Likert de 5 alternativas
		Material		
	Personal			
	Trabajo de campo	Caracterización		
		Recolección de muestras		
		Tomar lectura de parámetros de campo		

Nota. Autoridad Nacional del Agua (2011b)

## Análisis de datos

Como prueba de normalidad se aplicó el estadístico ShapiroWilk para muestras de hasta 50 unidades. Para el análisis estadístico de contrastación del pre test y el post test se aplicó la prueba estadística T de student para muestras relacionadas. Asimismo, para el procesamiento de la data recabada se empleó el software estadístico SPSS versión 25.

### Estadística descriptiva

#### Baremos de variables y dimensiones

*Tabla 2.* Baremos de la variable: Control de la contaminación ambiental

Rangos	Niveles
90 – 105	Cumplimiento alto
72 – 89	Cumplimiento medio-alto
56 – 71	Cumplimiento medio
39 – 55	Cumplimiento medio-bajo
21 – 38	Cumplimiento bajo

Nota. Elaboración propia

*Tabla 3.* Baremos de la dimensión: Trabajo de pre campo

Rangos	Niveles
47 – 55	Cumplimiento alto
38 – 46	Cumplimiento medio-alto
30 – 37	Cumplimiento medio
23 – 29	Cumplimiento medio-bajo
11 – 22	Cumplimiento bajo

Nota. Elaboración propia

Tabla 4. Baremos de la dimensión: Trabajo de campo

Rangos	Niveles
43 – 50	Cumplimiento alto
35 – 42	Cumplimiento medio-alto
27 – 34	Cumplimiento medio
19 – 26	Cumplimiento medio-bajo
10 – 18	Cumplimiento bajo

Nota. Elaboración propia

### Estadística inferencial

Prueba de normalidad: Buscó determinar la distribución de frecuencias y por consiguiente el estadístico inferencial. Si la distribución es normal se empleará el  $R^2$  de Pearson, en caso de no serlo corresponde el empleo del Rho de Spearman. A través del procesamiento del programa estadístico SPSS 25.

Tabla 5. Valoración de las relaciones

Relación perfecta	+ -1
Relación muy fuerte	+ - 0.90 a + - 0.99
Relación fuerte	+ - 0.75 a + - 0.89
Relación media	+ - 0.50 a + - 0.74
Relación débil	+ - 0.25 a + - 0.49
Relación muy débil	+ - 0.10 a + - 0.24
No existe relación	0.00 a + - 0.09

Nota. Escala  $R^2$  de Pearson

### Procedimiento

Para la elaboración se procedió hacer un estudio bibliográfico de la variable en cuestión, analizando varias maneras de operacionalizar, tras ello se optó por tomar como referencia de operacionalización a la norma legal de la Autoridad Nacional del Agua (2011), denominada

“Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos”, puesto que esta disposición legal compila todas las normas referentes al control de la calidad del agua para el estableciendo de un procedimiento estandarizado.-----del instrumento titulado Cuestionario de control de la contaminación ambiental (agua), aplicado para esta investigación está abocado al análisis del control de la contaminación ambiental, entendiéndola como el proceso mediante el que los fiscalizadores evalúan los niveles de contaminación de un cuerpo líquido, este proceso se compone de 2 dimensiones, la primera es básicamente preparativa llamada trabajo de pre campo y la segunda es más aplicativa llamada trabajo de campo. El trabajo de pre campo tiene 3 indicadores que son: reconocimiento, material y personal. El trabajo de campo también tiene 3 indicadores que son: caracterización, recolección de muestras y toma de parámetros de campo.

El cuestionario de control de la contaminación ambiental se compone de 21 reactivos, cuenta con una escala de respuestas tipo Likert con cinco alternativas con sus respectivos valores: Cumple todas las veces o casi todas las veces = 5; Cumple la mayoría de las veces = 4; Cumple regularmente = 3; Pocas veces cumple = 2; y, Nunca o casi nunca cumple = 1. La población a la que se aplicó el cuestionario, como pre y post test, se compone de los fiscalizadores ambientales que ejecutan el control de la contaminación ambiental del río Moquegua. De la calificación del instrumento se obtuvieron valores correspondientes al trabajo de pre campo y al trabajo de campo; lo cual sirvió para determinar el estado de las fases del control de la contaminación, y la incidencia del sistema de monitoreo de calidad de agua en el mentado proceso. La estructura del instrumento está formada por 2 secciones la primera formado por las instrucciones y la última compuesta por los diferentes ítems necesarios la presente investigación.

Este instrumento fue validado por juicio de experto, representado por el Ingeniero Sucapuca Sucapuca, Francisco Epifiano obteniendo una calificación aprobatoria, tal como se

aprecia en la Matriz de validación que consta en el ANEXO 04.

El pre test es la primera medición que se hace de la variable dependiente en un estudio pre experimental, sirve para tener un primer vistazo acerca del estado inicial de la variable que se identificó como un problema.

Para la aplicación del instrumento y la captura de datos en pre test, es decir antes de la aplicación del sistema de monitoreo de calidad de agua, se siguieron los siguientes pasos:

- Se entabló contacto con la oficina de la Autoridad Local del Agua (ALA), de la región Moquegua, que es una dependencia de la Autoridad Nacional del Agua, situada en el cercado de Moquegua, específicamente, la población de estudio la conformó el personal del área encargada de monitorear el río Moquegua.
- A la Población de estudio se les explicó el propósito de esta investigación a la vez que se les solicitó su compromiso en el apoyo de la investigación, ante el asentimiento del personal se pactó la fecha de aplicación del instrumento.
- Llegado la fecha pactada, el instrumento se pudo aplicar, los datos obtenidos se calificaron de manera manual y luego se almacenó en una base de datos.

Una vez culminada la labor de monitoreo que el personal, se aplicó el instrumento "Cuestionario de control de la contaminación ambiental" (VER ANEXO 03). Para así tener un registro de la percepción de los fiscalizadores en su procedimiento tradicional del control de contaminación del agua.

PERSONAL	VARIABLE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL - PRETEST																						VD		
	DIMENSIÓN 1: TRABAJO DE PRECAMPO											DIMENSIÓN 2: TRABAJO DE CAMPO													
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	D1	p12	p13	p14	p15	p16	p17	p18	p19	p20	p21		D2	
1	3	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	51	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	48	99
2	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	52	5	4	5	5	4	4	2	3	3	2	37	89	
3	3	4	3	3	3	4	4	4	5	5	3	41	4	4	5	4	4	4	2	4	3	2	36	77	
4	3	4	4	5	4	4	3	5	5	4	4	45	4	4	5	4	4	4	2	3	2	4	36	81	
5	4	4	3	3	4	5	4	4	4	4	4	43	4	3	4	4	4	3	1	3	3	1	30	73	
6	5	4	5	4	4	5	4	5	5	4	4	49	5	4	4	3	4	3	2	3	3	2	33	82	
7	4	3	4	4	3	3	4	3	4	4	3	39	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	32	71	

Figura 7. Base de datos pre test

Nota. Elaboración propia

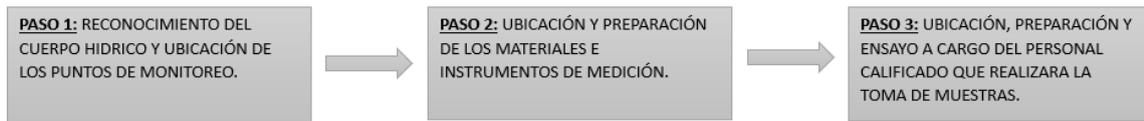
Para tener evidencias de la aplicación se tomaron fotografías con el celular de marca Xiaomi Mi9TPro que cuenta con una cámara de 48 MP.



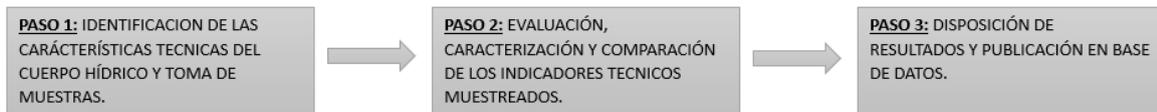
*Figura 8:* Aplicación del pretest

Nota. Elaboración propia

Para la visualización de las demás imágenes fotográfica ir al ANEXO 05



*Figura 9:* Diagrama de bloques de los pasos realizados para el trabajo pre campo  
Nota. Elaboración Propia.



*Figura 10:* Diagrama de bloques de los pasos realizados para el trabajo de campo  
Nota. Elaboración Propia.

Para desarrollo del marco metodológico con el que opera el Sistema de monitoreo es el siguiente:

- Los instrumentos para la medición son revisados exhaustivamente, dependen de mantenimientos periódico y/o con frecuencia tolerante según el uso. Para que, la captura de datos tenga la precisión y la fiabilidad requerida.
- Los datos obtenidos por los instrumentos de medición pasan por un sistema de comparación eléctrica para transformar los datos capturados en datos eléctricos.
- Los datos eléctricos obtenidos son transportados por un medio (inalámbrico o alámbrico) a los nodos gateway.
- Los nodos gateway al recibir la información de los sensores y/o transmisores son emitidos a lo router para ser encaminados a su destino.
- La información emitida por los nodos Gateway son recibidas por los routers en cada oficina de monitoreo.

- Los datos obtenidos y guardados en la nube son visualizados mediante los monitores para que puedan ser leídos y descifrados por los especialistas.
- Todos los datos visualizados son guardados en una memoria interna de cada punto de visualización.

El pos test es la segunda medición que se hace de la variable dependiente en un estudio pre experimental, sirve para conocer el estado de la variable dependiente tras la aplicación de la variable independiente y posteriormente hacer la prueba de hipótesis

Posteriormente se procedió a capacitar al personal respecto a las propiedades del sistema de monitoreo (la variable independiente), para lo cual:

1. Se contactó con el personal de fiscalización para establecer un punto idóneo en el que se pueda ubicar el sistema monitoreo de calidad de agua propuesto, mismo que sirve para la medición de la contaminación del río Moquegua también conocido como río Osmore, ubicado en el sur Perú, recorre las provincias de Mariscal Nieto e Ilo, limita por el norte con la cuenca del río Tambo, con la sub cuenca del río Vizcachas, por el sudeste con la cuenca del río Locumba y al oeste con el Océano Pacífico esto ubicado departamento de Moquegua.
2. Se consultó al personal de fiscalización ambiental sobre las mejores ubicaciones para la instalación de un punto de muestreo en que se pueda integrar el sistema de monitoreo, en las inmediaciones del río Moquegua más próxima a la zona céntrica, siendo el lugar apropiado, el ubicado frente al local de la Dirección Regional de Educación (Malecón Ribereño).
3. Se capacitó al personal de fiscalización sobre la utilización del sistema de monitoreo y se les permitió visualizar una simulación del sistema de monitoreo de calidad de agua,

lo que brindó mayores alcances sobre las bondades y características que el sistema aporta.

4. Con la implementación del sistema de monitoreo los datos son capturados mediante los sensores y estos enviados a la base de datos para su procesamiento.

Una vez culminada la labor de monitoreo que el personal efectuó, se aplicó nuevamente el instrumento “Cuestionario de control de la contaminación ambiental” (VER ANEXO 03). Para así tener un registro de la percepción de los fiscalizadores después aplicando el sistema de monitoreo en el proceso de control de contaminación.

VARIABLE: CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL - POSTEST																								
DIMENSIÓN 1: TRABAJO DE PRECAMPO												DIMENSIÓN 2: TRABAJO DE CAMPO												
p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	D1	p12	p13	p14	p15	p16	p17	p18	p19	p20	p21	D2	vd	
4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	51	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	49	100
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	55	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	48	103
5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	54	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	48	102
5	5	5	5	5	4	5	5	4	4	5	5	52	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	48	100
4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	52	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	49	101
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	54	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	48	102
5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	5	52	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	48	100

Figura 11: Base de datos pos test

Nota: Elaboración propia

Finalmente, es necesario recalcar que, en el desarrollo de esta investigación se tomó en consideración los criterios éticos que se exponen a continuación:

- Las personas que componen la muestra lo han hecho por su propia voluntad, no se les ha influenciado ni amedrentado de ninguna manera.
- Los datos recabados como resultados, no se alterado ni modificado de ninguna forma, ya sea confirmar la hipótesis o para acrecentar la influencia de la variable independiente.

- El trato con la muestra se ha entablado de manera protocolar, pidiendo autorizaciones por escrito al representante legal de la ALA.
- La información obtenida por este estudio tiene un uso estrictamente académico y científico, quedando prohibida la divulgación de resultados individuales para fines distintos. Lo que fue debidamente informado a los participantes.
- El proceso de recolección de datos llevo a cabo con los debidos cuidados, considerando las consecuencias éticas producidas al entablar contacto con quienes participaron en este estudio.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

En este capítulo presentaré los resultados de análisis desarrollado en la presente investigación. Estos resultados demostrarán la mejora considerable que existe entre la propuesta que se brinda, sobre el proceso tradicional que realizan las autoridades competentes que evalúan el comportamiento, caracterización y calidad del recurso hídrico. Del mismo modo, se puede observar el diagrama del sistema de monitoreo de la calidad del agua, donde involucra y se refleja toda la propuesta a nivel técnico para poder apreciar de manera gráfica el proceso por el cual se obtendrá los datos de temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y PH; los cuales serán visualizados por los usuarios encargados de realizar el monitoreo. (Ver anexo 8).

Asimismo, detallaré los resultados de la estadística descriptiva y la estadística inferencial, para con ello determinar la viabilidad que presenta la propuesta técnica de esta investigación.

#### **Estadística descriptiva**

#### **Presentación de resultados por variables y dimensiones**

A continuación, se procede a plasmar y exponer los resultados descriptivos de la variable dependiente "Control de contaminación ambiental" y de sus dimensiones, considerando que fue sometida a evaluaciones de pre test y post test.

#### **Estadística descriptiva de la variable "Control de contaminación ambiental" en pre test**

*Tabla 6.* Variable dependiente: Control de la contaminación ambiental (pre test)

---

			Porcentaje
Frecuencia	Porcentaje	acumulado	

---

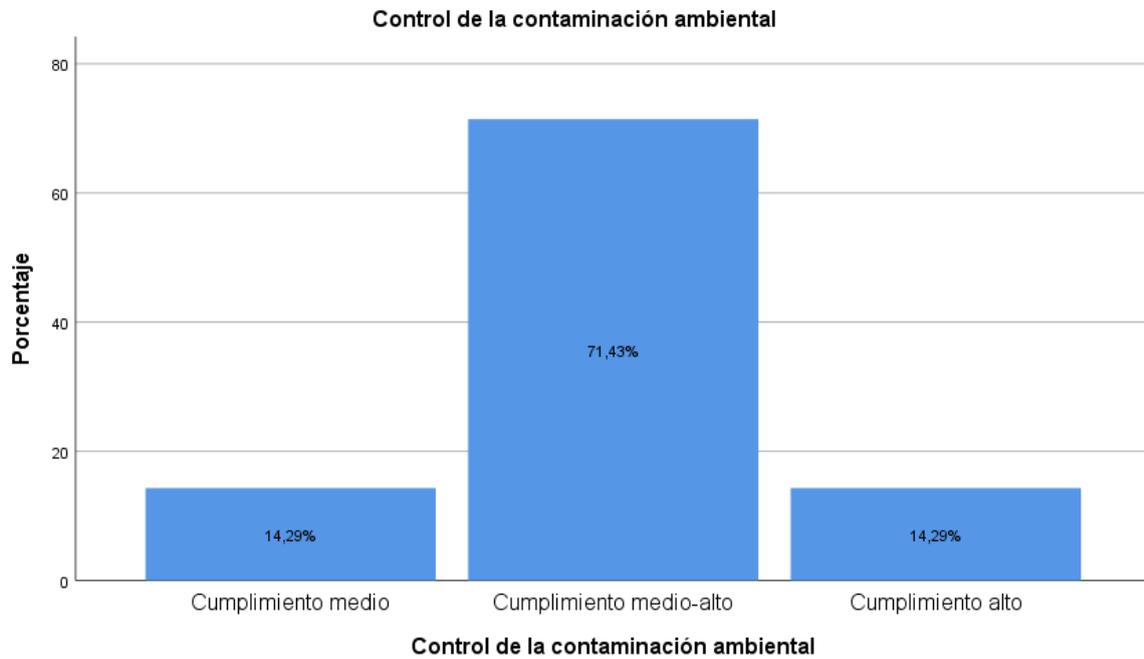
---

Cumplimiento medio	1	14,3%	14,3%
Cumplimiento medio-alto	5	71,4%	85,7%
Cumplimiento alto	1	14,3%	100,0%
Total	7	100,0%	

---

Nota. Resultados del cuestionario en pre test, 2021

La variable Control de contaminación ambiental refiere un conjunto de actividades destinadas al control del impacto de la actividad humana en el agua de río, conforme a un protocolo de aplicación nacional, se compone de dos dimensiones: trabajo de pre campo y trabajo de campo. En el pre test, los encuestados mayoritariamente refieren que el cumplimiento del control de la contaminación ambiental es medio-alto, representando el 85,7%. En tanto que, un 14,3% indica que el cumplimiento es medio y el restante 14,3% señala que el cumplimiento es alto. Cabe mencionar que entre los encuestados no hay calificaciones negativas respecto al cumplimiento del proceso de control de contaminación, sin embargo, si hubo un 14,3% que consideró que el control de contaminación se encuentra en un cumplimiento medio.



*Figura 12.* Control de la contaminación ambiental (pre test)

Nota. Resultados del cuestionario como pre test, 2021

La figura resalta que el control de la contaminación ambiental ostenta un cumplimiento medio-alto, según lo percibe el personal del ALA Moquegua, el cual cumple con el protocolo estandarizado por el Estado peruano.

Tabla 7. Dimensión: Trabajo de pre campo (pre test)

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Cumplimiento medio-alto	4	57,1%	57,1%
Cumplimiento alto	3	42,9%	100,0%
Total	7	100,0%	

Nota. Resultados del cuestionario como pre test, 2021

La dimensión Trabajo de pre campo del Control de contaminación ambiental hace referencia a las actividades de preparación de materiales a emplear en el trabajo de campo y la elección del personal apto para la labor de monitoreo en el río. En el pre test, los encuestados mayoritariamente refieren que el cumplimiento del trabajo de pre campo es medio-alto, representando el 57,1%. En tanto que, un 42,9% indica que el cumplimiento es alto. Cabe mencionar que la totalidad de los encuestados consideran que el trabajo de pre campo se mantiene en un cumplimiento medio-alto y alto.

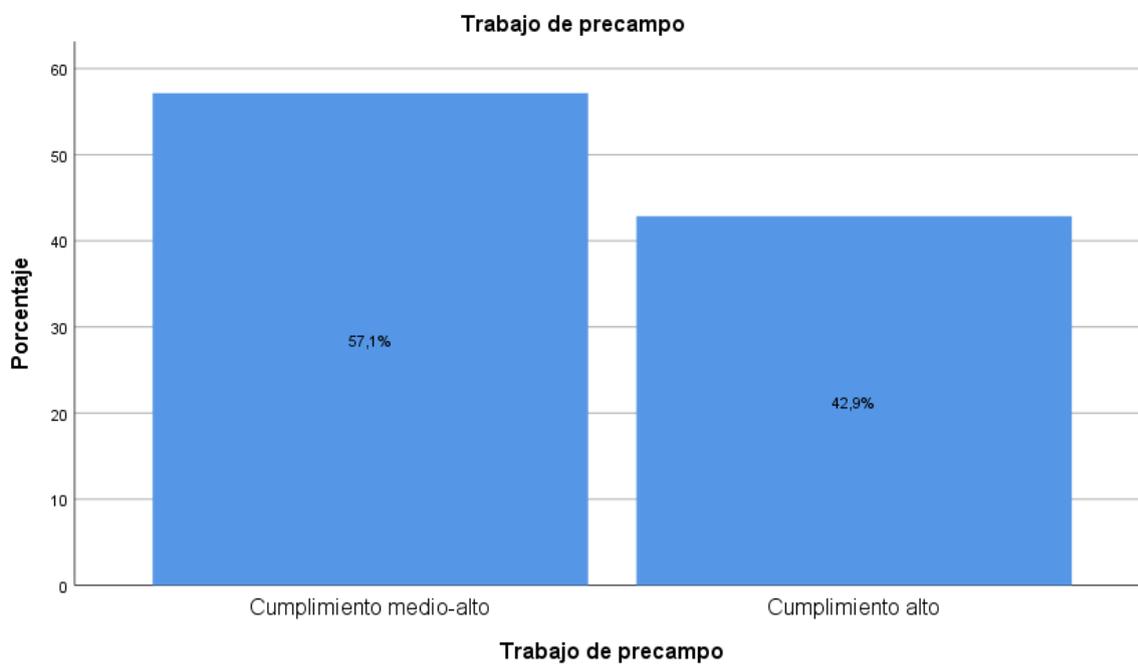


Figura 13. Dimensión Trabajo de precampo (pre test)

Nota. Resultados del cuestionario como pre test, 2021

La figura resalta que el trabajo de pre campo del control de contaminación ambiental ostenta un cumplimiento medio-alto y alto, según lo percibe el personal del ALA Moquegua el cual cumple con el protocolo estandarizado por el Estado peruano.

Tabla 8. Dimensión: Trabajo de campo (pre test)

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Cumplimiento medio	3	42,9%	42,9%
Cumplimiento medio-alto	3	42,9%	85,7%
Cumplimiento alto	1	14,3%	100,0%
Total	7	100,0%	

Nota. Resultados del cuestionario como pre test, 2021

La dimensión Trabajo de campo del Control de contaminación ambiental hace referencia a las actividades que se realizan tras llegar al punto de monitoreo, incluyendo la inspección del lugar, la identificación del punto idóneo, el recojo de muestras y los otros pasos necesarios hasta analizar las muestras. En el pre test, los encuestados mayoritariamente refieren que el cumplimiento del trabajo de campo es medio-alto, representando el 85,7%. En tanto que, un 42,9% indica que el cumplimiento es medio. Cabe agregar en esta oportunidad hubo un notable sector del 42,9% de los encuestados que señaló que el trabajo de campo tiene un cumplimiento medio.

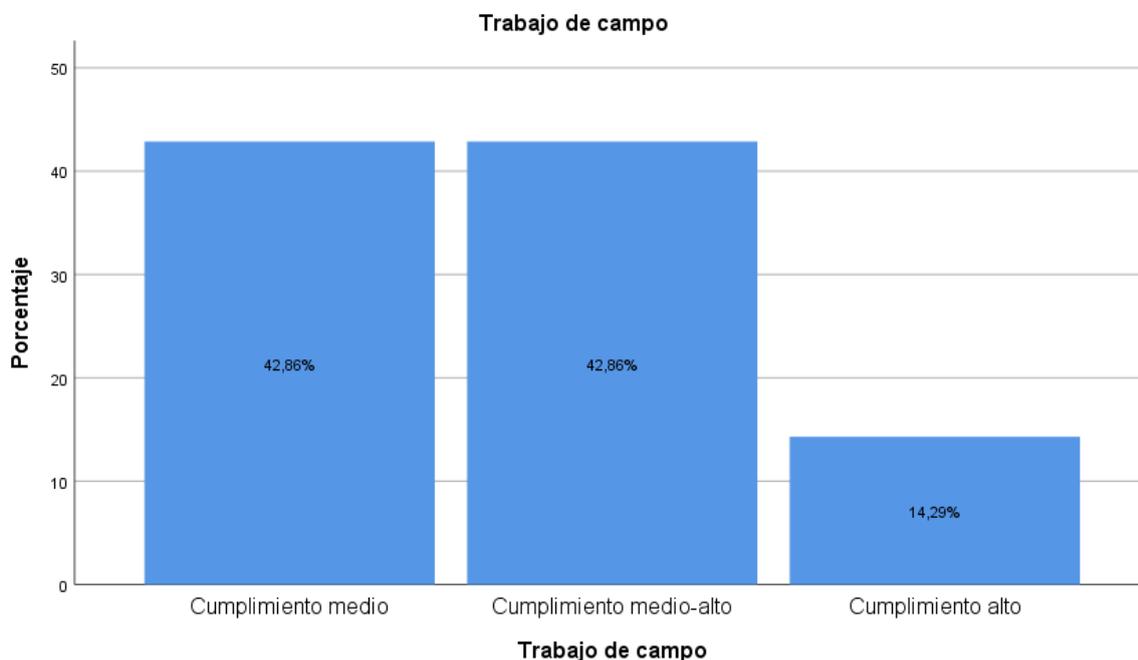


Figura 14. Dimensión: Trabajo de campo (pre test)

Nota. Resultados del cuestionario como pre test, 2021

La figura resalta que el trabajo de campo del control de contaminación ambiental ostenta un cumplimiento medio-alto y alto, según lo percibe el personal del ALA Moquegua el cual cumple con el protocolo estandarizado por el Estado peruano.

## Estadística descriptiva de la variable "Control de la contaminación ambiental" en el post test

Tabla 9. Variable dependiente: Control de la contaminación ambiental (post test)

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Cumplimiento alto	7	100,0%	100,0%

Nota. Resultados del cuestionario como pre test, 2021

La variable Control de contaminación ambiental refiere un conjunto de actividades destinadas al control del impacto de la actividad humana en el agua de río, conforme a un protocolo de aplicación nacional, se compone de dos dimensiones: trabajo de pre campo y trabajo de campo. En el post test, la totalidad de los encuestados indican que el cumplimiento del control de la contaminación ambiental es alto, representando el 100%. Cabe mencionar que este resultado se alcanza tras la aplicación de la variable independiente, que propició este incremento de valoración en el cumplimiento del control de contaminación.



Figura 15. Variable dependiente: Control de la contaminación ambiental (post test)

Nota. Resultados del cuestionario en post test, 2021

La figura resalta que el control de la contaminación ambiental ostenta un cumplimiento alto, según lo percibe el personal del ALA Moquegua el cual cumple con el protocolo estandarizado por el Estado peruano.

Tabla 10. Dimensión: Trabajo de pre campo (pos test)

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Cumplimiento alto	7	100,0%	100,0%

Nota: Resultados del cuestionario en post test, 2021

La dimensión Trabajo de pre campo del Control de contaminación ambiental hace referencia a las actividades de preparación de materiales a emplear en el trabajo de campo y la

elección del personal apto para la labor de monitoreo en el río. En el post test, la totalidad de los encuestados indican que el trabajo de pre campo alcanza un cumplimiento alto, representando el 100%. Cabe mencionar que este resultado se obtuvo tras la aplicación de la variable independiente, que propició este incremento de valoración en el cumplimiento del trabajo de pre campo.



Figura 16. Dimensión trabajo de precampo (post test)

Nota. Resultados del cuestionario en post test, 2021

La figura resalta que el trabajo de pre campo del control de la contaminación ambiental ostenta un cumplimiento alto, según lo percibe el personal del ALA Moquegua el cual cumple con el protocolo estandarizado por el Estado peruano.

Tabla 11. Dimensión: Trabajo de campo (post test)

			Porcentaje
	Frecuencia	Porcentaje	acumulado
Cumplimiento alto	7	100,0%	100,0%

Nota. Resultados del cuestionario en post test, 2021

La dimensión Trabajo de campo del Control de contaminación ambiental hace referencia a las actividades que se realizan tras llegar al punto de monitoreo, incluyendo la inspección del lugar, la identificación del punto idóneo, el recojo de muestras y los otros pasos necesarios hasta analizar las muestras. En el post test, la totalidad de los encuestados indican que el trabajo de campo alcanza un cumplimiento alto, representando el 100%. Cabe mencionar que este resultado se obtuvo tras la aplicación de la variable independiente, que propició este incremento de valoración en el cumplimiento del trabajo de campo.

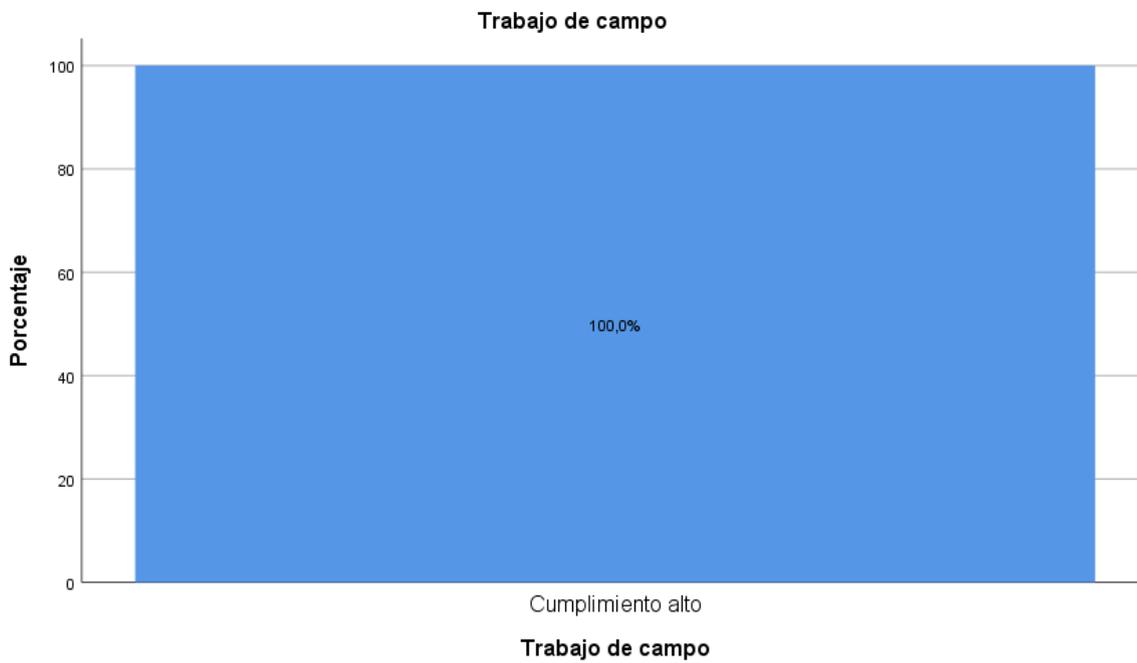


Figura 17. Dimensión: Trabajo de campo (post test)

Nota. Resultados del cuestionario en post test, 2021

La figura resalta que el trabajo de campo del control de la contaminación ambiental ostenta un cumplimiento alto, según lo percibe el personal del ALA Moquegua el cual cumple con el protocolo estandarizado por el Estado peruano.

**TABLAS RESUMEN DE LAS MEDICIONES EN PRETEST, POSTEST Y LA DIFERENCIA ENTRE AMBOS**

Tabla 12. Resumen de la medición del pre test,

	Trabajo de pre campo	Trabajo de campo	Control de la contaminación ambiental
Media	45.71	36	81.71
Porcentaje de cumplimiento	83.12%	72%	77.82%
Nivel de cumplimiento	Medio-alto	Medio-alto	Medio-alto

Nota. Resultados del cuestionario en pre test y post test, 2021

El pre test es la primera medición que se hace de la variable Control de contaminación ambiental y sus dimensiones. Se aprecia que el trabajo de pre campo obtiene una media de 41,71 de un puntaje máximo de 55, lo cual representa un 83,12% de cumplimiento. Además, la dimensión trabajo de campo obtiene una media de 36 de un puntaje máximo de 50, lo cual representa un 72% de cumplimiento. Asimismo, la variable Control de contaminación ambiental obtiene una media de 81,71 de un puntaje máximo de 105, lo cual representa un 77,82% de cumplimiento. Cabe agregar que, conforme a los porcentajes apreciados, la dimensión trabajo de campo estaría alcanzando un porcentaje de cumplimiento inferior al que obtiene la variable y la dimensión trabajo de pre campo. Asimismo, tanto la variable como sus dimensiones se encuentran en el nivel de cumplimiento medio-alto.

Tabla 13. Resumen de la medición del post test

	Trabajo de pre campo	Trabajo de campo	Control de la contaminación ambiental
Media	52.86	48.29	101.14
Porcentaje de cumplimiento	96.10%	96.57%	96.33%
Nivel de cumplimiento	Alto	Alto	Alto

Nota. Resultados del cuestionario en pre test y post test, 2021

El post test es la segunda medición que se hace de la variable Control de contaminación ambiental y sus dimensiones, esta se efectúa con posterioridad a la aplicación de la variable independiente. Se aprecia que el trabajo de pre campo obtiene una media de 52,86 de un puntaje máximo de 55, lo cual representa un 96,10% de cumplimiento. Además, la dimensión trabajo de campo obtiene una media de 48,29 de un puntaje máximo de 50, lo cual representa un 96,57% de cumplimiento. Asimismo, la variable Control de contaminación ambiental obtiene una media de 101,14 de un puntaje máximo de 105, lo cual representa un 96,33% de cumplimiento. Cabe agregar que, conforme a los porcentajes apreciados, se pone en evidencia que en el post test los porcentajes de cumplimiento pasan a estar bastante igualados en un 96% de cumplimiento. Asimismo, tanto la variable como sus dimensiones se encuentran en el nivel de cumplimiento alto.

Tabla 14. Resumen de la diferencia entre el pre test y el post test

	Trabajo de pre campo	Trabajo de campo	Control de la contaminación ambiental
Media	7.15	12.29	19.43
Porcentaje de cumplimiento	12.98%	24.57%	18.51%
Nivel de cumplimiento	Aumentó un nivel	Aumentó un nivel	Aumentó un nivel

Nota. Resultados del cuestionario en pre test y post test, 2021

La diferencia entre el pre test y el post test permite apreciar los cambios dados tras la aplicación de la variable independiente. Se aprecia que en el trabajo de pre campo la media de la diferencia es de 7.15 de un puntaje máximo de 55, lo cual representa un 12,98% de cumplimiento. También se puede distinguir que en el trabajo de campo la media de la diferencia es de 12,29 de un puntaje máximo de 50, lo cual representa un 24,57% de cumplimiento.

Asimismo, se evidencia que en la variable Control de contaminación ambiental la media de la diferencia es de 19,43 de un puntaje máximo de 105, lo cual representa un 18,51% de cumplimiento. De lo cual se desprende que, el mayor incremento de puntuación y porcentaje de mejora se dio en la dimensión trabajo de campo. Por otro lado, se distingue que tanto la variable como sus dimensiones aumentaron un nivel de cumplimiento, posicionándose en el nivel más elevado.

## Prueba de normalidad

Tabla 15. Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Control de contaminación ambiental (pre test)	0,936	7	0,600
Control de contaminación ambiental (post test)	0,859	7	0,147

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Resultados del cuestionario en pre test y post test, 2021

Para la prueba de normalidad se procedió a aplicar el estadístico Shapiro-Wilk para muestras inferiores a cincuenta unidades tanto para las mediciones del pretest como del posttest de la variable Control de contaminación ambiental, obteniéndose valores  $p > 0,05$  por lo tanto, corresponde usar estadística paramétrica en la contrastación de hipótesis, es decir emplear la prueba T de Student para muestras relacionadas.

## Estadística inferencial

### CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

#### HIPÓTESIS GENERAL

$H_0$ . El sistema de monitoreo de calidad de agua no influye significativamente en el control de contaminación ambiental en el río Moquegua, en el año 2021.

$H_a$ . El sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en el control de contaminación ambiental en el río Moquegua, en el año 2021.

#### Regla de decisión

Si Valor  $p \geq 0,05$ , se acepta la  $H_0$  y se rechaza la  $H_a$

Sí Valor  $p < 0,05$ , se acepta la  $H_a$  y se rechaza la  $H_0$

Tabla 16. Estadística de muestras emparejadas

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Post test	101,14	7	1,215	0,459
Pre test	81,71	7	9,708	3,669

Nota. Elaboración propia.

Tabla 17. Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Post test y Pre test	7	0,061	0,897

Nota. Elaboración propia.

Tabla 18. Prueba t para muestras relacionadas del Pre y post test del Control de contaminación ambiental.

	IC 95%			t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Inferior	Superior			
Evaluación de Post test y Pre test	19,429	10,448	28,409	5,294	6	0,002

Nota. Elaboración propia.

Los resultados con la prueba t de student señalan un valor  $p = 0,002 < 0,05$  por consiguiente se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_a$ , es decir que las medias entre el pre y post test son significativamente distintas, por lo cual se concluye que el Sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en el control de contaminación ambiental en el río Moquegua, en el año 2021.

## HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

H<sub>0</sub>. El sistema de monitoreo de calidad de agua no influye significativamente en la etapa del trabajo de pre campo.

H<sub>a</sub>. El sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en la etapa de trabajo de pre campo.

Regla de decisión

Si Valor  $p \geq 0,05$ , se acepta la H<sub>0</sub> y se rechaza la H<sub>a</sub>

Sí Valor  $p < 0,05$ , se acepta la H<sub>a</sub> y se rechaza la H<sub>0</sub>

Tabla 19. Estadísticas de muestras emparejadas

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Post test	52,86	7	1,464	,553
Pre test	45,71	7	5,057	1,911

Nota. Elaboración propia.

Tabla 20. Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Post test y Pre test	7	,241	,602

Nota. Elaboración propia.

Tabla 21. Prueba t para muestras relacionadas del Pre y post test de la etapa trabajo de pre campo.

	Media	IC 95% Inferior	Superior	t	gl	Sig. (bilateral)
Evaluación de Post test y Pre test	7,143	2,599	11,687	3,846	6	,008

Nota. Elaboración propia.

Los resultados con la prueba t de student señalan un valor  $p = 0,008 < 0,05$  por consiguiente se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_a$ , es decir que las medias entre el pre y post test son significativamente distintas, por lo cual se concluye que el Sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en la etapa de trabajo de pre campo en el río Moquegua, en el año 2021.

## HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

H<sub>0</sub>. El sistema de monitoreo de calidad de agua no influye significativamente en la etapa del trabajo de campo.

H<sub>a</sub>. El sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en la etapa de trabajo de campo.

Regla de decisión

Si Valor  $p \geq 0,05$ , se acepta la H<sub>0</sub> y se rechaza la H<sub>a</sub>

Sí Valor  $p < 0,05$ , se acepta la H<sub>a</sub> y se rechaza la H<sub>0</sub>

Tabla 22. Estadística de muestras emparejadas

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Trabajo de campo	48,29	7	,488	,184
Trabajo de campo	36,00	7	5,859	2,215

Nota. Elaboración propia.

Tabla 23. Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Post test y Pre test	7	,350	,442

Nota. Elaboración propia.

Tabla 24. Prueba de muestras emparejadas de la variable Control de contaminación ambiental.

	Media	IC 95%		t	gl	Sig. (bilateral)
		Inferior	Superior			
Evaluación de Post test y Pre test	12,286	7,007	17,564	5,695	6	,001

Nota. Elaboración propia.

Los resultados con la prueba t de student señalan un valor  $p = 0,001 < 0,05$  por consiguiente se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_a$ , es decir que las medias entre el pre y post test son significativamente distintas, por lo cual se concluye que el Sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en la etapa de trabajo de campo en el río Moquegua, en el año 2021.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### Discusión

Los resultados de esta investigación se obtuvieron mediante la evaluación, en pre y post test, del control de contaminación ambiental, ambas mediciones sometidas al estadístico t de student para muestras relacionadas, de lo cual se obtuvo una diferencia entre las medias del pre y post test igual a 19,43, un valor t de 5,29, y un p valor de  $0,002 < 0,05$ , con lo que se confirmó la hipótesis alterna de esta investigación, la cual versa en que el sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en el control de contaminación ambiental en el río Moquegua, en el año 2021, de manera significativa. Así quedó comprobado que este sistema automatizado proporciona mejoras al procedimiento estandarizado de control de contaminación ambiental, lo cual guarda relación con lo expresado por Manoj, et al. (2021) que refiriéndose a los sistemas automatizados, rescata su capacidad de conectividad para la manipulación de aparatos mecánicos y digitales de modo rápido y constante, pudiendo de esa manera optimizar procedimientos como el control de la contaminación ambiental.

Asimismo, considerando que los resultados de la hipótesis general, en donde el valor  $p = 0,002 < 0,05$ , indicarían que el sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en el control de contaminación ambiental del río Moquegua, en el año 2021. Es importante rescatar que esta conclusión comparte similitud con la alcanzada por Kumar, Askarunisa, y Kumar (2020) que tras implementar un Sistema de evaluación de calidad de agua basado en IoT llegaron a la conclusión de que este sistema mejora el método de control dotándole de precisión y sobre todo rapidez; lo que coincide con León (2019), que al desarrollar un sistema automático de monitoreo de mercurio para aguas aledañas a explotaciones mineras concluyó que este sistema optimizaba el desarrollo del monitoreo y debería dar paso a reemplazar el monitoreo manual. Además, es importante mencionar que, esta investigación

comparte semejanza con la efectuada por Mohammed y Ismail (2021) en Bagdad, quienes al igual que en la presente incluyeron subsistemas de captación, de datos, captura de datos y visualización, para lo cual emplearon sensores de pH, un microcontrolador Arduino y finalmente un módulo que permite la visualización de la información. Además, es interesante comentar que algunos investigadores, desarrollaron sistemas de monitoreo con procedimientos distintos como sucede con Bian et. al. (2019) que elaboraron un sistema de redes de monitoreo ambiental marino en China que opera con un enfoque estadístico y geoestadístico que fue capaz de optimizar las redes monitoreo marino.

Asimismo, considerando que los resultados de la primera hipótesis específica, en donde el valor  $p = 0,008 < 0,05$ , indicaría que el sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en la etapa de trabajo de pre campo en el río Moquegua, en el año 2021. Es importante rescatar que esta conclusión es compatible con la alcanzada por Pasika y Gandla (2020), que dejan entrever que el sistema de monitoreo automatizado aplicado al control de contaminación de agua prácticamente desaparece la fase de trabajo de pre campo permitiendo desarrollar la recolección de información, mediciones y visualización de resultados en tiempo real, de manera eficiente y económica; lo mismo que se aprecia en la investigación de Farfán (2016), que también desarrolló un sistema de monitoreo de calidad de agua en el cual el trabajo de pre campo se aprecia como omitido, dado que los sensores son maniobrables desde la comodidad de las oficinas del persona que efectiviza el trabajo de monitoreo, evitándoles tener que trasladarse e invertir tiempo en preparar los equipos y materiales necesarios para la realización del monitoreo; además de los alcances esbozados por Rajalashmi et al. (2021), que buscando la identificación de puntos de contaminación incorporó un sistema de monitoreo, concluyendo que estos sistemas facilitan el estudio directo de las muestras líquidas, recomendando su empleo en escenarios de estudio de la contaminación del agua.

Asimismo, considerando que los resultados de la segunda hipótesis específica, en donde el valor  $p = 0,001 < 0,05$ , indicaría que el sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en la etapa de trabajo de campo en el río Moquegua, en el año 2021. Es necesario señalar que esta conclusión se asemeja a la alcanzada por Huan et al. (2020), quien diseñó un sistema de monitoreo de calidad de agua para estanques empleando IoT en China, resultando que este sistema podía obtener los parámetros de calidad de agua en tiempo real, con lo cual el trabajo de campo se sintetiza; otro ejemplo de similitud es que aporta Menéndez (2015), quien desarrolló un sistema de sensores que además de optimizar el proceso de monitoreo, brindó una reducción en los costos del trabajo de campo, lo que también ocurre en la presente. También existen algunas investigaciones donde los sistemas de monitoreo enfocados en el trabajo de campo tienen algunas variaciones, como en el caso de la investigación efectuada por Pyagay et al. (2020), en el cual el almacenamiento de la información se almacenaba en la nube; otra investigación en que se manifiestan variaciones fue la efectuada por Arévalo (2018), ya que en esta, además de lograr optimizar el control de la calidad de agua, se dio acceso de los resultados de monitoreo a los mismo usuarios de la zona rural en que se implementó el sistema de monitoreo.

Respecto a las limitaciones del presente estudio se puede mencionar que, al llevarse a cabo en la localidad de Moquegua el personal encargado de la fiscalización de la calidad del agua de la institución Autoridad Local del Agua, tenía un número de solamente 7 trabajadores. Otra limitación estuvo dada en el costo que implicaba la instalación física del sistema de monitoreo de calidad de agua, el cual constituye un monto que se encuentra por encima de los \$ 6 000.00 (seis mil dólares americanos), lo que impidió realizar tal instalación de manera efectiva, lo que motivó al investigador a efectuar una simulación del sistema y presentarla a los especialistas en materia de fiscalización del agua.

## **Conclusiones**

Tras culminar este trabajo de investigación se llegaron a las conclusiones siguientes:

### **General**

Los resultados de esta investigación lograron confirmar la hipótesis general, que versa en que "El sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en el control de contaminación ambiental en el río Moquegua, en el año 2021", pues conforme al análisis estadístico empleando la prueba T de Student de las mediciones en pretest y postest de la variable dependiente "Control de contaminación ambiental", se pudo hallar un p valor de 0,002 < 0,05, además de una diferencia de medias de 18,51, pasando de tener mediciones en el pretest equivalentes a un nivel de cumplimiento medio-alto representado por el 77,82% a unas mediciones en el postest equivalentes a un nivel de cumplimiento alto representado por el 96,33%; lo que permite distinguir la confirmación de la hipótesis general planteada, pues efectivamente el sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativa y positivamente en el control de la contaminación ambiental.

### **Específicas**

Los resultados de esta investigación lograron confirmar la hipótesis específica 1, que versa en que "El sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en la etapa trabajo de precampo en el río Moquegua, en el año 2021", pues conforme al análisis estadístico empleando la prueba T de Student de las mediciones en pretest y postest de la variable dimensión "Trabajo de precampo", se pudo hallar un p valor de  $0,008 < 0,05$ , además de una diferencia de medias de 12,98, pasando de tener mediciones en el pretest equivalentes a un nivel de cumplimiento medio-alto representado por el 83,12% a unas mediciones en el postest equivalentes a un nivel de cumplimiento alto representado por el 96,10%; lo que permite distinguir la confirmación de la hipótesis específica 1 planteada, pues efectivamente el sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativa y positivamente en el trabajo de precampo del control de la contaminación ambiental.

Los resultados de esta investigación lograron confirmar la hipótesis específica 2, que versa en que "El sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en la etapa trabajo de campo en el río Moquegua, en el año 2021", pues conforme al análisis estadístico empleando la prueba T de Student de las mediciones en pretest y postest de la variable dimensión "Trabajo de campo", se pudo hallar un p valor de  $0,001 < 0,05$ , además de una diferencia de medias de 24,57%, pasando de tener mediciones en el pretest equivalentes a un nivel de cumplimiento medio-alto representado por el 72% a unas mediciones en el postest equivalentes a un nivel de cumplimiento alto representado por el 96,57%; lo que permite distinguir la confirmación de la hipótesis específica 2 planteada, pues efectivamente el sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativa y positivamente en el trabajo de campo del control de la contaminación ambiental.

## **Recomendaciones**

Considerando los resultados alcanzados en la presente investigación y la coherencia que guardan con los alcances arribados en los artículos científicos, compendios teóricos e investigaciones nacionales e internacionales citadas a lo largo de este informe, queda en evidencia la capacidad que tiene el sistema de monitoreo de calidad de agua en el control de la contaminación ambiental, por lo tanto se sugiere a los directivos encargados de la labor de fiscalización ambiental, puedan iniciar las gestiones para que se estandarice el empleo de esta clase de sistema automatizados de monitoreo, ya que ha quedado comprobado rapidez, precisión y facilidad de uso, mediante el ahorro de tiempo y recursos humanos en la labor de monitoreo de agua de río.

Asimismo, se sugiere a los especialistas del área ambiental en general, considerar el empleo de estas tecnologías para facilitar su labor, cabe agregar que, estos aditivos tecnológicos pueden también emplearse en otros procesos de monitoreo ambiental, como podría ser el caso del resguardo de la calidad de aire, suelos, sonido, entre otros, por lo cual se extiende la recomendación a la implementación de tecnologías automatizadas para los distintos monitoreos ambientales.

Además, se sugiere a las autoridades estatales dar mayor participación a los especialistas en ingeniería electrónica en la protocolización de procedimientos como el del control de la contaminación, ya que sus aportes podrían generar significativos ahorros en tiempo y recursos humanos al Estado, a través de la incorporación de sistemas automatizados para las labores que correspondan.

## REFERENCIAS

- Agencia Europea de Medio Ambiente. (2020). La situación del medio ambiente en Europa 2020: Urge un cambio de rumbo para afrontar los desafíos del cambio climático, revertir la degradación y garantizar la prosperidad futura [Noticias]. <https://www.eea.europa.eu/es/highlights/euroopan-ympariston-tila-2020-suuntaa>
- Arévalo Junco, A. D. (2018). PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN INSTALACIONES DE CAPTACIÓN DE UNA LOCALIDAD RURAL DEL MUNICIPIO DE TIBANÁ – BOYACÁ [Tesis de pregrado, Universidad Piloto de Colombia]. <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/4769/00004984.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH, 34 (2011). [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/2011-protocolo-anaperu.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/2011-protocolo-anaperu.pdf)
- Protocolo nacional de monitoreo de la calidad en cuerpos naturales de agua superficial, Pub. L. No. Resolución Jefatural 182-2011 (2011). <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/215>
- Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, & Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. (2016). Los sistemas de monitoreo y evaluación: Hacia la mejora continua de la planificación estratégica y la gestión pública. <https://publications.iadb.org/es/los-sistemas-de-monitoreo-y-evaluacion-hacia-la-mejora-continua-de-la-planificacion-estrategica-y>
- Barla, G. (2020). Un diccionario para la educación ambiental. Glosario Ecológico.

[https://www.elcastellano.org/sites/default/files/glosario\\_ambiental.pdf](https://www.elcastellano.org/sites/default/files/glosario_ambiental.pdf)

- Bian, X., Li, X., Qi, P., Chi, Z., Ye, R., Lu, S., & Cai, Y. (2019). Quantitative design and analysis of marine environmental monitoring networks in coastal waters of China. *Marine Pollution Bulletin*, 143, 144-151. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.052>
- Cabezas Sánchez, C. (2018). Enfermedades infecciosas relacionadas con el agua en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35, 309-316. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3761>
- Calderón, C., Quichimbo, L., & Reyes, F. (2016). Desarrollo de la arquitectura hardware aplicada al monitoreo en tiempo real del sistema de Distribución de Agua Potable de la ciudad de Loja. 1-8. <https://doi.org/10.1109/CISTI.2016.7521499>
- Castañeda, M. B., Cabrera, A. F., Navarro, Y., & de Vries, W. (2010). Procesamiento de datos y análisis estadísticos utilizando SPSS: Un libro práctico para investigadores y administradores educativos. EDIPUCRS.
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Diaz, D. (2014). A Primer on Water. *Ingeniería Solidaria*, 10, Article 17. <https://doi.org/10.16925/in.v9i17.811>
- CEPAL. (s. f.). Desarrollo industrial | Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Recuperado 19 de junio de 2021, de <https://www.cepal.org/es/temas/desarrollo-industrial>
- Comisión Nacional del Agua. (2020). Calidad del agua en México. [gob.mx. http://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua](http://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua)
- Comisión Nacional del Agua - México. (s. f.). Procedimiento de muestreo, análisis y reporte de calidad de las aguas residuales. Recuperado 20 de junio de 2021, de [http://www.conagua.gob.mx/conagua07/Declaragua/Procedimiento\\_Muestreo.pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/Declaragua/Procedimiento_Muestreo.pdf)

- Contraloría General de la República del Perú. (2021). Informe de control concurrente N° 7-2021-OCI/4553-SCC (Fiscalización ambiental 7-2021-OCI/4553-SCC; p. 24). La Contraloría General de la República. [https://apps8.contraloria.gob.pe/SPIC/srvDownload/ViewPDF?CRES\\_CODIGO=2021CSI455300016&TIPOARCHIVO=ADJUNTO](https://apps8.contraloria.gob.pe/SPIC/srvDownload/ViewPDF?CRES_CODIGO=2021CSI455300016&TIPOARCHIVO=ADJUNTO)
- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas. (2016). Decenio Internacional para la Acción «El agua, fuente de vida» 2005-2015. Áreas temáticas: Calidad del agua. <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- Earth Council, Inter-American Institute for Co-operation in Agriculture, Universidad para la paz, & Agencia de cooperación técnica Alemana (Eds.). (2002). The Earth Summit ECO 92: Different visions (2.ed). IICA. <https://www.bivica.org/files/cumbre-tierra.pdf>
- Endress+Hauser. (2021a). Technical Information Liquisys M CPM223/253 pH/ORP Measurement. [https://portal.endress.com/wa001/dla/5000319/0382/000/04/TI00194CEN\\_1413.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000319/0382/000/04/TI00194CEN_1413.pdf)
- Endress+Hauser. (2021b). Sensor para la medición de oxígeno disuelto Oxymax COS61. [www.es.endress.com. https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/analisis-agua-liquidos-industria/oxymax-sensor-oxigeno-disuelto?t.tabId=product-overview](https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/analisis-agua-liquidos-industria/oxymax-sensor-oxigeno-disuelto?t.tabId=product-overview)
- Escobar-Gallardo, E., & Villazón, A. (2018). SISTEMA DE MONITOREO ENERGÉTICO Y CONTROL DOMÓTICO BASADO EN TECNOLOGÍA «INTERNET DE LAS COSAS». Investigación & Desarrollo, 18(1), 103-116. <https://doi.org/10.23881/idupbo.018.1-8i>
- Farfán, A. (2016). Desarrollo de un sistema de monitoreo de la calidad del agua utilizando sensores capacitivos de bajo costo. <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/21188>

- Fernández, F., Fabero, J. C., & Mecha López, H. (2019). Control de procesos industriales utilizando hardware reconfigurable. *Reportes científicos de la FACEN*, 10(1), 10-16.  
<https://doi.org/10.18004/rcfacen.2019.10.1.10>
- Gutiérrez, H. (2014). *Calidad y Productividad*. McGraw-Hill.
- Hernández Sampieri, R., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación (Sexta)*.
- Hernández, Y., López, D., & Moya, F. (2019). Monitoreo ambiental como herramienta para el seguimiento continuo previsto en la evaluación de impacto ambiental. *Revista Espacios*, 40(3). <http://www.revistaespacios.com/a19v40n03/a19v40n03p17.pdf>
- hetpro. (2021). DFR0300 Sensor de conductividad Eléctrica. [hetpro-store.com](https://hetpro-store.com/dfr0300/). <https://hetpro-store.com/dfr0300/>
- Huan, J., Li, H., Wu, F., & Cao, W. (2020). Design of water quality monitoring system for aquaculture ponds based on NB-IoT. *Aquacultural Engineering*, 90, 102088.  
<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102088>
- Jiang, T., Jiang, F., Liu, H., Yuan, L., Mo, T., Huang, Z., Li, X., Li, L., Zhu, Z., & Zhou, Z. (2020). An easy and simple kilowatt-MPT-MS-based metal elements analysis method for rapid environmental water monitoring: An example from Poyang Lake of China. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(11), 7939-7952.  
<https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.09.024>
- Kinross gold. (2018). Conozca el Sistema de monitoreo ambiental de Chile—Kinross World Online Newsletter. Kinross World Online Newsletter.  
<https://kinrossworld.kinross.com/es/conozca-el-sistema-de-monitoreo-ambiental-de-chile/>
- Kumar, D. S., Askarunisa, A., & Kumar, R. M. (2020). Embedded processor based automated assessment of quality of the water in an IoT background. *Microprocessors and*

- Microsystems, 77, 103167. <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103167>
- León, F. (2019). Sistema automático de monitoreo de mercurio en tiempo real en aguas aledañas a explotaciones mineras y petroleras usando una plataforma IOT. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13641>
- Manoj, P., Kumar, Y. B., Gowtham, M., Vishwas, D. B., & Ajay, A. V. (2021). Chapter 6— Internet of Things for smart grid applications. En A. Tomar & R. Kandari (Eds.), *Advances in Smart Grid Power System* (pp. 159-190). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824337-4.00006-0>
- Meza A, F. (2009). Control de calidad de las aguas en Chile. *Tierra Adentro*, 83. <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/5048>
- Mohammed, H., & Ismail, S. (2021). Design and implementation of remotely monitoring system for pH level in Baghdad drinking water networks. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 19(3), Article 3. <https://doi.org/10.12928/telkomnika.v19i3.12921>
- Niño-Rojas, V.-M. (2011). *Metodología de la Investigación (Primera)*. Ediciones de la U.
- Núñez, R. (2021). Chile busca la seguridad hídrica a través de la circularidad. *elÁgora*. <https://www.elagoradiario.com/agua/circularidad-seguridad-agua-chile-reutilizacion/>
- Oseda-Gago, D., Hurtado-Tiza, D. R., Chávez-Epiquén, A., & Navarro-Raymundo, Á. F. (2018). *Estadística Aplicada a la Investigación con SPSS (Primera edición)*. Soluciones Gráficas.
- Pasika, S., & Gandla, S. (2020). Smart water quality monitoring system with cost-effective using IoT. *Heliyon*, 6(7), e04096. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04096>
- Paz Menéndez, A. de. (2015). Desarrollo de un sistema de sensores para la detección de sustancias peligrosas. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/668306>

- Plazas, L., Angulo, M., & Torres, A. (2017). Estimación Espectral de Series de Tiempo de Absorbancia UV-Vis para el Monitoreo de Calidad de Aguas. *Ingeniería*, 22, 211. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.reving.2017.2.a03>
- Prokopenko, J. (1989). *La Gestión de la Productividad Manual Práctico*. Oficina Internacional del Trabajo.
- Pygay, V. T., Sarsenova, Z. N., Duisebekova, K. S., Duzbayev, N. T., & Albanbai, N. (2020). Analysis and processing of environmental monitoring system. *Procedia Computer Science*, 170, 26-33. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.006>
- Quezada-Quezada, J. C., Flores-García, E., Bautista-López, J., & Quezada-Aguilar, V. (2014). Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 15(1), 41-50. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1405-77432014000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-77432014000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Quiñones-Cuenca, M., Gonzáles-Jaramillo, V., Torres, R., & Jumbo, M. (2017). Sistema De Monitoreo de Variables Medioambientales Usando Una Red de Sensores Inalámbricos y Plataformas De Internet De Las Cosas. *Universidad Nacional de Loja*, 7(1), 329-343. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.139>
- Rajalashmi, K., Yugathian, N., Monisha, S., & Jeevitha, N. (2021). IoT based water quality management system. *Materials Today: Proceedings*, 45, 512-515. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.110>
- Rustom-Jabbaz, A. (2012). ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA, PROBABILIDAD E INFERENCIA. Departamento de Economía Agraria, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/120284>
- Sarria-Yépez, M. P., Fonseca-Villamarín, G. A., & Bocanegra-Herrera, C. C. (2017). Modelo

- metodológico de implementación de lean manufacturing. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 83, Article 83.  
<https://doi.org/10.21158/01208160.n83.2017.1825>
- NMX-AA-034-SCFI-2015, (2016).  
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166146/nmx-aa-034-scfi-2015.pdf>
- Seifert, I., Skumlien, I., Kofi, G., Gal, G., de Eyto, E., Jennings, & Pierson, D. (2021). Costs and benefits of automated high-frequency environmental monitoring – The case of lake water management. *Journal of Environmental Management*, 285, 112108.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112108>
- Singh, M., & Ahmed, S. (2020). IoT based smart water management systems: A systematic review. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.588>
- Soukarié, D., Ecochard, V., & Salomé, L. (2020). DNA-based nanobiosensors for monitoring of water quality. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 226, 113485. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113485>
- Suárez Tamayo, S., & Molina Esquivel, E. (2014). El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 357-363.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1561-30032014000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1561-30032014000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Valcom. (2021). Transmisor de temperatura Pt100 by Valcom. [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es).  
<https://www.directindustry.es/prod/valcom/product-27908-461195.html>
- Vitón Zorrilla, L. A. (2018). Modelamiento e implementación de un sistema de sensado de PH de bajo consumo de energía aplicado al control de calidad de agua de ríos. Universidad Nacional de Ingeniería.  
<http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2356452>

- Yáñez, C. (2019). ¿En qué consiste el sistema de monitoreo del océano chileno que proponen los científicos? La Tercera. <https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/sistema-monitoreo-oceano-cientificos/927332/>
- Zamora Hernández, A., Rustrian Portilla, E., Sanchez Reyes, B., & González López, G. (2017). Tecnología SIG para el monitoreo de la calidad del agua en Veracruz. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 4(13), 36-46. [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias\\_Naturales\\_y\\_Agropecuarias/vol4num13/Revista\\_de\\_Ciencias\\_Naturales\\_y\\_Agropecuarias\\_V4\\_N13\\_4.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias/vol4num13/Revista_de_Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias_V4_N13_4.pdf)
- Zhou, Z., Li, X., Wu, Y., Zhang, H., Lin, Z., Meng, K., Lin, Z., He, Q., Sun, C., Yang, J., & Wang, Z. L. (2018). Wireless self-powered sensor networks driven by triboelectric nanogenerator for in-situ real time survey of environmental monitoring. *Nano Energy*, 53, 501-507. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2018.08.055>

# ANEXOS

### ANEXO 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA

SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA EN EL CONTROL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL RÍO MOQUEGUA, 2021				
PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVO GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	METODOLOGÍA
¿De qué manera influye un sistema de monitoreo de calidad de agua en el control de contaminación ambiental en el río Moquegua, en el año 2021?	El sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en el control de contaminación ambiental en el río Moquegua, en el año 2021.	Determinar la influencia del sistema de monitoreo de calidad de agua en el control de contaminación ambiental en el río Moquegua, en el año 2021.	Sistema de monitoreo de calidad de agua	Diseño
				$G \quad O_1 \quad X \quad O_2$
				Donde:  G: Muestra  X: Sistema de monitoreo de calidad de agua  O1: Medición pre-experimental del control de contaminación ambiental  O2: Medición post-experimental de contaminación ambiental
				Población
				P = 2

				Todos los especialistas encargados de la fiscalización de la calidad del agua en el río Moquegua en el año 2021.
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	Muestra
¿De qué manera influye un sistema de monitoreo de calidad de agua en la etapa trabajo de pre campo en el río Moquegua, en el año 2021? ¿De qué manera influye un sistema de monitoreo de calidad de agua en la etapa trabajo de campo en el río Moquegua, en el año 2021?	El sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en la etapa trabajo de pre campo en el río Moquegua, en el año 2021. El sistema de monitoreo de calidad de agua influye significativamente en la etapa trabajo de campo en el río Moquegua, en el año 2021.	Determinar la influencia del sistema de monitoreo de calidad de agua en la etapa trabajo de pre campo en el río Moquegua, en el año 2021. Determinar la influencia del sistema de monitoreo de calidad de agua en la etapa trabajo de campo en el río Moquegua, en el año 2021.	Control de contaminación ambiental	M = 2  La muestra es por censo, es decir la totalidad de especialistas encargados de la fiscalización de la calidad del agua en el río Moquegua, en el año 2021.

## ANEXO 02 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E ÍTEMS					
SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA EN EL COTROL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL RÍO MOQUEGUA, 2021					
VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS
Sistema de monitoreo de calidad de agua	Es un sistema integrado para la medición de parámetros de calidad de agua (Arévalo 2018).	En esta investigación, el sistema de monitoreo de calidad de agua se compone de tres subsistemas: subsistema de	Subsistema de captación de datos.	Sensores  Parámetros del ANA	No se creó ningún instrumento para medir la variable independiente: Sistema de aca
			Subsistema de transmisión	Sensores  Nodos repetidores de dragino	

		captación de datos; subsistema de transmisión; y, subsistema de visualización (Arévalo, 2018).	Subsistema de visualización del usuario	Monitores Red LORA	
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS
Control de contaminación ambiental	Son todas aquellas actividades destinadas a controlar el impacto de las actividades humanas en el medio ambiente (Barla 2020)	El control de la contaminación ambiental se realiza conforme al protocolo nacional estandarizado, el cual señala que las actividades de monitoreo se dividen en: trabajo de pre campo y	Trabajo de pre campo	Reconocimiento	Previamente se caracteriza el cuerpo a monitorear y los aspectos que determinan su calidad. Las actividades planificadas responden a las características del cuerpo de agua (parámetros, puntos de monitoreo y frecuencia). Se prevé la ubicación de los puntos de monitoreo anteriormente identificados. El tiempo predeterminado viabiliza la consecución de los objetivos del monitoreo.
				Material	Todos los materiales para la recolección son alistados y preparados adecuadamente.

		trabajo de campo; dentro de las cuales están inmersos los indicadores: reconocimiento, material, personal, caracterización, recolección de muestras, y tomar lectura de parámetros de campo (Autoridad Nacional del Agua, 2011).			<p>Siempre se cuenta con los materiales necesarios para la manipulación y conservación de las muestras.</p> <p>Se preparan los equipos necesarios para el recojo y conservación de las muestras.</p> <p>Los recursos asignados responden a la calidad de resultados obtenidos.</p>
				Personal	<p>El recojo de muestras es realizado por personal especializado.</p> <p>La manipulación y conservación de muestras la realiza personal idóneo.</p> <p>Se asigna la cantidad de personal necesaria para la ejecución del monitoreo.</p>
			Trabajo de campo	Caracterización	<p>Se identifican de forma detallada las características del cuerpo de agua a monitorear y agentes externos.</p> <p>Se toman las muestras en el punto de monitoreo preciso previamente señalado.</p>

				<p>Recolección de muestras</p> <p>Los frascos empleados responden a los parámetros que se pretenden evaluar.</p> <p>Las muestras de agua recabadas responden a los parámetros que se buscan evaluar.</p> <p>Las muestras recogidas son preservadas adecuadamente hasta su análisis.</p> <p>Se garantiza la ausencia de contaminación, adulteración o pérdida de las muestras hasta su evaluación.</p>
				<p>Tomar lectura de parámetros de campo</p> <p>Celeridad</p> <p>Los resultados del procedimiento se obtienen de manera oportuna.</p> <p>Exactitud</p> <p>Los resultados obtenidos representan de manera fidedigna el estado del cuerpo de agua analizado.</p> <p>Del procedimiento se obtiene lecturas cien por ciento confiables.</p> <p>El tiempo en que se ejecutó el monitoreo permitió la ejecución de los objetivos de la fiscalización.</p>

### ANEXO 3: CUESTIONARIO DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL (AGUA)

**Instrucciones:**

Estimado fiscalizador, lea con detenimiento los ítems y marque con una X la alternativa que considere conveniente. Sea sincero, no existen respuestas buenas ni malas, asegúrese de contestar todo.

ESCALA DE LIKERT	VALORACIÓN
Cumple todas las veces o casi todas las veces	5
Cumple la mayoría de veces	4
Cumple regularmente	3
Pocas veces cumple	2
Nunca o casi nunca cumple	1

N°	ITEMS	Valoración				
		1	2	3	4	5
<b>Dimensión: Trabajo de pre campo</b>						
<b>Indicador: Reconocimiento</b>						
1	Previamente se caracteriza el cuerpo a monitorear y los aspectos que determinan su calidad.					
2	Las actividades planificadas responden a las características del cuerpo de agua (parámetros, puntos de monitoreo y frecuencia).					
3	Se prevé la ubicación de los puntos de monitoreo anteriormente identificados					
4	El tiempo predeterminado viabiliza la consecución de los objetivos del monitoreo.					
<b>Indicador: Material</b>						
5	Todos los materiales para la recolección son alistados y preparados adecuadamente.					
6	Siempre se cuenta con los materiales necesarios para la manipulación y					

	conservación de las muestras.						
7	Se preparan los equipos necesarios para el recojo y conservación de las muestras.						
8	Los recursos asignados responden a la calidad de resultados obtenidos.						
Indicador: Personal							
9	El recojo de muestras es realizado por personal especializado.						
10	La manipulación y conservación de muestras la realiza personal idóneo.						
11	Se asigna la cantidad de personal necesaria para la ejecución del monitoreo.						
Dimensión: Trabajo de campo							
Indicador: Caracterización							
12	Se identifican de forma detallada las características del cuerpo de agua a monitorear y agentes externos.						
13	Se toman las muestras en el punto de monitoreo preciso previamente señalado.						
Indicador: Recolección de muestras							
14	Los frascos empleados responden a los parámetros que se pretenden evaluar.						
15	Las muestras de agua recabadas responden a los parámetros que se buscan evaluar.						
16	Las muestras recogidas son preservadas adecuadamente hasta su análisis.						
17	Se garantiza la ausencia de contaminación, adulteración o pérdida de las muestras hasta su evaluación.						
Indicador: Tomar lectura de parámetros de campo							
18	Los resultados del procedimiento se obtienen de manera oportuna.						
19	Los resultados obtenidos representan de manera fidedigna el estado del cuerpo de agua analizado.						
20	Del procedimiento se obtiene lecturas cien por ciento confiables.						
21	El tiempo en que se ejecutó el monitoreo permitió la ejecución de los objetivos de la fiscalización.						

## ANEXO 4: MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

### MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

<b>Título de la investigación:</b>	Sistema de monitoreo de calidad de agua en el control de contaminación ambiental en el río Moquegua, 2021.
<b>Línea de investigación:</b>	Desarrollo sostenible y gestión empresarial
<b>Apellidos y nombres del experto:</b>	Dr. Francisco Epitafio Sucapuca Sucapuca
<b>El instrumento de medición pertenece a la variable:</b>	Control de contaminación ambiental

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una “x” en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.

Items	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		

<b>9</b>	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
<b>10</b>	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
<b>11</b>	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		

**Sugerencias:**



**Firma del experto informante**

**DNI N°: 23273082**

**Teléfono: 975689191**

## ANEXO 5: EXPERIENCIA FOTOGRÁFICA



**ANEXO 6: BASE DE DATOS PRETEST**

VARIABLE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL - PRETEST																									
PERSONAL	DIMENSIÓN 1: TRABAJO DE PRECAMPO											DIMENSIÓN 2: TRABAJO DE CAMPO										TOTAL DE LA VARIABLE			
	PREGUNTAS DIMENSIÓN 1											PREGUNTAS DIMENSIÓN 2													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL DIMENSIÓN 1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	TOTAL DIMENSIÓN 2		
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	<b>D1</b>	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	<b>D2</b>	<b>V</b>	
2	3	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	<b>51</b>	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	<b>48</b>	<b>99</b>
3	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	<b>52</b>	5	4	5	5	4	4	2	3	3	2	<b>37</b>	<b>89</b>	
4	3	4	3	3	3	4	4	4	5	5	3	<b>41</b>	4	4	5	4	4	4	2	4	3	2	<b>36</b>	<b>77</b>	
5	3	4	4	5	4	4	3	5	5	4	4	<b>45</b>	4	4	5	4	4	4	2	3	2	4	<b>36</b>	<b>81</b>	
6	4	4	3	3	4	5	4	4	4	4	4	<b>43</b>	4	3	4	4	4	3	1	3	3	1	<b>30</b>	<b>73</b>	
7	5	4	5	4	4	5	4	5	5	4	4	<b>49</b>	5	4	4	3	4	3	2	3	3	2	<b>33</b>	<b>82</b>	
8	4	3	4	4	3	3	4	3	4	4	3	<b>39</b>	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	<b>32</b>	<b>71</b>	

**ANEXO 7: BASE DE DATOS POSTEST**

<b>VARIABLE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL - POSTEST</b>																								
<b>PERSONAL</b>	<b>DIMENSIÓN 1: TRABAJO DE PRECAMPO</b>											<b>DIMENSIÓN 2: TRABAJO DE CAMPO</b>										<b>TOTAL DE LA VARIABLE</b>		
	<b>PREGUNTAS DIMENSIÓN 1</b>											<b>TOTAL DIMENSIÓN 1</b>	<b>PREGUNTAS DIMENSIÓN 2</b>										<b>TOTAL DIMENSIÓN 2</b>	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	<b>D1</b>	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	<b>D2</b>	<b>V</b>
2	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	4	<b>51</b>	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	<b>49</b>	<b>100</b>
3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	<b>55</b>	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	<b>48</b>	<b>103</b>
4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	<b>54</b>	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	<b>48</b>	<b>102</b>
5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	4	5	<b>52</b>	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	<b>48</b>	<b>100</b>
6	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	<b>52</b>	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	<b>49</b>	<b>101</b>
7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	<b>54</b>	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	<b>48</b>	<b>102</b>
8	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	<b>52</b>	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	<b>48</b>	<b>100</b>

### ANEXO 8: DIAGRAMA DE SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA

