

UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA EVALUAR LA
SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE
EN EL AEROPUERTO ANTONIO NICOLAS BRICEÑO

Presentado por:

BR. Juan Gemmato

BR. Sara Linares

TUTOR ACADEMICO

Ing. Edgar Omaña

TRUJILLO, 2025

**UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA EVALUAR LA
SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE
EN EL AEROPUERTO ANTONIO NICOLAS BRICEÑO**

Trabajo Especial de Grado para Optar al título de Ingeniero Industrial

Presentado por:

BR. Juan Andrés Gemmato Duran

BR. Sara Elena Linares Carrillo

TUTOR ACADEMICO

Ing. Edgar Omaña

TRUJILLO, 2025

DEDICATORIA

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a mi familia y a esos amigos cercanos que siempre han sido, y seguirán siendo, un apoyo esencial en mi camino. En especial a mi mejor amiga, **Sabrina Briceño**, por ser en mi vida una persona tan importante para mí, quiero agradecerte profundamente por tu apoyo incondicional, por consolarme y ayudarme en mis momentos más difíciles, gracias por todo.

A mis amigos más cercanos, **Andrea Acevedo, Rosangel Verde, Dulce Pérez, Adalberto Gonzales, Sinaí Quintero, María Padilla, Mariángel Cordero, Daymar Rosales, Leonardo Diaz**. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi vida, sobre todo durante esta etapa crucial de mi crecimiento profesional.

A mis profesores, a los que realmente me apoyaron en el proceso de desarrollo profesional en la carrera de ingeniería. A nuestro tutor académico, **Prof. Edgar Omaña**, quien para mi compañera y para mí fue una base sólida en la elaboración de nuestra tesis de grado; A mi compañera, Sara Linares, por ser una compañera en nuestro trabajo de grado y buena amiga.

- **Juan Gemmato**

A Dios y al beato San José Gregorio Hernández, por guiarme, por darme claridad y sabiduría en todos esos días en los cuales pensé en abandonar, a mi madre por apoyarme en todo lo que me propongo, por ofrecerme su amor sin límites, por siempre estar orgullosa de mí, por siempre estar, a mi abuela por todo su amor, a una gran amiga que me ha regalado la vida, por creer en mí.

- **Sara Linares**

AGRADECIMIENTO

Quiero comenzar este reconocimiento agradeciendo a mis padres por brindarme la oportunidad de estudiar y por toda la ayuda y el apoyo que me han dado. A mi mejor amiga Sabrina, por ser un pilar muy importante en mi vida, por su apoyo incondicional y su amistad sincera.

A mis amigos más cercanos, Andrea, Rosangel, Dulce, Adalberto, Sinai, María, Mariángel, Daymar, Leonardo; por ser otro pilar importante en mi vida. A mi amiga y compañera de Tesis, Sara, muchas gracias por tu apoyo y comprensión en esta travesía.

A mis profesores que me apoyaron en mi trayecto de desarrollo educativo en la carrera de ingeniería, es especial a nuestro tutor Prof. Edgar Omaña.

- **Juan Gemmato**

Agradecida con mi tutor, el profesor Edgar por sus valiosos consejos, su paciencia infinita y por todo el apoyo que nos brindó a lo largo de este período. A la Universidad Valle del Momboy, por ofrecerme una carrera en la que siento que he podido desarrollar plenamente todas mis capacidades. Al aeropuerto Coronel Antonio Nicolás Briceño y a su personal, por abrirnos sus puertas para la realización de este proyecto.

Sara Linares

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
INDICE GENERAL	5
INDICE DE TABLAS	7
INDICE DE FIGURAS	8
INDICE DE ANEXOS	9
VEREDICTO	10
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
CAPÍTULO I EL PROBLEMA	16
1.1 Planteamiento del Problema.....	16
1.2 Formulación del Problema.....	18
1.3 Objetivos de la Investigación	19
1.3.1 Objetivo General	19
1.3.2 Objetivos Específicos.....	19
1.4 Justificación de la investigación	20
1.4.1 Justificación Teórica	20
1.4.2 Justificación Práctica	20
1.4.3 Justificación Metodológica.....	21
1.4.4 Justificación Social.....	21
Alcances y Limitaciones	22
1.5.1 Alcances	22
1.5.2 Limitaciones	23
1.6 Vinculación con el Proyecto Institucional de Desarrollo Humano Sustentable.....	25
CAPÍTULO II MARCO TEORICO	26

2.1 Antecedentes de la investigación.....	26
2.1.1 Antecedentes Nacionales.....	26
2.1.2 Antecedentes Internacionales	28
2.2 Bases Teóricas	29
Operacionalización de las variables	45
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	46
3.1 Tipo de Investigación	46
3.2 Diseño de Investigación	48
3.3 Población y muestra.....	49
3.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	50
3.5 Validación y confiabilidad.....	52
3.6 Procedimiento metodológico	53
3.7 Técnicas de Análisis de Datos.....	54
CAPÍTULO IV Presentación y Análisis de los Resultados	56
CAPÍTULO V Conclusiones y Recomendaciones.....	67
CAPÍTULO VI LA PROPUESTA	70
REFERENCIAS.....	77
ANEXOS	79

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Mapa de Variables.....	45
Tabla 2. Escala de Alfa de Cronbach.....	53
Tabla 3. Plan de acción para sustentar la propuesta	76

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estado de la infraestructura del sistema de agua potable según lista de cotejo..	57
Figura 2. Cumplimiento relativo de los indicadores de infraestructura evaluados.....	58
Figura 3. Evaluación de la eficiencia operativa del sistema de agua potable.....	59
Figura 4. Cumplimiento general de los criterios de eficiencia operativa.....	60
Figura 5. Percepción de los usuarios sobre calidad del agua y sostenibilidad.	62

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Instrumento para análisis de datos (Encuesta Simplificada – Sistema de Agua Potable del Aeropuerto. Dirigida al personal técnico operativo)	80
Anexo 2. Instrumento para análisis de datos (encuesta)	81
Anexo 3. Tanque de agua, no tiene demarcación para tomar el nivel del agua.....	82
Anexo 4. Bomba de emergencia para los bomberos	82
Anexo 5. Bomba 1 (principal azul) de 10 hp en mantenimiento por válvula y bomba 2 gris de 10 hp operativa a medias.....	83
Anexo 6. Pulmón de 6 mil litros para bombear agua hasta 60 psi.	83
Anexo 7. Tablero eléctrico de bomba 1 y 2.	84
Anexo 8. Tablero de bomba de emergencia	85
Anexo 9. Tubería de inducción que alimenta el aeropuerto.....	85
Anexo 10. Compresor de aire, para inyectarle aire el pulmón para darle presión.....	86
Anexo 11. Manómetro de presión, para tomar la presión del agua.....	86
Anexo 12. Tubería de inducción, alimenta el tanque de agua.....	87
Anexo 13. Fachada del sistema de agua del aeropuerto.....	87
Anexo 14. Llaves de paso (Esta en mantenimiento).....	88
Anexo 15. Tubería que alimenta el agua de emergencia de los bomberos	88
Anexo 16. Evidencias de la realización de encuestas	89

VEREDICTO

VICERRECTORADO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

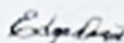
VEREDICTO

Nosotros, Profa. Cristina Vieras, Profe. Edgardo Paolini, Profe. Edgar Omaña designados como miembros del Jurado Examinador del Trabajo de Grado titulado "SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA EVALUAR LA SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN EL AEROPUERTO ANTONIO NICOLAS BRICEÑO" que presenta la bachiller: LINARES CARRILLO SARA ELENA portadora de la C.I. N.º 29.539.033; nos hemos reunido para revisar dicho trabajo y después de la presentación, defensa e interrogatorio correspondiente lo hemos calificado con **dieciocho (18) puntos**, de acuerdo con las normas vigentes dictadas por el Consejo Universitario de la Universidad Valle del Mombay, referente a la evaluación de los Trabajos de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial.

En fe de lo cual firmamos en Carvajal a los veintiocho (28) días del mes de julio del dos mil veinticinco (2025).



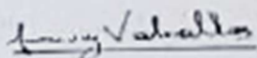
Prof. Edgardo Paolini
C.I. 13.897.564
JURADO



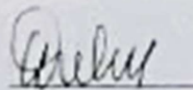
Prof. Edgar Omaña
C.I. 11.896.440
TUTOR



Profa. Cristina Vieras
C.I. 10.910.669
PRESIDENTE DEL JURADO

Profa. Yumary Valecillos
C.I. 14.151.309
DECANO



Profa. Walevka López
C.I. 10.104.896
VICERRECTORA ACADÉMICA





VICERRECTORADO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

VEREDICTO

Nosotros, *Profa. Cristina Vieras, Profe. Edgardo Paolini, Profe. Edgar Omaña* designados como miembros del Jurado Examinador del Trabajo de Grado titulado "SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA EVALUAR LA SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN EL AEROPUERTO ANTONIO NICOLAS BRICEÑO" que presenta el bachiller: **GEMMATO DURAN JUAN ANDRES** portador de la **C.I. N.º 28.323.053**; nos hemos reunido para revisar dicho trabajo y después de la presentación, defensa e interrogatorio correspondiente lo hemos calificado con: **dieciocho (18) puntos**, de acuerdo con las normas vigentes dictadas por el Consejo Universitario de la Universidad Valle del Mombay, referente a la evaluación de los Trabajos de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial.

En fe de lo cual firmamos en Carvajal a los veintiocho (28) días del mes de julio del dos mil veinticinco (2025).

Prof. Edgardo Paolini
C.I. 13.897.564
JURADO

Prof. Edgar Omaña
C.I. 11.896.440
TUTOR

Profa. Cristina Vieras
C.I. 10.910.669
PRESIDENTE DEL JURADO



Profa. Yumary Valecillos
C.I. 14.151.309
DECANO

Profa. Walevka López
C.I. 10.104.896
VICERRECTORA ACADÉMICA



RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal diseñar un sistema de indicadores de desempeño que permita evaluar la sostenibilidad del sistema de agua potable del Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño, ubicado en el estado Trujillo. El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto, con un diseño de campo y nivel descriptivo, integrando tanto información cuantitativa como cualitativa. Para la recolección de datos, se utilizaron dos instrumentos: una lista de cotejo aplicada a la infraestructura hidráulica del aeropuerto y una encuesta dirigida a usuarios y trabajadores del terminal aéreo. Ambos instrumentos fueron diseñados y validados con base en criterios técnicos y metodológicos previamente establecidos.

El diagnóstico reveló debilidades importantes en la infraestructura, tales como deficiencias en el mantenimiento, fugas, y ausencia de monitoreo sistemático, lo que compromete la eficiencia y sostenibilidad del sistema. Además, se detectó una percepción limitada por parte de los usuarios respecto a las prácticas sostenibles implementadas, así como preocupación por la calidad del agua. A partir de estos hallazgos, se diseñó un sistema de indicadores que incluye variables relacionadas con infraestructura, eficiencia operativa y percepción ciudadana, permitiendo una evaluación integral del sistema de agua potable en el contexto aeroportuario. Este estudio contribuye a la gestión sostenible del recurso hídrico en instalaciones estratégicas y sienta las bases para futuras investigaciones orientadas al fortalecimiento de la planificación, evaluación y mejora continua en sistemas similares.

Palabras clave:

Sostenibilidad, agua potable, indicadores de desempeño, aeropuertos, infraestructura hidráulica.

ABSTRACT

The main objective of this research was to design a performance indicator system to evaluate the sustainability of the potable water system at the Cnel. Antonio Nicolás Briceño National Airport, located in the state of Trujillo. The study was conducted using a mixed-methods approach with a field design and descriptive level, integrating both quantitative and qualitative information. Data collection involved two instruments: a checklist applied to the airport's hydraulic infrastructure and a survey administered to users and airport staff. Both instruments were designed and validated based on previously established technical and methodological criteria.

The diagnosis revealed significant weaknesses in the infrastructure, such as deficiencies in maintenance, leaks, and the absence of systematic monitoring, which compromise the system's efficiency and sustainability. Additionally, limited user awareness of the sustainable practices in place and concerns about water quality were identified. Based on these findings, a system of indicators was designed, incorporating variables related to infrastructure, operational efficiency, and public perception, enabling a comprehensive assessment of the potable water system in the airport context. This study contributes to the sustainable management of water resources in strategic facilities and lays the foundation for future research aimed at strengthening the planning, evaluation, and continuous improvement of similar systems.

Keywords:

Sustainability, potable water, performance indicators, airports, hydraulic infrastructure.

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad en la gestión aeroportuaria se ha convertido en un tema crucial en el contexto global, especialmente en lo que respecta a la eficiencia de los recursos naturales y el impacto ambiental de estas infraestructuras. Dentro de este marco, la gestión del agua potable en los aeropuertos representa un desafío significativo, ya que estos complejos requieren un abastecimiento constante y eficiente para su operación. De acuerdo con la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI, 2021), la gestión sostenible en aeropuertos debe incluir indicadores clave que permitan evaluar su desempeño en términos ambientales, operacionales y sociales. Sin embargo, muchos aeropuertos en países en desarrollo enfrentan dificultades para garantizar la disponibilidad y sostenibilidad del agua potable debido a la falta de infraestructura adecuada y a una gestión deficiente de los recursos hídricos (Pérez & Ramírez, 2022).

El Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño, ubicado en el estado Trujillo y administrado por el Servicio Autónomo de Aeropuertos del Estado Trujillo (SAAET), no escapa a estas problemáticas. Si bien ha experimentado mejoras a lo largo de su historia, aún enfrenta desafíos en cuanto al abastecimiento y uso eficiente del agua potable. La infraestructura aeroportuaria demanda un alto consumo de agua para diversas actividades, incluyendo el mantenimiento de instalaciones, el suministro a pasajeros y personal, y la operatividad de aeronaves y vehículos de servicio. Según estudios previos sobre aeropuertos latinoamericanos, la falta de indicadores de desempeño para evaluar la sostenibilidad en la gestión hídrica ha llevado a problemas de desperdicio y consumo excesivo de agua en instalaciones aeroportuarias (Castillo & Fernández, 2022).

En este sentido, la implementación de un sistema de indicadores de desempeño permitirá diagnosticar el estado actual del sistema de agua potable del Aeropuerto Antonio Nicolás Briceño,

identificar los factores críticos que afectan su gestión y desarrollar estrategias para mejorar su sostenibilidad. De acuerdo con Neufville y Odoni (2013), Los parámetros que miden el rendimiento en los aeropuertos no solo impulsan una mejor eficacia en las operaciones, sino que también facilitan la valoración del impacto que generan a nivel del medio ambiental y en la sociedad. Asimismo, la medición del uso eficiente del agua en aeropuertos es una tendencia creciente en el ámbito de la gestión sostenible, como lo señalan García y López (2023), quienes afirman que el uso de tecnologías innovadoras y herramientas de monitoreo puede optimizar el consumo y reducir desperdicios en estas infraestructuras.

En un contexto más amplio, la optimización del uso del agua en los aeropuertos está alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, en particular con el ODS 6, que busca garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos (ONU, 2015). La implementación de un sistema de indicadores en el Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño no solo mejorará la eficiencia en el consumo de agua, sino que también contribuirá a la sostenibilidad del aeropuerto y al bienestar de las comunidades cercanas que dependen de este recurso.

Por tanto, esta investigación tiene como propósito diseñar un sistema de indicadores de desempeño que permita evaluar la sostenibilidad del agua potable en el Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño, proporcionando una herramienta técnica y metodológica que facilite la toma de decisiones en la gestión aeroportuaria. A través del análisis de la situación actual, la identificación de indicadores clave y el desarrollo de estrategias de optimización, se busca contribuir a una mejor planificación y administración de los recursos hídricos en este aeropuerto.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

Desde los primeros vuelos de los hermanos Wright hasta la actualidad, la aviación ha experimentado un crecimiento exponencial, impulsado por avances tecnológicos y el perfeccionamiento de la ingeniería industrial. En este contexto, los aeropuertos han evolucionado de infraestructuras rudimentarias a complejos sistemas interconectados que requieren una gestión eficiente para garantizar su sostenibilidad. La eficiencia operativa, la seguridad y la optimización de recursos han sido los principales ejes de esta evolución, reflejados en el desarrollo de indicadores de desempeño que permiten evaluar la efectividad de la gestión aeroportuaria en términos operativos, ambientales y sociales.

A nivel global, los aeropuertos han enfrentado desafíos relacionados con la sostenibilidad, especialmente en la gestión de recursos hídricos. Según la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI, 2020), el uso eficiente del agua en los aeropuertos es un aspecto crítico, dado el alto consumo derivado de las operaciones diarias, el mantenimiento de aeronaves y las necesidades de pasajeros y empleados. Estudios recientes de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA, 2022) destacan que la implementación de estrategias de gestión hídrica sostenible puede reducir el consumo en un 30%, optimizando el uso del agua potable sin comprometer la calidad del servicio ni la seguridad operativa.

Se ha constatado a nivel global que es factible fusionar la eficacia operativa y el cuidado del planeta mediante planes bien trazados. Por ejemplo, el Aeropuerto Internacional Dallas Fort Worth (DFW) consiguió disminuir su gasto de agua en un 24,3 % desde 2011 hasta 2016, modernizando sus instalaciones, colocando grifería de bajo consumo y usando tecnologías más

eficientes. Igualmente, el Aeropuerto Internacional de Los Ángeles (LAX) vio cómo su consumo bajó un 6,3 % en un año de mucha actividad, logrando ahorrar un 26 % en agua potable entre 2013 y 2015. A su vez, el Aeropuerto Internacional de Phoenix Sky Harbor (PHX) ha puesto en marcha métodos para reutilizar el agua en la limpieza de sus pistas, mientras que el Aeropuerto O'Hare de Chicago impulsa prácticas ecológicas mediante su guía de aeropuerto sostenible (Fluence, 2020).

Tales medidas ponen de manifiesto lo crucial que es tener mecanismos eficientes para supervisar y valorar la utilización de los recursos hídricos, porque son fundamentales para conseguir grados apropiados de viabilidad a largo plazo. En lo que respecta a Venezuela, esta exigencia se intensifica debido a la precaria situación que perjudica tanto la estructura física como la provisión de agua apta para el consumo humano. De acuerdo con información reciente emitida por la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2023), más del 70 % de los venezolanos experimentan cortes habituales en el servicio, lo cual impacta de forma adversa en áreas neurálgicas como el tráfico aéreo. La insuficiencia y la mala calidad del agua afectan directamente el cuidado de los edificios de los aeropuertos y el tránsito de los viajeros, lo que recalca la inmediatez de poner en marcha un esquema de métricas de rendimiento que haga posible valorar y mejorar la gestión del agua en los aeródromos del país.

El Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño enfrenta desafíos importantes relacionados con la sostenibilidad y la eficiencia operativa. Desde su inauguración en 1942, la infraestructura del aeropuerto ha experimentado diversas mejoras, entre ellas, la construcción de su terminal de pasajeros en 1943, obra del reconocido arquitecto Carlos Raúl Villanueva, y la transferencia de su administración a la Gobernación del Estado Trujillo en 1994. No obstante, en la actualidad presenta fallas significativas en su infraestructura y en la gestión de recursos

esenciales como el agua potable, lo cual afecta tanto las operaciones internas como la calidad del servicio prestado a los pasajeros.

En vista de este panorama, resulta esencial la creación de un conjunto de indicadores de rendimiento. Estos deben posibilitar la valoración de la viabilidad a largo plazo del aeropuerto, abarcando todas sus facetas. Dicho sistema ha de considerar elementos de funcionamiento, medioambientales y comunitarios, prestando particular atención al manejo eficaz del agua para consumo. La puesta en marcha de estos indicadores ayudará a perfeccionar el uso de los recursos y a elevar la calidad del servicio, en sintonía con los estándares globales más avanzados y ajustándose al entorno particular venezolano.

Este estudio tiene como objetivo la creación de un sistema de indicadores clave de rendimiento, cuyo fin es valorar la sostenibilidad en el Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño, especialmente en lo que respecta a la administración del agua. El uso de dichos indicadores facilitará la detección de aspectos susceptibles de perfeccionamiento, la formulación de tácticas para la optimización y la elaboración de sugerencias que favorezcan el progreso sostenible del aeropuerto y su influencia en la población local.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

¿Cuál es el sistema de indicadores de desempeño para evaluar la sostenibilidad en el Aeropuerto Antonio Nicolás Briceño?

1.2.2 Problemas Específicos

¿Cuál es el estado actual del sistema de agua potable en el Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño?

¿Qué elementos de la sostenibilidad permiten identificar oportunidades de mejora en el sistema de agua potable del Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño?

¿Cómo se puede diseñar un sistema de indicadores de desempeño para evaluar la sostenibilidad del sistema de agua potable en el Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Proponer un sistema de indicadores de desempeño para evaluar la sostenibilidad del sistema de agua potable en el aeropuerto Antonio Nicolás Briceño.

1.3.2 Objetivos Específicos

Diagnosticar el estado actual del sistema de agua potable del Aeropuerto Antonio Nicolás Briceño.

Identificar los indicadores de desempeño para el sistema de agua potables en el aeropuerto Antonio Nicolás Briceño.

Desarrollar el sistema de indicadores de desempeño para evaluar la sostenibilidad del agua potables en Aeropuerto Antonio Nicolás Briceño.

1.4 Justificación de la investigación

La industria de la aviación civil representa un componente de transporte global sumamente importante y fundamental. Esto se debe a que promueve la interconexión, dinamiza el progreso económico y juega un papel clave en la globalización (Button, 2017). Hoy en día, hay muchos aeropuertos que brindan servicios tanto comerciales como de carga, y se ajustan a los requerimientos específicos de cada zona. Aunque el estado Trujillo no tiene una gran concentración de habitantes, su aeropuerto tiene una importante capacidad para expandir el tráfico aéreo, lo cual tiene efectos en la oferta y la demanda del servicio. Esto influye, además, en la determinación de los precios de los billetes y los costos de traslado de mercancías (Gittens and Osborne, 2019).

1.4.1 Justificación Teórica

Este estudio se sustenta en principios clave relacionados con la administración de la calidad, la mejora continua, la sostenibilidad a largo plazo y el análisis del desempeño organizacional. La administración de la calidad ha sido ampliamente desarrollada por teóricos como Deming (1986), Juran (1992) y Crosby (1996), quienes coinciden en la importancia de establecer procesos sistemáticos que promuevan mejoras constantes en la gestión institucional. En el ámbito de los servicios públicos, la eficiencia operativa y la confiabilidad de los sistemas resultan esenciales para garantizar tanto la seguridad como la continuidad de sus operaciones.

1.4.2 Justificación Práctica

En términos prácticos, este estudio influye directamente en cómo funciona el aeropuerto. Un conjunto de indicadores de rendimiento nos ayudará a ver dónde podemos mejorar los servicios, a usar mejor los recursos y a disminuir los gastos de funcionamiento (Bazargan, 2016, p. 23). Usar un enfoque específico hará más fácil tomar decisiones importantes, lo que será bueno

para la administración del aeropuerto, los pasajeros y las empresas de transporte de mercancías. Además, al mejorar la calidad del servicio, podríamos lograr que los usuarios estén más contentos, impulsar el turismo en la región y mejorar las conexiones aéreas del estado Trujillo. Tal como indican Parasuraman, Zeithaml y Berry (1988), la calidad que se percibe en los servicios de transporte tiene un gran efecto en la lealtad de los clientes y en la capacidad de las aerolíneas para competir.

1.4.3 Justificación Metodológica

Desde el punto de vista metodológico, este estudio constituye una contribución novedosa, pues se apega a las directrices metodológicas que la Universidad Valle del Momboy ha definido para la creación del Trabajo Especial de Grado (TEG). La aplicación de metodologías basadas en etapas y directrices bien organizadas hará posible que esta investigación sirva de modelo para investigaciones futuras sobre el diseño de sistemas de indicadores de desempeño en el ámbito aeroportuario. Adicionalmente, este estudio aspira a crear un modelo que pueda usarse en otros aeropuertos, tanto del país como del exterior, brindando así un esquema analítico que haga posible la valoración de la sostenibilidad y la eficiencia operativa dentro del sector aeronáutico. Estudios anteriores, como los de Button (2017) y Gittens y Osborne (2019), han evidenciado que adoptar metodologías bien estructuradas en la gestión aeroportuaria puede traer consigo mejoras importantes en la planificación y la ejecución de tácticas comerciales y operativas.

1.4.4 Justificación Social

Este estudio igualmente represento una ventaja para los usuarios de este terminal aéreo del estado Trujillo, que confían en el aeropuerto para el traslado tanto de personas como de mercancías. Al perfeccionar la prestación del servicio y reducir los periodos de retardo, esto favoreció el

progreso socio-económico de la zona, incentivando el intercambio comercial y el flujo de visitantes en el territorio, algo que está en concordia con las Metas de Desarrollo Sostenible (MDS) de la Organización de las Naciones Unidas, sobre todo el objetivo de desarrollo sostenible 9, que promueve la construcción de infraestructuras adaptables y perdurables de manera sostenible (ONU, 2015). Por lo tanto, la puesta en marcha de un esquema de métricas de rendimiento aumentará la eficacia y la viabilidad del aeropuerto, y robustecerá los vínculos sociales, estimulará la economía del lugar y ajustando la calidad de vida de la gente.

Alcances y Limitaciones

1.5.1 Alcances

El estudio se llevará a cabo en la localidad de Carvajal, Estado Trujillo, enfocándose específicamente en Aeropuerto Antonio Nicolas Briceño, administrado por Servicio Autónomo de Aeropuertos del Estado Trujillo (SAAET), donde se analizará el proceso de administración de agua potable de las instalaciones como proyecto de desarrollo sustentable. Este enfoque puede limitar la capacidad de generalización de los resultados a otras regiones de Venezuela o contextos internacionales, ya que las particularidades socioeconómicas y culturales de Valera pueden influir en la ejecución y efectividad de dichos proyectos sostenibles.

El estudio se llevará a cabo de febrero a junio de 2025 y se centrará en la recopilación de datos sobre la implementación y gestión de proyectos de sostenibilidad en la empresa. Se evaluarán tanto resultados cuantitativos como la participación y percepción del personal involucrado, ya que su compromiso es clave para el éxito de estas iniciativas que, ligado a este enfoque temporal,

permitirá identificar tendencias y patrones relevantes en las prácticas sostenibles durante ese periodo.

De manera simultánea, es importante examinar aspectos como la evaluación de las estrategias vigentes para la administración del personal, las directrices de capacitación, permanencia y avance laboral de los empleados, junto con la descripción detallada de las iniciativas de desarrollo ecológico que se llevan a cabo en el Servicio Autónomo de Aeropuerto del Estado Trujillo. Se analizará la perspectiva de sostenibilidad, las técnicas de puesta en marcha, con el objetivo de crear tácticas de gestión del talento humano hechas a la medida de las exigencias o particularidades de la compañía, usando los resultados de la evaluación y el tipo de proyectos ecológicos, garantizando así un efecto favorable para la empresa y su ambiente.

1.5.2 Limitaciones

Dadas las limitaciones que se tienen, el estudio se dedicará a analizar los problemas que aparecen al realizar proyectos enfocados al avance sostenible, sin prestar atención a otras cosas que influyen en el resultado positivo de dichos proyectos, como las reglas internas o el medio ambiente. Se hablará, en general, sobre cómo los empleados perciben la existencia de recursos, sin dar datos concretos como el dinero que llega desde fuera, los tratos entre organizaciones o los aparatos técnicos necesarios para las actividades ecológicas.

Debido a la falta de datos, esta exploración no profundizará en la influencia de la cultura interna en la transmisión de información, ni tendrá en cuenta las normas internas que ayudan o dificultan dicha transmisión. El análisis buscará dar una idea general de la gestión del equipo humano en proyectos ecológicos, evitando un estudio completo de todas las cosas que podrían influir en el éxito o fracaso de estos proyectos.

1.6 Vinculación con el Proyecto Institucional de Desarrollo Humano Sustentable

La UVM (2024) señala que su plan educativo institucional impulsa una formación con valores humanos y principios éticos. Se enfoca en cultivar habilidades que fomenten el avance de la sociedad y la edificación de un entorno más justo e igualitario. En esta línea, la actual indagación pretende poner en marcha un esquema de métricas de rendimiento. Esto facilitará la valoración y optimización de la viabilidad del aeropuerto, en sintonía con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, sobre todo el ODS 9, vinculado a la infraestructura robusta y perdurable, y el ODS 11, que impulsa metrópolis y colectividades sustentables (ONU, 2015).

Esta indagación refleja el propósito de la UVM de preparar expertos dedicados a la perdurabilidad y al progreso social, presentando un esquema que refina el manejo funcional del aeropuerto, eleva el estándar del servicio y estimula métodos ecológicamente conscientes. Tal como indica Sen (1999), el avance humano perdurable abarca no solo el auge económico, sino además la expansión de las aptitudes y libertades humanas, objetivo que se alcanza mediante los sistemas productivos y el uso eficaz de los recursos.

Por tanto poner en marcha un sistema de métricas de rendimiento, va a facilitar la valoración de la eficiencia funcional del aeropuerto, sino que también reforzará las relaciones sociales y la fiabilidad entre las figuras esenciales, lo que contribuye directamente al bienestar colectivo y al crecimiento económico de la zona andina. En sintonía, esta pesquisa se compagina con los principios rectores de la UVM, incluyendo la nitidez, la obligación social y la dirección del saber, erigiéndose como una proposición que impulsa el desarrollo perdurable desde un ángulo ético y socialmente juicioso.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

Esta estructura teórica sienta las bases conceptuales necesarias para crear un sistema de indicadores. El objetivo es que este sistema mida el rendimiento operativo y, a la vez, fomente el progreso humano sostenible, mejorando el uso del agua en los aeropuertos.

2.1 Antecedentes de la investigación

En el ámbito de la administración aeroportuaria, la creación de sistemas para medir el rendimiento ha ganado importancia recientemente, sobre todo al juzgar la sostenibilidad. Múltiples análisis han examinado este asunto desde ángulos diversos, construyendo una base para esta indagación. Tal como señalan Neufville y Odoni (2013), la definición de indicadores de rendimiento faculta a los aeropuertos para valorar globalmente sus actividades, insertando estándares de eficacia, sostenibilidad y calidad del servicio. Algo que es esencial en situaciones de mayor inquietud por el medio ambiente.

2.1.1 Antecedentes Nacionales

En Venezuela, Pérez y Gómez (2024) llevaron a cabo un estudio, denominado Sistema de Indicadores de Desempeño para la Sostenibilidad de Aeropuertos Venezolanos, en la Universidad Central de Venezuela (UCV). La meta de esta indagación fue crear y poner en práctica un grupo de indicadores que posibilitaran la valoración de la gestión sostenible en cinco aeropuertos clave del país. El estudio se justificó por la creciente exigencia de que los aeropuertos venezolanos se ajusten a los criterios de sostenibilidad a nivel mundial, especialmente frente a las carencias estructurales y en la gestión de recursos vistas en el entorno nacional.

En su investigación, Pérez y Gómez destacaron serias fallas en la administración del agua, un control poco efectivo de los desechos y una falta de información sobre cómo ahorrar energía. Estas cuestiones perjudican el funcionamiento y la calidad de los servicios del aeropuerto. Para solucionar esto, propusieron usar indicadores que ayuden a mejorar el uso del agua, a manejar mejor los residuos y a reducir la contaminación, creando medidas que se ajusten a la situación económica y social de Venezuela.

En la Universidad de Los Andes (ULA), Rodríguez y Sánchez (2023) desarrollaron una investigación titulada “Evaluación del Desempeño en Sistemas de Agua Potable en Infraestructuras Estratégicas: Caso Aeropuertos Regionales”. El propósito principal del estudio fue analizar el funcionamiento y nivel de sostenibilidad de los sistemas de agua potable en tres aeropuertos regionales ubicados en la región occidental de Venezuela. Para alcanzar este objetivo, los autores diseñaron una matriz de indicadores destinada a evaluar el desempeño desde tres enfoques fundamentales: técnico, operativo y ambiental. La investigación se justifica en la creciente necesidad de disponer de herramientas de medición confiables que permitan a los responsables de la gestión aeroportuaria tomar decisiones más informadas y eficaces respecto al manejo del recurso hídrico.

Los investigadores descubrieron que, en muchos de los aeropuertos examinados, no existen métodos estructurados para rastrear averías, ni historiales de mantenimiento regulares, ni tampoco programas para sensibilizar a los pasajeros sobre cómo usar el agua de manera responsable. Adicionalmente, los empleados que trabajan en la operación y administración mostraron tener poca idea de las iniciativas de sostenibilidad, dado que la institución no informa sobre las medidas ambientales. Rodríguez y Sánchez sugirieron que se usaran indicadores como la constancia del servicio, el volumen de agua perdido por escapes y qué tan contentos están los usuarios, y que

estos datos se incluyeran en los planes de mantenimiento y en las revisiones internas de calidad de los aeropuertos.

La relevancia de estos estudios para la presente investigación radica en que demuestra la urgente necesidad de aplicar herramientas de evaluación sostenibles en la infraestructura aeroportuaria del país. En particular, refuerza la pertinencia de diseñar un sistema de indicadores de desempeño orientado a mejorar la sostenibilidad del sistema de agua potable del Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño, considerando que el manejo eficiente del recurso hídrico es un componente esencial para garantizar operaciones seguras, sostenibles y de calidad en el sector aeronáutico.

2.1.2 Antecedentes Internacionales

Rodríguez y Sánchez (2023) , realizaron un estudio en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Los investigadores descubrieron que en muchos de los aeropuertos examinados, no existen métodos estructurados para rastrear averías, ni historiales de mantenimiento regulares, ni tampoco programas para sensibilizar a los pasajeros sobre cómo usar el agua de manera responsable. Adicionalmente, los empleados que trabajan en la operación y administración mostraron tener poca idea de las iniciativas de sostenibilidad, dado que la institución no informa sobre las medidas ambientales. Rodríguez y Sánchez sugirieron que se usaran indicadores como la constancia del servicio, el volumen de agua perdido por escapes y qué tan contentos están los usuarios, y que estos datos se incluyeran en los planes de mantenimiento y en las revisiones internas de calidad de los aeropuertos.

A nivel internacional, Wang y Li (2022) desarrollaron un sistema de indicadores para la gestión sostenible en aeropuertos de China, evaluando aspectos ambientales, económicos y

sociales. Su estudio, realizado en la Beijing University of Aeronautics and Astronautics, analizó diez aeropuertos internacionales, identificando métricas clave como el consumo de energía, la eficiencia en el uso del agua potable y la reducción de emisiones de CO₂. Los resultados evidenciaron que los aeropuertos que implementaban estrategias de gestión basadas en indicadores lograban mayor eficiencia operativa y reducción del impacto ambiental. Este enfoque resulta relevante para la presente investigación, ya que establece una metodología clara para estructurar indicadores que permitan optimizar el uso de recursos hídricos en el contexto aeroportuario.

En el contexto internacional, la sostenibilidad del recurso hídrico en los aeropuertos ha adquirido una importancia creciente debido a la escasez de agua y los efectos del cambio climático. Diversos aeropuertos han adoptado estrategias innovadoras para reducir su consumo de agua potable, reutilizar recursos y optimizar sus operaciones. Estas experiencias representan modelos de referencia útiles para el diseño de sistemas de indicadores de desempeño orientados a la sostenibilidad.

2.2 Bases Teóricas

El presente estudio se fundamenta en diversas teorías y enfoques que sustentan la aplicación de un Sistema de Indicadores de Desempeño para Evaluar la Sostenibilidad del Sistema de Agua Potable en el Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño. A continuación, se presentan los principales conceptos teóricos que respaldan esta investigación.

2.2.1 Sostenibilidad en la Gestión Aeroportuaria

En el ámbito aeroportuario ha adquirido una importancia creciente en las últimas décadas, en respuesta al notable impacto ambiental y social derivado de las operaciones propias de estos espacios. De acuerdo con Neufville y Odoni (2013), evaluar la sostenibilidad en los aeropuertos

requiere considerar indicadores que aborden tres dimensiones clave: la eficiencia operativa, el impacto ambiental y la experiencia del usuario. Los autores sostienen que una gestión aeroportuaria verdaderamente sostenible no debe limitarse al cumplimiento de normativas ambientales, sino que debe también garantizar un funcionamiento eficiente y un servicio de calidad para los pasajeros.

En esta misma línea, Gittens y Osborne (2019) analizaron un conjunto de 25 aeropuertos internacionales y evidenciaron que aquellos con estrategias sostenibles bien integradas no solo lograron disminuir sus costos operativos en un 18%, sino que también mejoraron su eficiencia energética y elevaron en un 22% los niveles de satisfacción del usuario. Estos resultados ponen de manifiesto la estrecha relación entre sostenibilidad y competitividad en el sector aeroportuario.

Ejemplos destacados de esta visión holística pueden observarse en los aeropuertos de Schiphol (Países Bajos) y Changi (Singapur), los cuales han sido reconocidos internacionalmente por su liderazgo en sostenibilidad ambiental, su apuesta por la innovación tecnológica y su enfoque centrado en el usuario (ACI, 2021)

2.2.2 Sostenibilidad del Sistema de Agua Potable

La sostenibilidad del sistema de agua potable es un pilar fundamental para garantizar el acceso universal a este recurso, tal como lo establece el Objetivo de Desarrollo Sostenible N.º 6 de la Agenda 2030. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) define sostenibilidad hídrica como la capacidad de garantizar el suministro de agua segura, suficiente y continua, sin comprometer la disponibilidad del recurso para futuras generaciones.

En el contexto aeroportuario, la gestión del agua se enfrenta a retos específicos debido a las altas demandas de consumo en servicios sanitarios, mantenimiento de aeronaves, riego de áreas

verdes y limpieza de pistas. Según la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA, 2021), los aeropuertos deben adoptar sistemas de gestión del agua basados en eficiencia, reutilización y monitoreo constante para reducir el consumo y prevenir el desperdicio.

Fluence Corporation (2020) destaca experiencias exitosas como la del Aeropuerto de Los Ángeles (LAX), que logró reducir un 26% el consumo de agua potable mediante la implementación de tecnologías de bajo consumo y sistemas de reciclaje de aguas grises. Estas medidas no solo promueven la sostenibilidad, sino que también reducen costos operativos y aumentan la resiliencia del aeropuerto frente a eventos climáticos extremos.

2.2.3 Infraestructura del Sistema de Agua Potable

La infraestructura de agua potable en un aeropuerto debe cumplir con altos estándares de eficiencia, seguridad y durabilidad. Según la American Water Works Association (AWWA, 2020), una infraestructura hidráulica eficiente debe minimizar las pérdidas por fugas, mantener la presión adecuada y garantizar una distribución continua y segura del agua.

Fugas: Las fugas en sistemas de distribución de agua son un problema crítico que afecta tanto la eficiencia operativa como la sostenibilidad ambiental. Según la American Water Works Association (AWWA), las fugas invisibles, que a menudo no son detectadas hasta que se convierten en problemas mayores, pueden representar hasta el 30% del agua perdida en redes de distribución antiguas. Estas pérdidas no solo aumentan los costos operativos debido al tratamiento y la distribución de agua que nunca llega a los consumidores, sino que también pueden provocar un deterioro significativo de la infraestructura existente. La presión del agua puede erosionar las tuberías, lo que lleva a más fugas y, a su vez, a un aumento de los costos de reparación. Además,

las fugas contribuyen a problemas de sostenibilidad al desperdiciar un recurso vital, lo que puede llevar a restricciones de agua y afectar negativamente a las comunidades locales.

Grietas y Antigüedad: Las grietas en las tuberías son un indicativo de deterioro estructural y pueden ser el resultado de múltiples factores, incluyendo la antigüedad del material, la presión interna elevada y las condiciones ambientales adversas como cambios extremos de temperatura o corrosión. De acuerdo con el Manual de Ingeniería Hidráulica de la American Society of Civil Engineers (ASCE) (2020), las tuberías más antiguas son particularmente vulnerables a estos problemas. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) señala que la vida útil promedio de una tubería puede variar entre 50 y 75 años, dependiendo del material (como PVC, hierro dúctil o acero) y el mantenimiento que haya recibido. Una gestión proactiva del mantenimiento es crucial para extender la vida útil de estas infraestructuras y minimizar el riesgo de fallos que podrían interrumpir el servicio.

Cobertura del servicio: Este índice sirve para evaluar si el sistema es capaz de suministrar de manera eficaz a todas las zonas operativas del aeropuerto. Si la cobertura es menor al 100%, podría indicar problemas en la programación, el diseño o la conservación de la infraestructura hídrica. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en 2022, asegurar una cobertura correcta no solo asegura el acceso al agua potable para todos los usuarios, sino que también es clave para el funcionamiento seguro y eficiente de las instalaciones aeroportuarias, donde el suministro constante es vital para la seguridad operativa y el bienestar del personal y los viajeros.

Equipos de Bombeo: los equipos de bombeo son esenciales para mantener tanto la presión como el flujo constante en los sistemas de distribución de agua. La ASCE (2020) reporta que los fallos en las bombas pueden representar hasta el 20% de las interrupciones del servicio en

instalaciones aeroportuarias. Esto significa que el mantenimiento adecuado y la actualización regular de estos equipos son fundamentales para prevenir interrupciones en el suministro. Además, la elección adecuada del tipo de bomba y su capacidad debe alinearse con las demandas específicas del sistema y los patrones de consumo. Los sistemas modernos también pueden beneficiarse de tecnologías avanzadas, como el monitoreo remoto y el control automatizado, para optimizar el rendimiento y reducir el riesgo de fallos

2.2.4 Sistema de Indicadores de Desempeño

Las métricas de rendimiento son herramientas clave para valorar qué tan bien, efectivamente y sosteniblemente funcionan los procesos. Neely, Adams y Kennerley (2005) describen estas métricas como instrumentos que ayudan a valorar el avance de una organización hacia sus metas estratégicas. Usarlas hace más fácil decidir con base en datos, mostrando áreas importantes y opciones para mejorar. Graham (2018) dice que los sistemas de métricas en aeropuertos ayudan a vigilar aspectos operativos como la puntualidad, el gasto de energía y el manejo de desechos. En cuanto a la gestión del agua, las métricas permiten vigilar escapes, valorar la calidad del agua y calcular el consumo por persona o por metro cuadrado.

Los KPI más utilizados en la gestión aeroportuaria son:

- Eficiencia operativa: Tiempo de respuesta ante incidentes, tiempos de espera en controles, cumplimiento de horarios.
- Impacto ambiental: Consumo energético y de agua, emisiones de CO₂, generación de residuos.
- Satisfacción del usuario: Resultados de encuestas, reclamos por servicio, calidad percibida.

- Gestión de recursos: Productividad del personal, costos por unidad de servicio, eficiencia en el uso del agua.

2.2.5 Eficiencia Operativa del Sistema de Agua Potable

Eficiencia operativa: En las redes de agua potable de los aeropuertos, la eficiencia operativa implica que el sistema pueda ofrecer un suministro seguro, constante y de buena calidad, usando los recursos de la mejor forma posible y reduciendo los gastos relacionados. Para esta eficiencia en los sistemas de agua se deben cumplir ciertos puntos clave como evitar pérdidas desde la fuente hasta el sitio de consumo, también es necesario hacer mediciones constantes de los volúmenes de agua producción, entregados y consumidos para llevar el control y ver que alteraciones tiene el sistema y una parte importantes en realizar un buen mantenimiento a toda la infraestructura del sistema de agua.

Calidad del agua: Este parámetro constituye un eje esencial para garantizar la seguridad sanitaria en el contexto aeroportuario, donde la protección de la salud de pasajeros y trabajadores es prioritaria. La Agencia de Protección Ambiental (EPA, 2021) establece que el agua destinada al consumo humano debe cumplir con estándares microbiológicos, químicos y físicos, tales como la ausencia de coliformes fecales, niveles adecuados de cloro residual y baja turbidez. Para asegurar el cumplimiento de estos estándares, es necesario implementar sistemas de monitoreo permanente y procesos de tratamiento eficientes. Asimismo, las instalaciones deben estar dotadas de laboratorios que permitan realizar análisis frecuentes, lo cual es clave para detectar desviaciones y tomar acciones correctivas oportunas, reduciendo así los riesgos sanitarios.

Ahorro de Agua: El ahorro de agua implica la implementación de tecnologías eficientes como griferías de bajo flujo, sensores automáticos y campañas de concienciación. La UNESCO

(2021) indica que estas acciones pueden reducir entre un 20% y un 40% el consumo total. Además, la instalación de sistemas inteligentes que monitorean el uso del agua en tiempo real puede identificar áreas donde se desperdicia agua y permitir ajustes inmediatos. Las campañas educativas dirigidas tanto al personal como a los pasajeros también son vitales para fomentar un comportamiento responsable respecto al uso del agua, promoviendo una cultura de conservación dentro del aeropuerto.

Medidas para ahorra agua en sistemas hídricos.

1. Sustitución del conjunto motor-bomba.
2. Sustitución de la bomba.
3. Sustitución del motor.
4. Corregir los desbalances de voltaje.
5. Optimización de la eficiencia del motor.
6. Reducción de Fugas.
7. Mejoras operativas y de mantenimiento.

Estándares Microbiológicos: La disponibilidad continua es un indicador crucial en aeropuertos, donde una interrupción en el suministro afecta a miles de personas a diario. La OPS (2022) considera que un sistema eficiente debe garantizar el suministro 24/7. Para lograr esto, es fundamental implementar sistemas redundantes que aseguren que, en caso de fallo en una parte del sistema, otras fuentes o rutas puedan compensar la pérdida. Además, las auditorías periódicas y las pruebas de capacidad ayudan a identificar debilidades en el sistema, permitiendo realizar mejoras proactivas antes de que se conviertan en problemas significativos.

2.2.6 Diagnóstico del Sistema de Agua Potable: Enfoque desde la Infraestructura y la Observación Técnica

La evaluación de la infraestructura hídrica es el primer paso en la formulación de estrategias sostenibles. El diagnóstico técnico, basado en observación simple y cuestionarios, permite identificar fallas estructurales, antigüedad de los materiales y deficiencias en el equipamiento. Según Lienert et al. (2013), la toma de decisiones en infraestructura hidráulica debe sustentarse en un enfoque multicriterio que considere el estado físico, el nivel de servicio y la percepción de los usuarios.

Las fugas y grietas en las redes son síntomas críticos de deterioro que afectan la eficiencia del sistema y la calidad del agua. La International Water Association (IWA, 2021) recomienda implementar tecnologías de detección acústica y monitoreo en tiempo real para identificar pérdidas no visibles, lo cual es clave en aeropuertos donde cada interrupción puede comprometer operaciones esenciales. Además, la antigüedad de las tuberías impacta directamente la vida útil y la seguridad del sistema; estudios como el de Kleiner y Rajani (2001) advierten que más del 60% de las fallas en redes hidráulicas urbanas están asociadas a materiales obsoletos o sin mantenimiento preventivo.

La cobertura del servicio, entendida como la capacidad de abastecimiento a todas las áreas operativas y públicas del aeropuerto, es una dimensión crítica para la sostenibilidad operativa. El Banco Mundial (2018) señala que una cobertura inferior al 100% puede traducirse en vulnerabilidad ante eventos climáticos, desigualdad en la distribución y mayores costos de operación.

En lo que respecta a los grupos de bombeo, estos representan el núcleo del sistema que suministra agua potable a presión. La eficacia con la que consumen energía y su funcionamiento ininterrumpido influyen de manera crucial en la prestación de un buen servicio. La organización ASHRAE (2020) sugiere instalar bombas que ajusten su velocidad y medidores de presión para reducir el gasto eléctrico y evitar averías por exceso de trabajo.

2.2.7 Sistema de Indicadores: Herramienta para la Evaluación Integral del Ciclo del Agua

Los indicadores de desempeño permiten transformar datos técnicos en conocimiento útil para la gestión estratégica. En el contexto aeroportuario, los sistemas de indicadores deben incorporar tanto variables técnicas (presión, caudal, pérdidas) como operativas (tiempo de respuesta, continuidad del servicio) y de sostenibilidad (reutilización, ahorro, impacto ambiental).

Según la metodología propuesta por Kaplan y Norton (2004) en el Balanced Scorecard, es necesario vincular los indicadores con los objetivos estratégicos de la organización para alinear los recursos con la visión de sostenibilidad. Esto es especialmente relevante en infraestructuras críticas como los aeropuertos, donde cada proceso interfiere en la seguridad y el confort de miles de usuarios.

La ISO 24510:2007 sugiere que los indicadores para servicios de agua deben contemplar la experiencia del usuario, la eficiencia técnica y la sostenibilidad ambiental. En este sentido, el diseño de un sistema de indicadores adaptado al aeropuerto Antonio Nicolás Briceño permitirá medir no solo la eficiencia del sistema, sino su impacto a largo plazo sobre los recursos hídricos disponibles.

2.2.8 Evaluación de la Eficiencia Operativa y Gestión de la Calidad del Agua

La eficiencia operativa de un sistema de agua potable no puede desvincularse de la calidad del agua entregada ni de la continuidad del servicio. La Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2021) plantea que la sostenibilidad técnica de los sistemas hídricos depende de su capacidad para mantener niveles óptimos de operación con bajos requerimientos de mantenimiento.

La calidad del agua, regulada por normas nacionales e internacionales como la Norma COVENIN 395-1:2010 y las Directrices de la OMS (2022), debe ser verificada regularmente mediante indicadores microbiológicos (*E. coli*, coliformes totales), fisicoquímicos (pH, turbidez, cloro residual) y sensoriales. Un sistema aeroportuario que no cumpla estos estándares pone en riesgo la salud pública y puede incurrir en sanciones regulatorias.

La reutilización de agua, especialmente en procesos no potables como limpieza de pistas o riego, es una práctica cada vez más común. Estudios como el de Morel y Diener (2006) destacan que la implementación de sistemas de tratamiento in situ para aguas grises puede reducir la demanda de agua potable hasta en un 40%, generando beneficios económicos y ambientales considerables.

En cuanto al ahorro de agua, tecnologías como aireadores, sistemas de descarga dual y sensores de movimiento pueden disminuir significativamente el uso per cápita. La implementación de campañas educativas y programas de auditoría hídrica también ha mostrado eficacia en entornos corporativos y públicos (UNEP, 2020). La disponibilidad continua es uno de los indicadores más críticos en instalaciones aeroportuarias, donde cualquier interrupción compromete no solo la operación, sino también la percepción del usuario. Según la ACI (2022), los aeropuertos de alto

rendimiento implementan planes de contingencia hídrica que incluyen reservas, redundancia operativa y protocolos de emergencia.

2.2.9 Enfoque Integrado para la Evaluación del Ciclo del Agua en Infraestructuras Críticas

La evaluación del sistema de agua potable en entornos aeroportuarios requiere un enfoque sistémico que abarque todas las fases del ciclo del agua: captación, almacenamiento, distribución, consumo y disposición. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2021), la planificación sostenible de sistemas hídricos debe incorporar principios de gestión integrada de recursos hídricos (GIRH), promoviendo el equilibrio entre la demanda, la oferta y la conservación del recurso.

Autores como Loucks y Van Beek (2017) proponen modelos de simulación y optimización que permiten anticipar escenarios de escasez, fallas operativas o impactos ambientales, lo cual es crucial en infraestructuras críticas como aeropuertos donde la resiliencia operativa es esencial. En este sentido, el uso de gemelos digitales (“digital twins”) en la ingeniería civil ha comenzado a aplicarse para monitorear redes hidráulicas en tiempo real y predecir fallas estructurales (Zhang et al., 2020).

2.2.10 Gobernanza del Agua y Normativas Aplicables en el Contexto Aeroportuario Venezolano

La gobernanza del agua se refiere al conjunto de normas, instituciones y procesos que determinan cómo se gestiona este recurso. En Venezuela, la Ley de Aguas (Gaceta Oficial N.º 38.595, 2007) establece principios rectores como la equidad en el acceso, la sostenibilidad ambiental y la participación ciudadana. Esta legislación exige que toda infraestructura pública que

gestione agua, como es el caso de un aeropuerto nacional, disponga de programas de monitoreo y mantenimiento.

A nivel técnico, la Norma Venezolana COVENIN 2289:2002 y la COVENIN 395-1:2010 definen los requisitos que debe cumplir el agua potable en cuanto a calidad microbiológica y química. También se contemplan los estándares para la infraestructura de redes de distribución, diseño de estaciones de bombeo y almacenamiento. La aplicación de estas normativas es clave para asegurar la sostenibilidad técnica del sistema.

Por su parte, la Guía Técnica para Aeropuertos Sustentables del Ministerio del Poder Popular para el Transporte (2018) recomienda incluir criterios de sostenibilidad hídrica en los planes de modernización aeroportuaria, destacando la gestión eficiente del agua como un eje estratégico de competitividad y resiliencia climática.

2.2.11 Indicadores de Alerta Temprana y Gestión del Riesgo Hídrico en Aeropuertos

La incorporación de indicadores de alerta temprana permite detectar condiciones críticas antes de que se produzcan fallos graves. En el caso de los sistemas de agua potable, estos indicadores incluyen variaciones súbitas en la presión, caídas del caudal, incremento de turbidez o presencia de contaminantes microbiológicos.

De acuerdo con la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI, 2021), es fundamental que los aeropuertos pongan en marcha programas para asegurar la operatividad y analicen los peligros vinculados al abastecimiento hídrico. Esto abarca la colocación de sensores avanzados, la automatización de las válvulas, la utilización de análisis predictivos basados en inteligencia artificial y los sistemas de respaldo (como depósitos elevados o fuentes subterráneas). La Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 2022) aconseja incorporar el estudio de la

fragilidad climática en la planificación de las instalaciones aeroportuarias. Esto requiere anticipar de qué manera eventos como las sequías extensas, las precipitaciones torrenciales o la falta de agua impactarán en las actividades del aeropuerto, sobre todo en áreas expuestas al cambio climático.

2.2.12 Participación del Personal Operativo y Cultura Organizacional

Asegurar que nuestro sistema de agua potable perdure no es solo cuestión de tecnología e instalaciones; también depende de quienes lo administran día a día. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2021), capacitar al personal, tanto técnico como administrativo, es crucial para usar bien los recursos e implementar las mejores prácticas posibles. Expertos como Senge (2006) sugieren que las organizaciones que fomentan el aprendizaje continuo y buscan mejorar constantemente, están mejor preparadas para enfrentar retos difíciles como la gestión sostenible del agua. Por lo tanto, hacer que los empleados del aeropuerto participen en la supervisión, el mantenimiento y la mejora del sistema de agua incrementa la efectividad de cualquier solución tecnológica.

2.2.13 Evaluación Comparativa (Benchmarking) en la Gestión de Agua en Aeropuertos

El benchmarking permite comparar los indicadores de desempeño del aeropuerto objeto de estudio con los de otras infraestructuras similares, identificando brechas y oportunidades de mejora. La Airports Council International (ACI, 2022) recomienda el uso de benchmarks internacionales para evaluar el consumo de agua por pasajero, porcentaje de agua reutilizada, y frecuencia de monitoreos de calidad.

Casos como el del Aeropuerto Internacional de Denver (Estados Unidos) muestran cómo la instalación de medidores sectorizados y la implementación de estrategias de “net-zero water”

permitieron reducir el consumo en un 32% entre 2010 y 2020 (EPA, 2020). Estas experiencias sirven como referencia para proyectar metas alcanzables en el contexto venezolano, considerando diferencias de escala, clima y capacidad financiera.

2.2.14 Innovación Tecnológica en la Gestión del Agua en Infraestructuras Aeroportuarias

La transformación digital ha generado un impacto significativo en la forma como se gestiona el agua en instalaciones críticas como los aeropuertos. Tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), y la inteligencia artificial aplicada al mantenimiento predictivo están siendo adoptadas para optimizar la eficiencia operativa de los sistemas de agua potable.

Según la International Water Association (IWA, 2021), los sensores conectados permiten monitorear en tiempo real parámetros como presión, caudal, temperatura, cloro residual y presencia de contaminantes, permitiendo una respuesta inmediata ante cualquier desviación. Asimismo, los sistemas SCADA integrados a plataformas de gestión aeroportuaria centralizada permiten visualizar el estado de la red hídrica desde una sala de control, reduciendo riesgos de interrupciones.

Estudios como el de Li et al. (2020) demuestran que la implementación de IA para detectar patrones de fallas o consumo atípico puede reducir hasta en un 40% el tiempo de respuesta ante emergencias hidráulicas. En aeropuertos de clima árido o con alta densidad de operaciones como el Aeropuerto Internacional de Dubái, estos sistemas han sido claves para mantener operaciones ininterrumpidas.

2.2.15 Sostenibilidad Institucional y Gobernanza en la Prestación del Servicio de Agua

Además de la infraestructura física y tecnológica, la sostenibilidad de un sistema de agua potable en un aeropuerto también depende de la sostenibilidad institucional. Esta se refiere a la capacidad de las autoridades aeroportuarias para planificar, administrar, mantener y renovar el sistema a lo largo del tiempo, con base en principios de gobernanza, transparencia y rendición de cuentas.

Rogers y Hall (2003) argumentan que la gobernanza del agua debe incluir mecanismos de participación, tanto del personal operativo como de los usuarios del aeropuerto (concesionarios, pasajeros, autoridades), para garantizar que las decisiones respondan a necesidades reales y se legitimen mediante procesos de consulta.

2.2.16 Enfoque Sistémico de Calidad del Agua y su Incidencia en la Salud Pública Aeroportuaria

La calidad del agua potable en los aeropuertos no solo es un requisito técnico, sino una necesidad sanitaria fundamental. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), los sistemas de distribución en lugares de alta afluencia deben cumplir estándares más estrictos, ya que una falla puede afectar a miles de personas en poco tiempo y generar riesgos epidemiológicos graves.

El enfoque sistémico de la calidad del agua implica considerar todos los elementos que pueden alterar sus propiedades: desde la fuente de captación, el almacenamiento, la desinfección, hasta el sistema de distribución interno del aeropuerto. La EPA (2021) recomienda la implementación de Planes de Seguridad del Agua (Water Safety Plans), los cuales incluyen la identificación de riesgos, medidas de control y protocolos de acción ante emergencias.

Un estudio realizado por Adebayo et al. (2018) en aeropuertos de África Occidental evidenció que las principales fuentes de contaminación del agua provenían de la falta de mantenimiento en tanques, tuberías corroídas y mal manejo de residuos cercanos a pozos. Esto refuerza la necesidad de indicadores específicos como la frecuencia de limpieza de reservorios, análisis bacteriológicos mensuales y auditorías sanitarias periódicas.

2.2.17 Relación entre Sostenibilidad Hídrica y Resiliencia Climática Aeroportuaria

En los últimos años, el vínculo entre sostenibilidad hídrica y adaptación al cambio climático ha cobrado gran importancia en la planificación aeroportuaria. La IPCC (2023) advierte que los eventos extremos como sequías, olas de calor o lluvias torrenciales afectarán cada vez más la disponibilidad y calidad del agua en distintas regiones del mundo, incluyendo América Latina.

Frente a este contexto, la sostenibilidad del sistema de agua potable no puede evaluarse únicamente en términos de eficiencia actual, sino también desde su capacidad para adaptarse a escenarios futuros. La Asociación Internacional de Aeropuertos (ACI, 2022) sugiere el desarrollo de Planes de Adaptación Climática Aeroportuaria (PACA), donde la gestión del agua es un eje transversal: uso de fuentes alternativas, captación de agua de lluvia, almacenamiento estratégico, y protección de acuíferos.

Operacionalización de las variables

Tabla 1
Mapa de Variables

Tabla de variables

Objetivo General: Proponer un sistema de indicadores de desempeño para evaluar la sostenibilidad del sistema de agua potable en el aeropuerto Antonio Nicolás Briceño.					
Objetivos Específicos	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Ítems
			-Fugas		1,2
Diagnosticar el estado actual del sistema de agua potable del Aeropuerto Antonio Nicolás Briceño	Sostenibilidad del sistema de agua potable	Infraestructura del sistema de agua potable	-Grietas -Antigüedad -Cobertura del servicio -Equipos de bombeo	Observación simple Lista de cotejo	3,4 5,6 7,8 9,10
Identificar los indicadores de desempeño para el sistema de agua potables en el aeropuerto Antonio Nicolas Briceño.	Sistema de indicadores de desempeño	Eficiencia operativa del sistema	-Calidad del agua -Agua reutilizada -Ahorro en agua potable -Estándares microbiológicos -Disponibilidad continua	Cuestionario	1,2 3,4 5,6 7,8
Desarrollar el sistema de indicadores de desempeño para evaluar la sostenibilidad del agua potables en Aeropuerto Antonio Nicolas Briceño					

Nota: Operacionalización de la variable. Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo, se expone el método que se siguió a lo largo de este estudio. El objetivo principal es sugerir un conjunto de indicadores de rendimiento que sirvan para valorar si el sistema de agua potable del Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño es sostenible. Para lograrlo, se explican en detalle el tipo de estudio y su diseño, así como las características de la población y la muestra. También se describen las técnicas e instrumentos utilizados para la recopilación de información, y los métodos que se usarán para examinar y entender los datos obtenidos. Tal como señalan Hernández, Fernández y Baptista (2014), la metodología de investigación es clave, ya que define el camino ordenado y sistemático que el investigador debe seguir para conseguir datos fiables y válidos que respondan a las preguntas planteadas en la investigación. Por lo tanto, elegir los métodos correctos garantiza la calidad de los resultados y su valor para la ciencia.

3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación se enmarca en un enfoque proyectivo, de campo, con un diseño no experimental y de carácter descriptivo, ya que busca proponer una solución viable basada en un diagnóstico real y contextual del sistema de agua potable del Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño, con la finalidad de plantear mejoras sostenibles a través de un sistema de indicadores de desempeño. Este tipo de investigación permite la formulación de propuestas sin requerir la implementación inmediata.

Desde la perspectiva proyectiva, este estudio se orienta a la elaboración de una propuesta concreta: un sistema de indicadores de desempeño que sirva como herramienta técnica para evaluar

la sostenibilidad del servicio de agua potable en el aeropuerto. Según Hurtado (2012), la investigación proyectiva se orienta a desarrollar una propuesta destinada a resolver una problemática previamente identificada. Partiendo de una realidad contextual, con un enfoque orientado al diseño y no a la ejecución. En este caso, no se pretende transformar el sistema directamente, sino generar recomendaciones fundamentadas que contribuyan a la toma de decisiones administrativas y técnicas.

Este estudio adopta una metodología de campo, fundamentada en la obtención de datos directamente del contexto real del objeto que analizamos. En otras palabras, visitaremos el aeropuerto, considerándolo su ambiente habitual, para examinar las condiciones presentes y dialogar con figuras esenciales vinculadas al sistema de suministro de agua. Según Arias (2016), la investigación de campo se centra en la observación inmediata de los sucesos en su entorno común, buscando recopilar datos fidedignos y seguros.

Esto asegura que los resultados reflejen fielmente la situación actual y que las sugerencias se construyan sobre datos relevantes y contextualizados. Así, el estudio conserva una naturaleza no experimental, dado que no alteramos variables, sino que nos restringimos a examinar los fenómenos tal cual suceden en la práctica. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), en esta clase de estudios el investigador no ejerce control directo sobre las variables independientes, ya sea porque ya ocurrieron o porque su manipulación resulta impracticable o cuestionable éticamente.

Finalmente, la investigación es de tipo descriptiva, pues su finalidad es definir el estado actual del sistema de agua potable del aeropuerto y ofrecer un esquema técnico de referencia para el diseño de mejoras. Tal como lo señalan Sampieri y otros (2014), la investigación descriptiva

pretende detallar las propiedades, rasgos y perfiles de individuos, grupos, comunidades, procesos u objetos sujetos a evaluación.

3.2 Diseño de Investigación

Esta investigación se plantea desde una perspectiva no experimental y directamente en el terreno, buscando entender a fondo una situación real sin modificar ningún factor, para luego sugerir una mejora partiendo de un análisis del contexto actual. En primer lugar, al ser no experimental, significa que no habrá manipulación ni control sobre los elementos que se observen. En vez de intervenir de manera activa en el sistema de agua potable del aeropuerto, se estudiará cómo funciona tal cual es en la vida real. Hernández, Fernández y Baptista (2014) describen el diseño no experimental como estudios donde los investigadores examinan los sucesos tal y como se dan en su ambiente natural, sin alterar ni tocar ninguna variable.

Esta decisión se basa en el objetivo de la investigación, que es obtener datos reales y actuales del sistema para después proponer una mejora técnica sin alterar el entorno. Además, el diseño es de campo porque la investigación se realizará directamente en el entorno natural del fenómeno que se estudia: las instalaciones del aeropuerto. Este enfoque permite obtener información de primera mano, contextualizada y fiable, al interactuar con personas clave que conocen el funcionamiento del sistema de agua potable. Arias (2016) aclara que en la investigación de campo, los datos se recogen en el lugar de estudio sin ninguna manipulación. Esto asegura que los resultados sean más válidos y relevantes.

3.3 Población y muestra

El personal que labora en la operación, el cuidado y la administración del sistema de agua potable del Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño, situado en Trujillo, Venezuela, compone la población de interés. Estos individuos sobresalen por su experticia práctica y entendimiento profundo de los procedimientos de entrega, calidad, suministro, vigilancia y manejo del agua en las estructuras del aeropuerto. Como señala Sabino (2014), la población engloba a todos los componentes con las particularidades requeridas para la investigación. En esta situación, los sujetos primordiales son de diversas áreas de trabajo, como el cuidado de la infraestructura, los servicios generales, la seguridad industrial, la gestión ambiental y las operaciones administrativas del aeropuerto, quienes disponen de datos importantes y contextualizados para el análisis del sistema de agua potable y la creación posterior de proyectos.

Debido a la naturaleza exploratoria y predictiva del análisis, y dado que se trata de una pesquisa de alcance técnico limitado, se optó por una selección intencional y no al azar de 10 personas. Esta selección se llevó a cabo siguiendo criterios de importancia, experiencia y relación directa con el tema en estudio. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), en la selección no probabilística, los integrantes se escogen basándose en razones ligadas a las peculiaridades del investigador o del estudio.

Esto es lo apropiado cuando se precisa información específica en situaciones determinadas. La selección abarca empleados adscritos al Servicio Autónomo de Aeropuertos del Estado Trujillo (SAAET), técnicos operativos del sistema de agua, personal a cargo del control ambiental y funcionarios responsables de la infraestructura. Todos ellos son informantes cruciales cuyas opiniones y saberes facilitarán la evaluación de las condiciones presentes del sistema, detectar errores, oportunidades de mejora y convalidar el grupo de indicadores de rendimiento planteados.

Este planteamiento no pretende hacer extensivos los resultados a un conjunto estadístico más extenso, sino elaborar una propuesta adaptada, factible y atinente que aporte a la durabilidad operativa y ecológica del sistema de agua apta para el consumo dentro del ámbito aeroportuario. En este sentido, la selección escogida asegura la recopilación de datos relevantes, oportunos y directamente asociados con el fenómeno analizado.

3.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de los datos se utilizará como técnica la encuesta y como instrumento un cuestionario estructurado con preguntas cerradas y de opción múltiple, diseñadas específicamente con base en las dimensiones e indicadores definidos en el mapa de variables. Esta técnica permitirá obtener información estandarizada, precisa y cuantificable sobre el estado del sistema de agua potable, la gestión del recurso y las condiciones que inciden en su sostenibilidad.

Según Sabino (2006), un cuestionario es una herramienta que emplea el investigador para recopilar información relevante sobre el problema de estudio, formulando preguntas por escrito a los participantes. En este estudio, el cuestionario facilitará la recolección de datos de manera rápida, uniforme y confiable, permitiendo evaluar aspectos técnicos del sistema de agua potable mediante observaciones y percepciones accesibles por parte de los informantes clave.

El instrumento está dirigido a un grupo de 10 informantes vinculados directamente con la operación, mantenimiento, control y gestión del agua potable en el Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño. Las preguntas se formularán en un lenguaje claro, profesional y accesible, priorizando aspectos observables como el estado físico de la infraestructura, frecuencia de mantenimiento, calidad del agua, presencia de fugas o mecanismos de control, sin requerir análisis complejos ni instrumentación técnica especializada.

Para obtener los datos necesarios, se empleará la encuesta como método principal, utilizando un cuestionario bien estructurado con preguntas cerradas y de selección múltiple. Estas preguntas han sido cuidadosamente elaboradas, tomando como referencia las dimensiones e indicadores que se detallan en el mapa de variables. Con esta metodología, se espera conseguir información homogénea, exacta y que pueda ser medida numéricamente acerca de la situación del sistema de agua potable, la forma en que se administra este recurso y las circunstancias que afectan su durabilidad a largo plazo. Tal como señala Sabino (2006), el cuestionario consiste en una serie de preguntas que el investigador plantea por escrito a las personas que participan en el estudio, con el propósito de recabar datos relevantes sobre la cuestión investigada.

En el contexto de esta investigación, el cuestionario hará más fácil la recopilación de datos de una forma ágil, consistente y fiable, lo que permitirá evaluar aspectos técnicos del sistema de agua potable a través de lo que se puede observar y de las opiniones de los informantes más importantes. Este instrumento está pensado para ser aplicado a un grupo de 10 personas que trabajan directamente en la operación, el mantenimiento, la supervisión y la administración del agua potable en el Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño. Las preguntas se plantearán de manera clara, utilizando un lenguaje profesional pero comprensible, dando prioridad a aspectos que se pueden observar, como el estado de las instalaciones, la regularidad del mantenimiento, la calidad del agua, la existencia de escapes o los sistemas de control, sin necesidad de análisis complicados ni de usar equipos técnicos especializados.

3.5 Validación y confiabilidad

Asegurar que las herramientas de medición funcionen según lo esperado es crucial en cualquier estudio. Este proceso, conocido como validación de instrumentos, confirma que miden precisamente lo que se busca analizar. Tal como señalan Hernández Sampieri y sus colegas (2014), validar implica determinar si un instrumento mide correctamente las variables en cuestión, lo cual es esencial para la fiabilidad y relevancia de los resultados. Se pidió a tres profesores y tutores académicos que realizaran una revisión, en la que valoraron:

- La pertinencia de las preguntas y temas incluidos en las encuestas.
- La claridad y precisión del lenguaje empleado.
- La coherencia entre los ítems de los instrumentos y las variables del estudio.

La confiabilidad de un instrumento se refiere al grado en que este produce resultados consistentes y estables a lo largo del tiempo o bajo condiciones similares. De acuerdo con Nunnally y Bernstein (1994), la confiabilidad implica la precisión y estabilidad de las mediciones realizadas con el instrumento, lo que asegura que los datos recolectados no estén sujetos a errores aleatorios. El cuestionario fue aplicado a 10 trabajadores, desde personal operativo hasta directivos, y las respuestas se recopilieron en una escala Likert de cinco opciones. El cálculo del alfa de Cronbach se realizó de manera global para todos los ítems, considerando la estructura del instrumento.

La siguiente tabla presenta el rango de interpretación utilizado:

Tabla 2.
Escala de Alfa de Cronbach

Rango de Alfa de Cronbach	Nivel de confianza
0.90 - 1.00	Excelente
0.80 - 0.89	Muy bueno
0.70 - 0.79	Aceptable
0.60 - 0.69	Regular
< - 0.60	Deficiente

Para evaluar la confiabilidad del instrumento tipo Likert aplicado a los usuarios, se realizó el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0.92, lo cual indica un nivel de excelente confiabilidad interna. Esto significa que los ítems del instrumento están altamente correlacionados entre sí, midiendo de forma consistente la percepción de los usuarios respecto a la sostenibilidad del sistema de agua potable. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), un valor superior a 0.80 se considera muy confiable para fines de investigación en ciencias sociales.

3.6 Procedimiento metodológico

Para la recolección de la información primaria se diseñaron y aplicaron dos instrumentos tipo encuesta, elaborados en formato digital mediante la plataforma Google Forms. Estos instrumentos permitieron obtener datos directamente de los actores involucrados con el sistema de agua potable del Aeropuerto Nacional “Cnel. Antonio Nicolás Briceño”, ubicado en el estado Trujillo, Venezuela. La primera encuesta estuvo dirigida a los usuarios del servicio de agua potable (pasajeros, personal administrativo y visitantes frecuentes), y se estructuró con 8 ítems de escala tipo Likert con cinco opciones de respuesta (1: Totalmente en desacuerdo – 5: Totalmente de

acuerdo). Esta encuesta tuvo como objetivo evaluar la percepción general de los usuarios sobre la sostenibilidad, continuidad, eficiencia y calidad del sistema de agua potable.

La segunda encuesta fue aplicada al personal técnico y operativo del aeropuerto, incluyendo responsables de mantenimiento, ingeniería o áreas operativas relacionadas con el sistema hídrico. Este segundo instrumento contó con ítems de tipo cerrado y dicotómicos, agrupados según las dimensiones analizadas en la investigación: infraestructura, sostenibilidad y eficiencia operativa.

Ambas encuestas se aplicaron de manera online, garantizando la accesibilidad y comodidad de los participantes, así como un proceso eficiente de recolección y tabulación de datos. Los resultados obtenidos fueron sistematizados y analizados utilizando herramientas estadísticas descriptivas, incluyendo tablas de frecuencia, gráficos de barras y el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach para validar la confiabilidad del instrumento tipo Likert. Este proceso permitió establecer un diagnóstico de la sostenibilidad del sistema de agua potable en función de indicadores claves de desempeño, en concordancia con los objetivos de la investigación.

3.7 Técnicas de Análisis de Datos

Para el análisis de los datos obtenidos a través de los instrumentos de recolección, se emplearon técnicas estadísticas de carácter descriptivo e inferencial, con el objetivo de interpretar los resultados y verificar el cumplimiento de los objetivos de la investigación. En primer lugar, los datos recolectados mediante los formularios de Google fueron exportados a hojas de cálculo de Microsoft Excel, desde donde se organizaron, codificaron y depuraron para su análisis. Posteriormente, se utilizaron herramientas estadísticas básicas como:

- **Tablas de frecuencia:** para determinar la cantidad y porcentaje de respuestas por ítem.
- **Gráficos de barras y circulares:** para representar visualmente los resultados y facilitar su interpretación.
- **Medidas de tendencia central (media aritmética):** especialmente para los ítems de tipo Likert de la encuesta aplicada a los usuarios, con el fin de identificar tendencias generales en las percepciones.

Además, con el fin de validar la confiabilidad interna del instrumento de escala Likert (encuesta a los usuarios), se aplicó el coeficiente alfa de Cronbach, una técnica estadística que permite medir la consistencia de los ítems que componen el instrumento. Un valor superior a 0,70 fue considerado aceptable para los fines de esta investigación. La información analizada permitió establecer una evaluación cualitativa y cuantitativa de los indicadores propuestos en las tres dimensiones consideradas: infraestructura, sostenibilidad y eficiencia operativa, de manera que fue posible realizar un diagnóstico situacional del sistema de agua potable y proponer mejoras basadas en evidencias.

CAPÍTULO IV

Presentación y Análisis de los Resultados

Esta sección presenta la interpretación detallada de los resultados obtenidos a partir de los dos instrumentos aplicados: la lista de cotejo sobre condiciones de infraestructura y operación del sistema de agua potable del Aeropuerto Nacional “Cnel. Antonio Nicolás Briceño” (ANB), y la encuesta de percepción aplicada a usuarios internos y personal operativo del aeropuerto. Se recopilaron un total de 10 respuestas válidas para cada instrumento.

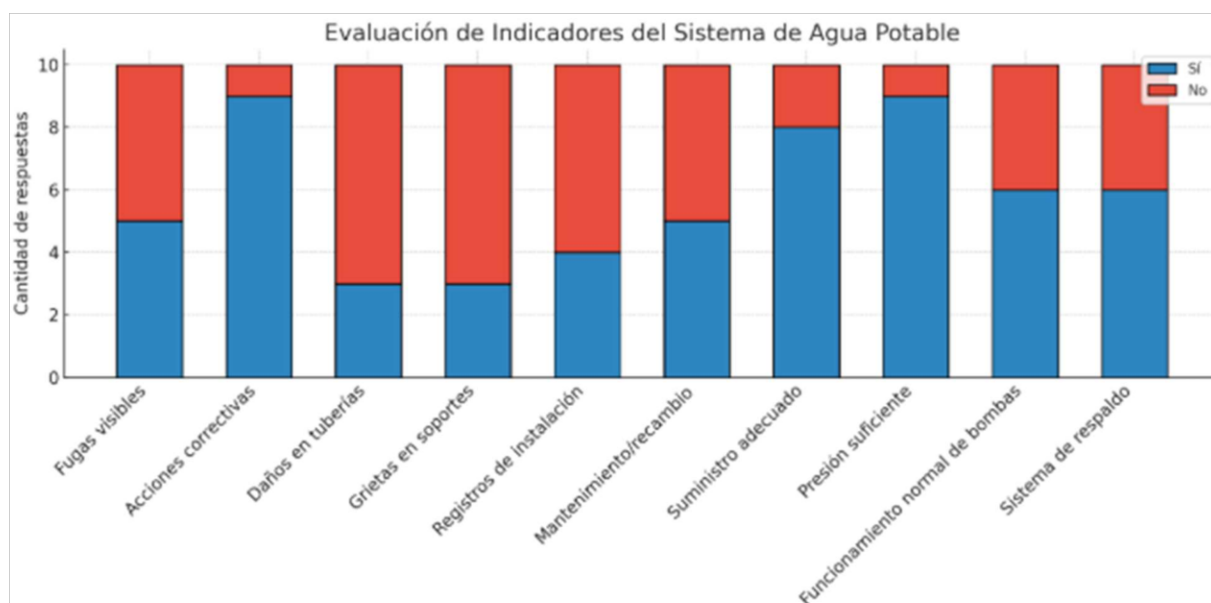
Objetivo específico 1: Evaluar el estado de la infraestructura del sistema de agua potable del Aeropuerto Nacional “Cnel. Antonio Nicolás Briceño”

Resultados:

Del total de ítems evaluados, se identificó que más del 50 % de los puntos presentaban fugas visibles en tuberías, uniones o empalmes. Así mismo, se observaron grietas estructurales en bases o soportes de equipos hidráulicos, lo que evidencia cierto grado de deterioro en la infraestructura.

En relación con la documentación técnica del sistema, se detectó que en varios tramos no se dispone de registros claros sobre la fecha de instalación de componentes principales como bombas, tanques o tuberías. Esto representa un obstáculo para la gestión preventiva del sistema.

Figura 1.
Estado de la infraestructura del sistema de agua potable según lista de cotejo.

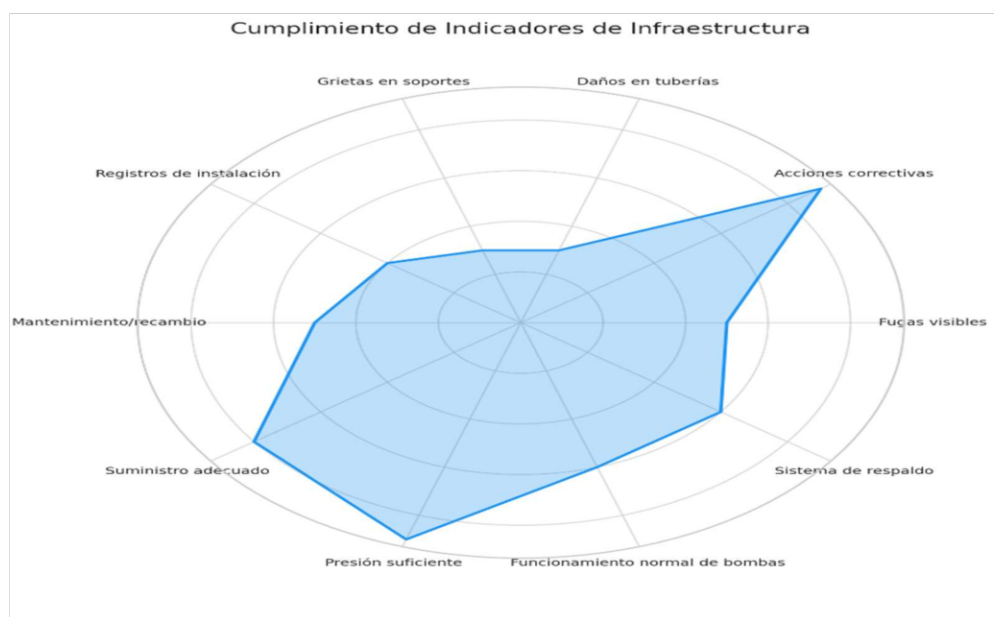


Nota: La figura muestra la frecuencia de respuestas afirmativas y negativas en cada uno de los ítems evaluados en el instrumento de observación directa. Se observa que la mayoría de los aspectos relacionados con las fugas, daños estructurales y respaldo en bombeo presentan altos niveles de cumplimiento, aunque aún existen deficiencias en mantenimiento reciente y registros documentales.

Fuente: Elaboración propia

De manera similar, solo una pequeña porción de los componentes reveló signos de haber recibido un mantenimiento importante o haber sido sustituidos en los últimos cinco a diez años. Esto subraya la importancia de llevar a cabo un programa de mantenimiento metódico y bien documentado. Estas conclusiones están en línea con lo que Chen y López (2018) indicaron, enfatizando que el deterioro de las redes de agua, junto con la falta de documentación técnica, pone en peligro la eficiencia operativa y aumenta la probabilidad de fallos en sistemas cruciales, como los de los aeropuertos.

Figura 2.
Cumplimiento relativo de los indicadores de infraestructura evaluados.



Nota: Este gráfico de radar permite visualizar comparativamente el nivel de cumplimiento de cada indicador técnico del sistema, revelando que el suministro y la presión de agua son los aspectos mejor valorados, mientras que el mantenimiento preventivo reciente y la documentación son los más débiles.

Fuente Elaboración propia

Objetivo específico 2: Evaluar la eficiencia operativa del sistema de agua potable del aeropuerto

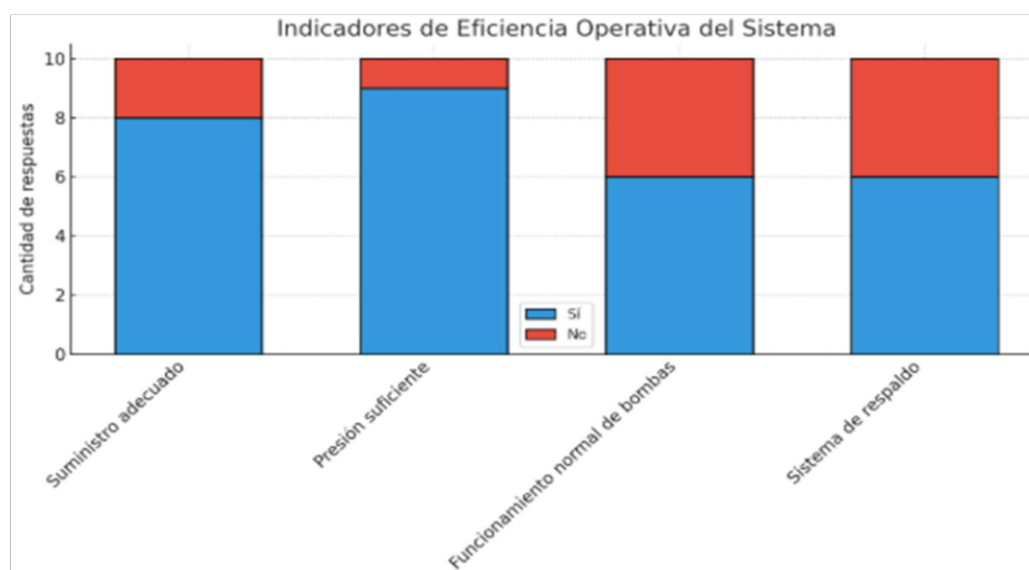
Resultados:

La inspección directa permitió constatar que los equipos de bombeo tanto principales como de respaldo operan en condiciones funcionales. No se observaron ruidos anormales ni vibraciones excesivas, lo que sugiere una operación aceptable de los mismos. Asimismo, se verificó la existencia de un sistema de bombeo de emergencia activo y listo para entrar en funcionamiento, lo que constituye un elemento positivo de la evaluación operativa.

Desde el punto de vista de los usuarios, el 80 % de los encuestados expresó estar “De acuerdo” o “Totalmente de acuerdo” con que la presión del agua es adecuada en los puntos de uso, lo que valida la observación técnica. Sin embargo, respecto a la continuidad del servicio, solo un 30 % indicó estar satisfecho, mientras que el 40 % expresó inconformidad y el 30 % se mantuvo neutral. Esto revela interrupciones ocasionales del suministro, las cuales afectan la percepción de confiabilidad del sistema.

Estos resultados coinciden con lo indicado por Ortiz y Méndez (2022), quienes señalan que, en contextos aeroportuarios, la presión adecuada es esencial, pero la percepción de fallos en la continuidad puede erosionar la confianza del personal operativo y técnico.

Figura 3.
Evaluación de la eficiencia operativa del sistema de agua potable.



Nota: La figura muestra cómo responden los diferentes ítems del sistema en cuanto a presión, continuidad del servicio y estado de los equipos de bombeo. Se evidencia un desempeño adecuado en presión, pero cierta inestabilidad en la continuidad del servicio y mantenimiento de bombas.

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.
Cumplimiento general de los criterios de eficiencia operativa.



Nota: La figura resume el porcentaje de cumplimiento observado en los distintos indicadores de eficiencia operativa, mostrando que cerca del 70% de las condiciones evaluadas fueron positivas, aunque persisten desafíos técnicos en algunos equipos.

Fuente: Elaboración propia

Objetivo específico 3: Analizar la percepción de los usuarios sobre la sostenibilidad y calidad del sistema de agua potable del aeropuerto

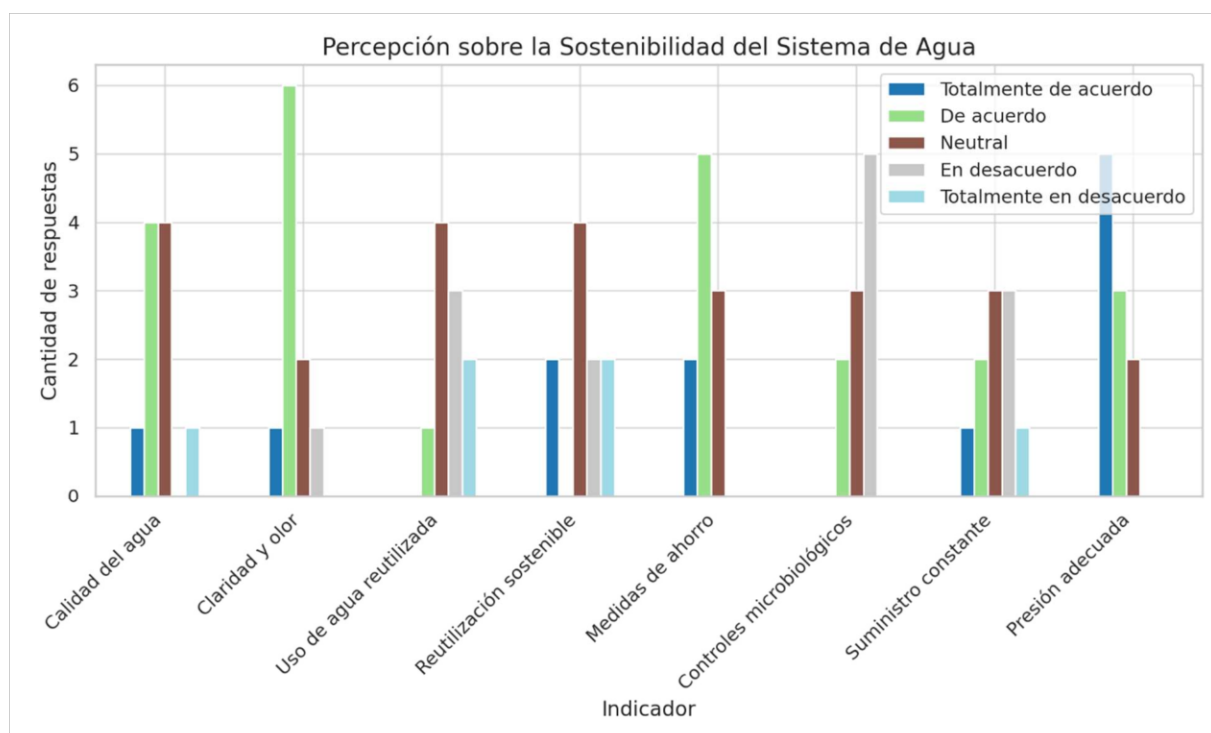
Resultados:

Sobre la calidad del agua para consumo humano, el 40 % de los encuestados respondió “De acuerdo” y otro 40 % se mostró “Neutral”, mientras que un 20 % se manifestó “Totalmente en desacuerdo”. La percepción está dividida, lo que podría indicar inconsistencias en el suministro o falta de información clara sobre la calidad del agua suministrada. En relación con la claridad y el olor, el 60 % se mostró conforme, aunque un 20 % percibe deficiencias. Esto sugiere que, aunque en general la calidad sensorial es aceptable, existen casos puntuales que podrían estar asociados a variaciones en la red interna.

Una situación más crítica se presenta en torno al conocimiento y percepción de la reutilización de agua para fines no potables: solo un 10 % de los participantes estuvo de acuerdo con que esta práctica se realiza en el aeropuerto, mientras que un 50 % expresó posturas negativas. Además, el 40 % adoptó una postura “Neutral” respecto a si esta reutilización contribuye a la sostenibilidad. Esta escasa visibilidad de prácticas sostenibles puede estar limitando su aceptación, como lo evidencian estudios de Smith et al. (2019), quienes indican que la comunicación efectiva y la señalización de prácticas sostenibles son claves para mejorar la percepción institucional en entornos aeroportuarios.

En cuanto a las medidas de ahorro de agua implementadas, el 70 % de los encuestados reconoce algún tipo de acción institucional (50 % “De acuerdo” y 20 % “Totalmente de acuerdo”), aunque un 30 % permanece indiferente o no las ha percibido claramente. Esto sugiere que las campañas de sensibilización existen, pero podrían optimizarse en visibilidad y alcance. Un aspecto preocupante surge en relación con el cumplimiento de estándares microbiológicos: el 50 % manifestó “En desacuerdo” con que se realicen controles rigurosos, el 30 % se mantuvo neutral y solo el 20 % expresó confianza. Este dato indica preocupación por la inocuidad del agua, y pone en evidencia una posible brecha en la comunicación o implementación de protocolos de control de calidad.

Figura 5.
Percepción de los usuarios sobre calidad del agua y sostenibilidad.



Nota: La figura agrupa las respuestas de los 10 encuestados en relación con la calidad del agua, el uso de agua reutilizada, la continuidad del servicio y las acciones de sostenibilidad. Se identifican percepciones divididas, especialmente en temas de control de calidad y reutilización, mientras que la presión del agua es uno de los aspectos más valorados positivamente.

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Integración de los resultados

Los hallazgos obtenidos a través del instrumento de lista de cotejo permiten interpretar con claridad el estado actual de la infraestructura del sistema de agua potable del Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño (ANB). Se evidencian deficiencias físicas en componentes clave, como la presencia de fugas visibles en tuberías, grietas en soportes estructurales, y una ausencia de registros técnicos actualizados sobre instalaciones, mantenimientos o reemplazos.

Esta realidad empírica concuerda con estudios realizados por Zapata y Gómez (2021), quienes señalan que la falta de gestión documental técnica impide establecer políticas de mantenimiento preventivo efectivas, lo cual contribuye al deterioro progresivo de los sistemas hidráulicos en entornos institucionales. Asimismo, Chen y López (2018) afirman que, en muchas infraestructuras públicas, especialmente en zonas de alta demanda como aeropuertos o terminales, las fallas estructurales están directamente asociadas con una planificación deficiente del mantenimiento, lo que a largo plazo genera impactos negativos tanto en la eficiencia operativa como en la seguridad hídrica del entorno. En este sentido, los resultados permiten confirmar que el sistema de agua del aeropuerto presenta una infraestructura en condición vulnerable que requiere atención prioritaria para evitar fallos mayores.

En cuanto a la eficiencia operativa del sistema, los resultados combinados entre la lista de cotejo y la encuesta de percepción indican que, aunque la presión del agua en los puntos de uso es mayormente adecuada y los equipos de bombeo principales operan sin ruidos ni signos evidentes de deterioro, se reportan interrupciones ocasionales en la continuidad del suministro. Este patrón es particularmente significativo en contextos aeroportuarios, donde la demanda de agua es constante y crítica, especialmente en áreas como los servicios sanitarios, estaciones contraincendios y zonas operativas. Ortiz y Méndez (2022) destacan que una infraestructura puede tener un funcionamiento técnicamente correcto, pero si no garantiza un servicio constante y sin interrupciones, su eficiencia real se ve comprometida, particularmente desde la perspectiva del usuario.

En este estudio, el 40 % de los encuestados expresó estar en desacuerdo con la afirmación de que el suministro es continuo y sin interrupciones, lo que indica una percepción moderadamente negativa del sistema operativo. Por su parte, Gutiérrez et al. (2020) sostienen que una de las

principales exigencias en los sistemas hidráulicos aeroportuarios es su capacidad de respuesta ante demandas variables, por lo que las fallas esporádicas, incluso si no son graves, afectan la percepción de calidad del servicio. Estos hallazgos sugieren que el sistema de agua potable del aeropuerto posee fortalezas puntuales, como la presión adecuada, pero requiere mejoras en la continuidad del suministro para lograr una eficiencia operativa integral.

Finalmente, al analizar la percepción de los usuarios sobre la sostenibilidad y calidad del sistema, se observa una postura ambigua y en algunos casos crítica. El 40 % de los encuestados se mostró neutral respecto a la calidad del agua, mientras que un 20 % manifestó estar en desacuerdo con su calidad general. Aunque más de la mitad de los participantes considera aceptable la presión y el olor del agua, existen dudas significativas sobre el cumplimiento de estándares microbiológicos y el uso de agua reutilizada para fines no potables. Solo un 10 % de los encuestados afirmó percibir que se utiliza agua reciclada, mientras que el 50 % lo negó y el 40 % se mostró neutral.

Esta situación refleja una falta de comunicación institucional respecto a las prácticas de sostenibilidad implementadas en el sistema de agua del aeropuerto. Smith et al. (2019), en una investigación realizada en aeropuertos europeos, demostraron que la desinformación o invisibilidad de procesos como la reutilización del agua influye directamente en la desconfianza del usuario. La percepción pública no solo se construye a partir de la experiencia directa con el servicio, sino también mediante la información disponible, la señalización en las instalaciones y la transparencia institucional sobre los procedimientos técnicos. En esa línea, Martínez (2020) argumenta que la implementación de estrategias sostenibles debe estar acompañada de campañas informativas que promuevan el conocimiento y la apropiación de estos procesos por parte de los usuarios.

Por lo tanto, los resultados de este estudio reafirman que, aunque el sistema podría estar aplicando mecanismos de sostenibilidad, su falta de visibilidad disminuye su reconocimiento y afecta negativamente la percepción ciudadana. En conclusión, la integración de los resultados con la literatura evidencia que tanto el estado físico, la eficiencia operativa y la percepción del sistema presentan oportunidades de mejora sustancial, especialmente en los aspectos relacionados con la gestión técnica y la comunicación institucional.

4.3 Conclusiones de los resultados

A partir del análisis integral de los resultados obtenidos mediante los instrumentos aplicados se concluye que el sistema de agua potable del Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño presenta un estado de infraestructura comprometido, evidenciado por la presencia de fugas visibles, ausencia de mantenimiento documentado y signos estructurales de deterioro. Esta situación sugiere la necesidad urgente de implementar un plan de renovación y seguimiento técnico constante que garantice la funcionalidad a mediano y largo plazo, alineado con las exigencias de un entorno aeroportuario.

Por otro lado, la eficiencia operativa del sistema se considera parcialmente aceptable. Si bien los equipos de bombeo funcionan adecuadamente y la presión del agua cumple con las necesidades operativas de la mayoría de los espacios evaluados, se identifican problemas de intermitencia en el suministro. Esta falta de continuidad, aunque no es percibida como una falla generalizada, afecta la percepción de fiabilidad por parte de los usuarios, quienes esperan un servicio ininterrumpido debido a las características críticas del entorno aeroportuario. En consecuencia, se recomienda fortalecer los protocolos de monitoreo, implementar sistemas de respaldo efectivos y desarrollar indicadores de alerta temprana que minimicen las interrupciones.

En términos de percepción, los usuarios mantienen una opinión dividida sobre la calidad del agua y muestran una notable desinformación sobre las acciones de sostenibilidad, como la reutilización del agua para fines no potables. Esta brecha entre los aspectos técnicos posiblemente cumplidos y la imagen que se proyecta a los usuarios evidencia la importancia de la comunicación institucional como un componente estratégico. La confianza del usuario en el sistema de agua potable no solo depende de su funcionamiento, sino también de la visibilidad y transparencia de las acciones adoptadas para garantizar su calidad y sostenibilidad. Por tanto, se propone incorporar campañas de educación ambiental y señalización informativa en las instalaciones, que visibilicen los esfuerzos en pro del desarrollo sostenible.

Resulta crucial tener en cuenta que las interpretaciones derivadas de esta investigación están sujetas a las propias restricciones del enfoque empleado. El grupo analizado fue reducido (solo 10 participantes) y las herramientas de evaluación, si bien adecuadas, se implementaron una sola vez. Dichas circunstancias disminuyen la factibilidad de proyectar los hallazgos a situaciones distintas o de deducir patrones de conducta perdurables. Sin embargo, la investigación sienta una firme base para proyectos venideros que aumenten el tamaño del grupo y valoren la viabilidad del sistema mediante evaluaciones regulares, fusionando revisiones especializadas, estudios a largo plazo y evaluaciones ecológicas. Este curso de acción ayudaría a fortalecer una administración del agua potable más eficaz, fiable y valorada socialmente en lugares importantes como los aeropuertos.

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

La presente investigación permitió generar un diagnóstico detallado sobre el sistema de agua potable del Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño, evidenciando debilidades en su infraestructura, su operatividad y su gestión sostenible. A partir del análisis realizado, se desprenden las siguientes conclusiones, directamente vinculadas con los objetivos específicos planteados, alineadas con los principios del Desarrollo Humano Sustentable (DHS) y en correspondencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) promovidos por la Agenda 2030 de las Naciones Unidas.

En relación con el primer objetivo, se concluye que el sistema actual presenta un deterioro físico significativo, manifestado en fugas, daños visibles en los tanques de almacenamiento y ausencia de registros técnicos sobre el mantenimiento periódico. Esta situación evidencia que no se garantiza un suministro continuo ni confiable, lo que pone en riesgo la sostenibilidad operativa del aeropuerto. Estos resultados se alinean con el ODS 6: “Agua limpia y saneamiento”, específicamente con la meta 6.1 que busca lograr el acceso universal y equitativo al agua potable segura para todos. En el mismo sentido, se vincula con el ODS 9: “Industria, innovación e infraestructura”, al destacar la necesidad de invertir en mejoras estructurales que fortalezcan servicios públicos esenciales.

Esta realidad respalda la misión institucional de la Universidad Valle del Momboy, la cual busca formar profesionales comprometidos con el desarrollo integral de la región y preparados para atender los desafíos sociales y ambientales de su entorno. Asimismo, refleja la visión universitaria de convertirse en una institución líder en la promoción de soluciones sostenibles a nivel local.

Con respecto al segundo objetivo, se logró identificar un conjunto de indicadores estratégicos que abarcan la condición de la infraestructura, el nivel de eficiencia operativa y la percepción de sostenibilidad desde la experiencia del usuario. Estos indicadores se convierten en herramientas técnicas fundamentales para la evaluación integral del sistema, y permiten una gestión más eficaz del recurso hídrico. Esta sistematización responde al ODS 11: “Ciudades y comunidades sostenibles”, en tanto promueve servicios públicos resilientes y seguros, así como al ODS 12: “Producción y consumo responsables”, al fomentar prácticas de uso racional y consciente del agua. La integración de la dimensión perceptual, mediante la evaluación de la satisfacción de los usuarios, refuerza el enfoque humanista que caracteriza tanto al DHS como a la misión de la Universidad, orientada a desarrollar capacidades críticas, reflexivas y participativas en sus egresados.

En lo que respecta al tercer objetivo, se diseñó un sistema de indicadores de desempeño que permite valorar la sostenibilidad del sistema de agua potable de manera integral, combinando criterios técnicos, operativos y sociales. Esta herramienta tiene el potencial de orientar la toma de decisiones estratégicas, facilitar el seguimiento continuo del servicio y establecer mecanismos de mejora con base en datos confiables. Este resultado se articula con el ODS 13: “Acción por el clima”, al promover una gestión del agua adaptada a condiciones ambientales cambiantes y resiliente ante riesgos. También se conecta con el ODS 16: “Paz, justicia e instituciones sólidas”, al propiciar una administración más transparente y con mayor participación de los usuarios en los procesos de evaluación y planificación. Este enfoque integral fortalece la visión institucional de formar líderes transformadores que promuevan la justicia social y la sostenibilidad, integrando el conocimiento técnico con el compromiso ético y ciudadano.

En síntesis, los hallazgos de esta investigación no solo contribuyen al conocimiento técnico sobre el estado del sistema de agua potable del aeropuerto, sino que también ofrecen un marco de acción que promueve la gestión responsable de los recursos, la toma de decisiones basada en evidencia y la construcción de soluciones alineadas con los ODS. Al conectar estos resultados con la misión y visión de la Universidad Valle del Momboy, se refuerza su compromiso de formar profesionales competentes, éticos y conscientes de su rol como agentes de cambio en la transformación sostenible de sus comunidades. Así, el estudio se convierte en un insumo valioso no solo para la mejora del servicio hídrico aeroportuario, sino también para el fortalecimiento de una cultura institucional comprometida con el desarrollo humano sustentable.

CAPÍTULO VI

LA PROPUESTA

A partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico situacional del sistema de agua potable del Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño, se identificaron múltiples aspectos que comprometen su sostenibilidad en términos de infraestructura, eficiencia operativa y percepción de los usuarios. La sostenibilidad de los sistemas hídricos en infraestructuras estratégicas como los aeropuertos no solo garantiza la continuidad del servicio, sino que también protege la salud pública, optimiza el uso de recursos y fortalece la resiliencia institucional ante riesgos naturales o provocados (González, 2021; UNESCO, 2020).

6.1 Planteamiento de la Propuesta

El estudio que se llevó a cabo reveló puntos débiles en la constancia del abastecimiento, la existencia de escapes, un mantenimiento mejorable y poca transparencia en los procesos de control de calidad y reutilización del agua. Estos resultados concuerdan con estudios anteriores, los cuales señalan que, si no se aborda la gestión del agua de manera integral, las instituciones suelen mostrar un alto grado de ineficiencia y una opinión negativa por parte de los ciudadanos (Chen y López, 2018; Smith et al, 2019). Por lo tanto, es fundamental plantear estrategias que aborden directamente los problemas detectados y que, además, se integren con los principios del desarrollo sostenible. En esta línea, la propuesta actual surge de la necesidad de avanzar hacia una gestión más eficaz, participativa y sostenible del recurso hídrico, basada en estándares técnicos reconocidos y en el fortalecimiento de la cultura institucional del agua.

Tal como indica la Organización de las Naciones Unidas (2020), asegurar el acceso universal, equitativo y seguro al agua potable requiere no solo inversión en infraestructura, sino

también una transformación en la gestión y en la conciencia ciudadana. Esta propuesta responde a esa idea, con un enfoque completo que busca unir acciones estructurales, educativas y operativas, en sintonía con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, sobre todo el ODS 6, que promueve agua limpia y saneamiento para todos.

6.2 Introducción

Asegurar la disponibilidad a largo plazo del agua en lugares cruciales como los aeropuertos es un reto fundamental, especialmente con el cambio climático, la creciente necesidad de agua y los acuerdos globales sobre desarrollo sostenible. Por ello, esta propuesta se centra en mejorar el sistema de agua potable del Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño, creando planes para mejorar su estructura, funcionamiento y la formación del personal, buscando así su sostenibilidad. El agua, reconocida como un derecho humano esencial, debe estar disponible en cantidad suficiente, con buena calidad y de manera continua, sobre todo en lugares complejos como los aeropuertos (ONU, 2018). Tras analizar la situación actual, se han encontrado problemas tanto en la infraestructura como en la forma en que se percibe el uso del agua, lo que exige una solución organizada y adaptada a las necesidades del aeropuerto.

Esta propuesta se fundamenta en un enfoque integral, que considera la sostenibilidad como la capacidad del sistema para mantenerse en el tiempo con criterios de eficiencia, equidad y resiliencia (González, 2021). El abordaje contempla la interacción de componentes técnicos, sociales e institucionales, alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 6, que aboga por garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible para todos (Naciones Unidas, 2020).

6.3 Objetivos de la Propuesta

Objetivo General

Diseñar una propuesta de mejora para fortalecer la sostenibilidad del sistema de agua potable en el Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño, considerando criterios de infraestructura, gestión operativa y percepción de los usuarios.

Objetivos Específicos

- Proponer acciones estructurales orientadas a mejorar la eficiencia y resiliencia del sistema de distribución de agua potable.
- Establecer mecanismos de monitoreo y control de la calidad del agua que respondan a estándares nacionales e internacionales.
- Diseñar estrategias de sensibilización para fomentar el uso racional del agua entre los usuarios y el personal del aeropuerto.

6.4 Justificación de la Propuesta

El suministro de agua apta para el consumo en el Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño exhibe puntos débiles, tanto en su infraestructura como en la opinión que tiene la gente sobre su calidad y fiabilidad. La inexistencia de datos al día, la detección de escapes de agua evidentes y la carencia de mecanismos de apoyo constituyen peligros operativos que podrían perjudicar de forma importante el funcionamiento de las instalaciones aeroportuarias. A la vez, los resultados del análisis de opinión dejan ver una distancia entre la administración del agua y la información que tienen los usuarios, lo cual reduce la posibilidad de adoptar hábitos responsables. Estudios recientes demuestran que la aplicación de modelos completos de manejo del agua en

aeropuertos no solo incrementa la eficacia operativa, sino que también colabora con las metas ambientales de la institución y crea confianza en el público (IATA, 2022).

Visto así, la sugerencia se justifica por el posible efecto positivo en la sostenibilidad del servicio, el rendimiento operativo del aeropuerto y el acatamiento de pactos internacionales en cuanto al desarrollo sostenible. Asimismo, aborda la necesidad de adecuar las infraestructuras públicas a situaciones de mayor presión hídrica, mejorando su capacidad de respuesta ante sucesos extremos y su sintonía con políticas de resiliencia y gestión del agua (CEPAL, 2021).

6.5 Desarrollo de la Propuesta

Con base en los resultados obtenidos y en coherencia con los principios de sostenibilidad hídrica, se propone el diseño de un sistema de indicadores de desempeño para evaluar y mejorar la sostenibilidad del sistema de agua potable en el Aeropuerto Nacional Cnel. Antonio Nicolás Briceño, orientado a garantizar la eficiencia operativa, la integridad de la infraestructura y la adecuada percepción de los usuarios en torno al servicio hídrico. La propuesta se apoya en un enfoque de gestión integral del recurso, bajo criterios técnicos, ambientales y sociales que permitan generar una cultura institucional orientada al uso racional del agua y a la toma de decisiones basada en evidencia.

El plan de acción contempla dos líneas estratégicas: La optimización de las prácticas operativas mediante indicadores de desempeño y la promoción de una cultura de sostenibilidad hídrica en el entorno aeroportuario. Cada línea se implementará de forma escalonada y coordinada, en función de las capacidades técnicas y presupuestarias del ente responsable.

La primera estrategia está orientada a la optimización técnica del sistema de agua potable, mediante la detección y corrección de fugas, la instalación de medidores inteligentes, la

incorporación de bombas de presión eficientes, y la renovación progresiva de los componentes obsoletos. Diversos estudios han demostrado que los sistemas de monitoreo en tiempo real y el mantenimiento predictivo contribuyen significativamente a reducir las pérdidas de agua y mejorar la calidad del servicio (Domínguez et al., 2021; Jiménez, 2020). La implementación de esta estrategia permitirá disminuir las interrupciones del servicio, mejorar la presión en los puntos críticos y elevar los estándares microbiológicos del agua distribuida.

La segunda estrategia se centra en el diseño y aplicación de indicadores de desempeño, estructurados en tres dimensiones: eficiencia operativa, sostenibilidad y percepción del usuario. Esta herramienta permitirá evaluar periódicamente el sistema, identificar debilidades y tomar decisiones informadas. Autores como Mora y Méndez (2019) destacan la utilidad de los indicadores de gestión en entornos institucionales complejos como los aeropuertos, ya que facilitan el seguimiento de metas, el cumplimiento de normativas ambientales y la planificación estratégica. Los indicadores propuestos abarcarán parámetros como la continuidad del suministro, porcentaje de agua no contabilizada, tiempos de respuesta ante fallas, frecuencia de mantenimiento preventivo, nivel de satisfacción del usuario, entre otros.

La tercera estrategia se orienta a la formación de una cultura de sostenibilidad del agua en el aeropuerto, mediante campañas de concientización dirigidas al personal operativo, administrativo y a los usuarios ocasionales. Estas campañas incluirán actividades educativas, señalización sobre el uso eficiente del recurso, y participación activa de los trabajadores en la vigilancia de buenas prácticas. Según la UNESCO (2022), la sostenibilidad hídrica en entornos institucionales requiere no solo de tecnología y normas, sino también del compromiso colectivo de quienes usan y gestionan el recurso. Fomentar una actitud corresponsable frente al agua fortalecerá las acciones técnicas previamente mencionadas.

El proceso de implementación de esta propuesta se dividirá en tres fases interdependientes: una fase de diagnóstico ampliado y diseño operativo, una fase de ejecución técnica y formación, y una fase de seguimiento y mejora continua. En la primera fase se actualizará la información técnica del sistema de agua, se definirán los indicadores en conjunto con expertos, y se elaborará un cronograma detallado de actividades. En la segunda fase se iniciará la ejecución del plan de mantenimiento correctivo, la instalación de sistemas de medición y control, y se impartirán talleres sobre sostenibilidad y uso racional del agua. La tercera fase comprenderá la medición periódica de indicadores, análisis comparativos de resultados, ajustes operativos y rendición de cuentas ante las autoridades del aeropuerto.

La sostenibilidad de la propuesta está respaldada por su bajo costo relativo, la posibilidad de ejecución con personal propio del aeropuerto, y la integración con las políticas institucionales de mantenimiento y gestión ambiental. Además, responde a recomendaciones de organismos internacionales como la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2021), que enfatiza la necesidad de fortalecer la gestión del agua potable en infraestructuras críticas, especialmente en contextos con alta exposición al riesgo y a la variabilidad climática.

En definitiva, esta propuesta constituye un paso firme hacia la mejora integral del sistema de agua potable del Aeropuerto ANB, al introducir mecanismos técnicos, operativos y culturales que fortalecen su sostenibilidad. La articulación entre evaluación técnica, seguimiento por indicadores y educación institucional ofrece un modelo replicable en otros entornos aeroportuarios y públicos, alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y las exigencias de la gestión pública moderna.

Tabla 3.
Plan de acción para sustentar la propuesta

Objetivo específico	Actividad	Responsable	Recursos	Tiempo estimado
Diseñar el sistema de indicadores de desempeño	Elaboración del documento técnico con indicadores por dimensión	Investigador principal/Coordinación técnica del aeropuerto	Documentos base de datos diagnóstico, pc	2 semanas
Validar el sistema de indicadores con expertos	Revisión por parte de especialista en agua potable y sostenibilidad	Comité técnico institucional	Correos, entrevistas, formularios	1 semana
Capacitar al personal técnico del aeropuerto en el uso del sistema	Sesiones formativas sobre los indicadores, métodos de medición y análisis.	Dirección de operaciones del aeropuerto	Presentaciones, guías didácticas	3 semanas
Aplicar el sistema de forma piloto durante un trimestre	Monitoreo de indicadores con formatos establecidos	Técnicos operativos	Formatos impresos o digitales, instrumentos	3 semanas
Evaluar los resultados de la fase piloto	Análisis de los datos recolectados	Coordinador de sostenibilidad	Excel, software de análisis	2 semanas
Ajustar y oficializar el sistema de indicadores	Incorporar mejoras y formalizar el uso del sistema en la gestión operativa	Dirección del aeropuerto	Acta de aprobación	1 semana

Nota: En la tabla se profundiza en los objetivos, esclareciendo unos cuantos más para así determinar con mayor precisión el funcionamiento de la propuesta. Este plan se divide en actividad, área responsable, recursos y tiempo.

Fuente: Elaboración propia

REFERENCIAS

- Álvarez, J. & Ramírez, P. (2021). *Desempeño ambiental en aeropuertos: Retos y oportunidades para la sostenibilidad en América Latina*. Editorial Alfaomega.
- Andrade, R., & Molina, D. (2018). *Gestión de indicadores de desempeño en sistemas públicos de agua potable*. *Revista de Ingeniería Hidráulica*, 24(2), 97-106.
- Cabazoz, H & Lino, M. (2021). *Seminario Eficiencia Energética y Operativa en Organismos Operadores de Agua*
- Castillo, M., & Fernández, R. (2022). *Gestión eficiente del agua en infraestructuras aeroportuarias: Un enfoque basado en indicadores de sostenibilidad*. *Revista de Ingeniería y Medio Ambiente*, 18(2), 45-67.
- Fernández, G., & Soto, L. (2021). *Indicadores de sostenibilidad para la gestión del agua en aeropuertos: Estudio de caso en España y América Latina*. Editorial Tecnológica.
- García, E., & López, A. (2023). *Análisis de los impactos ambientales en la infraestructura aeroportuaria: Estrategias para una gestión sostenible*. Editorial Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Gittens, J. y Osborne, S. (2019). *Sostenibilidad en la industria aeroportuaria: Un enfoque estratégico para la eficiencia operativa y la reducción de impacto ambiental*. Editorial Springer.
- Gutiérrez, L., Martínez, R., & León, D. (2020). *Diagnóstico operativo de sistemas hídricos en instalaciones estratégicas: análisis de casos latinoamericanos*. *Revista de Recursos Hídricos*, 12(1), 80-90.
- Jiménez, M., & Torres, P. (2020). *Participación ciudadana y percepción en la gestión de servicios hídricos municipales*. *Revista Latinoamericana de Sostenibilidad*, 6(2), 70-79.
- Neufville, R. y Odoni, A. (2013). *Gestión de aeropuertos: Planificación y estrategia para la sostenibilidad*. Editorial Pearson.

- Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). (2021). *Marco de sostenibilidad en aeropuertos: Guía para la evaluación de desempeño ambiental*. OACI.
- Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). (2020). *Guía para la gestión sostenible en aeropuertos*. OACI.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Pérez, C., & Ramírez, J. (2022). *Modelos de gestión sostenible en aeropuertos de países en desarrollo: Caso de estudio en Sudamérica*. *Revista de Infraestructura y Transporte*, 14(4), 56-72.
- Pérez, L. y Torres, J. (2019). *Implementación de estrategias sostenibles en aeropuertos latinoamericanos: El caso del Aeropuerto Internacional de Maiquetía, Venezuela*. *Revista de Transporte y Logística*, 12(3), 34-49.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2023). *Estrategias de eficiencia hídrica en aeropuertos: Gestión del recurso en tiempos de cambio climático*. PNUMA.
- Rodríguez, D., & Vargas, E. (2024). *Innovación tecnológica para la optimización del uso del agua en aeropuertos: Un enfoque basado en IoT y Big Data*. *Revista de Innovación y Desarrollo*, 19(1), 23-40.
- Salas, A., & Rivas, J. (2021). *Evaluación del sistema de agua potable en el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar: una perspectiva desde los indicadores de sostenibilidad*. *Revista Venezolana de Ingeniería*, 29(1), 45-60.
- Zapata, F., & Gómez, N. (2021). *Planificación estratégica de mantenimiento en sistemas hídricos públicos*. *Revista de Ingeniería Civil y Ambiental*, 10(3), 51-60.

ANEXOS

Anexo 1. Instrumento para análisis de datos (Encuesta Simplificada – Sistema de Agua Potable del Aeropuerto. Dirigida al personal técnico operativo)

Indicador	Ítems	Criterio	Alternativas	
			Si	No
Fugas	1	¿Se detectan fugas visibles en tuberías, uniones, conexiones o puntos de empalme?		
	2	¿Se han implementado acciones correctivas para las fugas existentes?		
Grietas	3	¿Se observan grietas, fisuras o daños estructurales en las tuberías y conductos principales?		
	4	¿Se detectan grietas en las bases o soportes de equipos y tuberías del sistema de agua?		
Antigüedad	5	Se dispone de registros claros sobre la fecha de instalación de los componentes principales del sistema de agua (tuberías, bombas, tanques)?		
	6	¿Se ha realizado un mantenimiento o reemplazo significativo de partes clave del sistema de agua en los últimos 5-10 años?		
Cobertura del servicio	7	¿El sistema de agua proporciona suministro adecuado y continuo a todas las áreas requeridas del aeropuerto (terminales, hangares, torres de control, bomberos, etc.)?		
	8	¿La presión del agua es suficiente en todos los puntos de uso para las necesidades operativas (ej. sistemas contra incendios, sanitarios)?		
Equipo de bombeo	9	¿Los equipos de bombeo (bombas principales, de reserva, de presión) operan sin ruidos extraños, vibraciones excesivas o sobrecalentamiento?		
	10	¿Existe un sistema de bombeo de respaldo o de emergencia que funcione correctamente y esté listo para operar?		

Anexo 2.**Instrumento para análisis de datos (encuesta)**

Indicadores	Ítems	Criterio	Escala Likert				
			TDA	DA	N	ED	TED
Calidad del Agua	1	La calidad del agua suministrada para consumo humano (beber, higiene) en el aeropuerto ANB es satisfactoria.					
	2	La claridad y el olor del agua suministrada son aceptables.					
Uso de Agua Reutilizada	3	Considera que el aeropuerto ANB, hace uso de agua reutilizada para fines no potables.					
	4	El uso de agua reutilizada contribuye positivamente a la sostenibilidad del aeropuerto					
Ahorro en agua potable	5	El aeropuerto implementa medidas visibles para fomentar el ahorro en agua potable entre usuarios y personal.					
Estándares Microbiológicos	6	Estoy seguro de que el sistema de agua del aeropuerto realiza controles rigurosos para cumplir con los estándares microbiológicos.					
Disponibilidad continua	7	El suministro de agua en el aeropuerto es constante y sin interrupciones significativas.					
	8	La presión del agua en grifos y otras instalaciones es siempre adecuada para su uso.					

Anexo 3.
Tanque de agua, no tiene demarcación para tomar el nivel del agua



Anexo 4.
Bomba de emergencia para los bomberos



Anexo 5.

Bomba 1 (principal azul) de 10 hp en mantenimiento por válvula y bomba 2 gris de 10 hp operativa a medias.

**Anexo 6.**

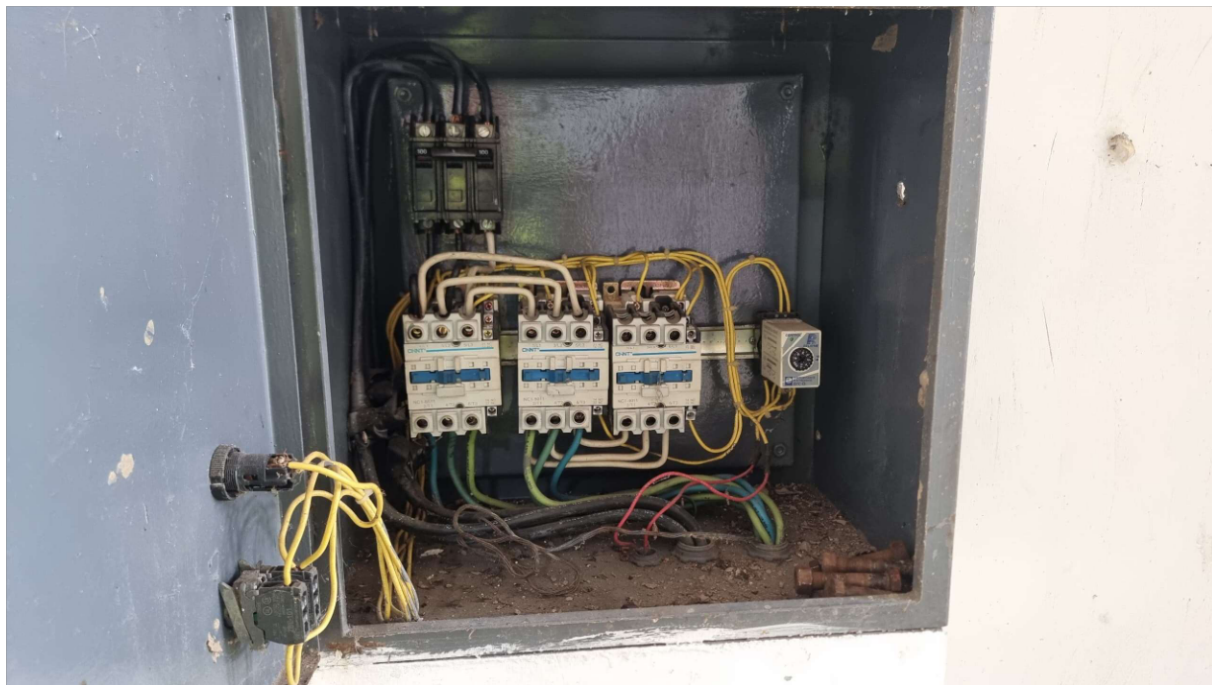
Pulmón de 6 mil litros para bombear agua hasta 60 psi.



Anexo 7.
Tablero eléctrico de bomba 1 y 2.



Anexo 8.
Tablero de bomba de emergencia

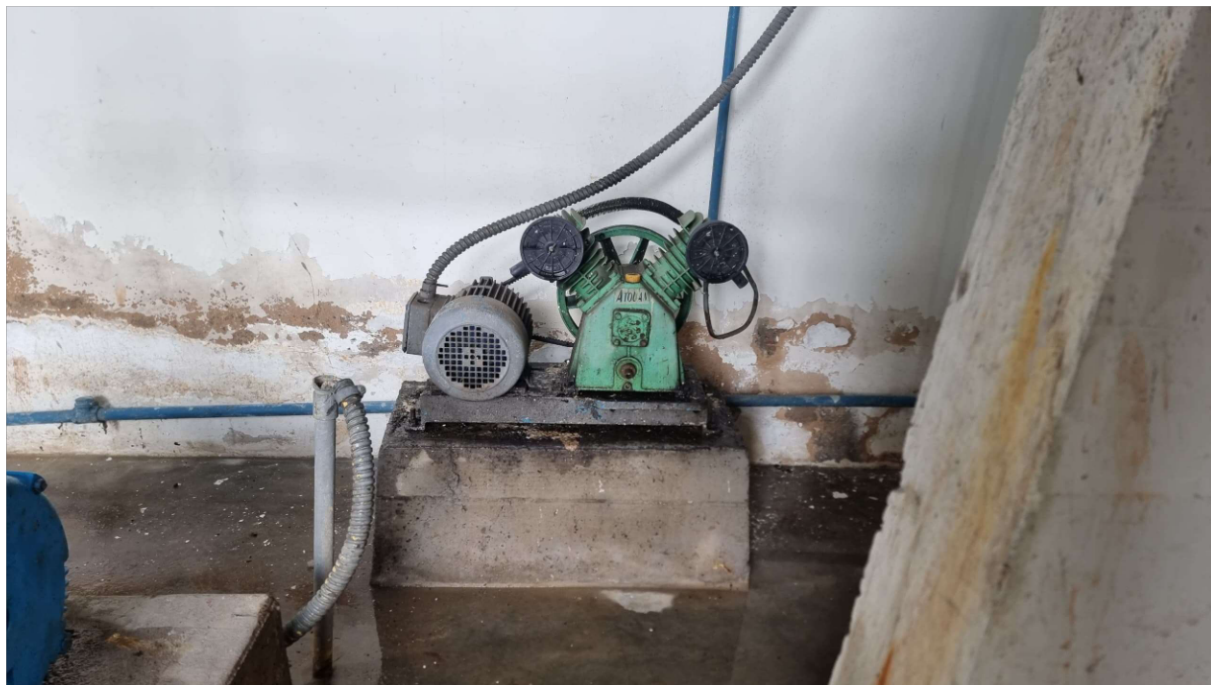


Anexo 9.
Tubería de inducción que alimenta el aeropuerto.



Anexo 10.

Compresor de aire, para inyectarle aire el pulmón para darle presión.

**Anexo 11.**

Manómetro de presión, para tomar la presión del agua.



Anexo 12.
Tubería de inducción, alimenta el tanque de agua.



Anexo 13.
Fachada del sistema de agua del aeropuerto.



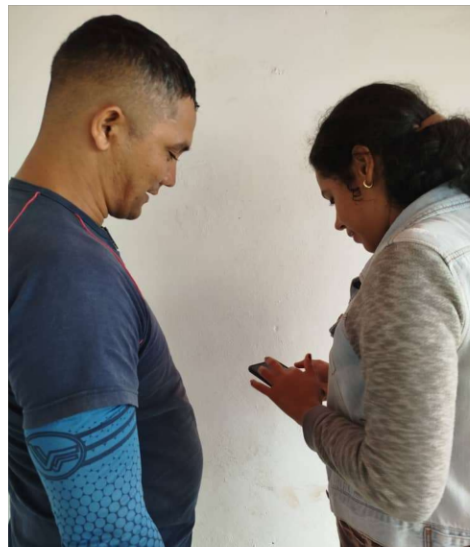
Anexo 14.
Llaves de paso (Esta en mantenimiento)



Anexo 15.
Tubería que alimenta el agua de emergencia de los bomberos



Anexo 16.
Evidencias de la realización de encuestas



Anexo 17

Carta de aprobación tutor

**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA INGENIERIA INDUSTRIAL****APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi Carácter de Tutor del Trabajo de Grado Titulado: **"SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA EVALUAR LA SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN EL AEROPUERTO ANTONIO NICOLAS BRICEÑO"** realizado por los bachilleres: Juan Andrés Gemmato Duran, titular de la cédula de identidad N° V- 28.323.053 y Sara Elena Linares Carrillo titular de la cédula de identidad N° V- 29.539.033, para optar por el título de **Ingeniero Industrial**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido ante la presentación pública y la evaluación por parte del jurado que se asigne.

Atentamente,

Edgar Omaña
11.896.440

A los 7 días del mes de Julio de 2025.