



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Uso del agua residual en las propiedades físicas y mecánicas del  
concreto”

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
Bachiller en Ingeniería Civil**

**AUTOR:**

Suarez Huamanhorque, Angel Jose (orcid.org/0000-0001-7707-9747)

**ASESOR:**

Dr. Choque Flores, Leopoldo (orcid.org/0000-0003-0914-7159)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**LIMA - PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CHOQUE FLORES LEOPOLDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Trabajo de Investigación titulado: "Uso del agua residual en las propiedades físicas y mecánicas del concreto", cuyo autor es SUAREZ HUAMANHORQUE ANGEL JOSE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 20 de Julio del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CHOQUE FLORES LEOPOLDO <b>DNI:</b> 42289035 <b>ORCID:</b> 0000-0003-0914-7159	Firmado electrónicamente por: LCHOQUEF el 20-07-2024 13:55:29

Código documento Trilce: TRI - 0825214





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo SUAREZ HUAMANHORQQUE ANGEL JOSE, estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan el Trabajo de Investigación titulado: "Uso del agua residual en las propiedades físicas y mecánicas del concreto", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otrogrado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
SUAREZ HUAMANHORQQUE ANGEL JOSE <b>DNI:</b> 75223858 <b>ORCID:</b> 0000-0001-7707-9747	Firmado electrónicamente por: ASUAREZH el 20-07- 2024 17:07:48

Código documento Trilce: INV - 1708337

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Declaratoria de Autenticidad del Asesor .....	ii
Declaratoria de Originalidad del Autor .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. METODOLOGÍA .....	3
III. RESULTADOS.....	5
IV. CONCLUSIONES .....	34
REFERENCIAS .....	35

## RESUMEN

El presente proyecto de suficiencia abarca la tarea del Uso del agua residual en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, perteneciente al distrito de Ate, La localidad no cuenta con un sistema de suministro de agua potable adecuado, lo que resulta en un aumento de enfermedades y un escaso nivel de bienestar. Para este estudio, se empleó un enfoque de un estudio no experimental, de tipo transversal y descriptivo. Adicionalmente, la variable en cuestión principal del proyecto se basa en un estudio orientado a los objetivos incluyen la definición de la población bajo estudio y se identifican los elementos del sistema de agua residual y propiedades físicas y mecánicas del concreto en alusión. Este estudio se llevó a cabo siguiendo los criterios establecidos en la normativa del MVCS, aprobada en el año 2018, así como las normativas E.030 de Diseño Sismorresistente, E.050 de Suelos y Cimentaciones, y E.060 de Concreto Armado.

Se implementa la propuesta para el sistema de suministro de agua potable, que incluye la captación (en forma de ladera), una línea de conducción (587.96 metros de tubería PVC - clase 10), un reservorio de (10 m<sup>3</sup>) de capacidad, 11 válvulas de control, una línea de distribución (con 8385.71 metros de tubería PVC - clase 10), y 96 conexiones domiciliarias.

Al término de la investigación, se pudo determinar que la implementación de la solución propuesta contribuirá a mejorar el bienestar de los habitantes, ya que se les proporcionará un sistema de suministro de agua potable adecuado.

**PALABRAS CLAVE:** Agua potable, Abastecimiento, Agua residual, Concreto, Propiedades físicas y mecánicas.

## **ABSTRACT**

This sufficiency project covers the task of using wastewater in the physical and mechanical properties of concrete, belonging to the district of Ate. The town does not have an adequate drinking water supply system. resulting in an increase in diseases and a poor level of well-being. For this study, a non-experimental, cross-sectional and descriptive study approach was used. Additionally, the main variable in question of the project is based on a study oriented to the objectives that include the definition of the population under study and the elements of the wastewater system and physical and mechanical properties of the concrete in question are identified. This study was carried out following the criteria established in the MVCS regulations, approved in 2018, as well as regulations E.030 for Earthquake-Resistant Design, E.050 for Soils and Foundations, and E.060 for Reinforced Concrete.

The proposal for the drinking water supply system is implemented, which includes the catchment (in the form of a hillside), a conduction line (587.96 meters of PVC pipe - class 10), a reservoir of (10 m<sup>3</sup>) capacity, 11 control valves, a distribution line (with 8385.71 meters of PVC pipe - class 10), and 96 home connections.

At the end of the investigation, it was determined that the implementation of the proposed solution will contribute to improving the well-being of the inhabitants, since they will be provided with an adequate drinking water supply system.

**KEYWORDS:** Potable water, Supply, Waste water, Concrete, Physical and mechanical properties.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Siendo el agua un recurso importante para los seres vivos de la tierra donde los seres humanos deben contar las diferentes asociaciones establecidas que deben de tener los servicios básicos como suministro de agua. Donde la ingeniería tiene que ofrecer un bien común en favor de la población, como también lo compete vigilar y conservar el equilibrio de la naturaleza manteniendo el ciclo de los recursos que fueron aprovechados para poder nuevamente ser utilizados, restableciendo a un estado ya tratado, a modo de una descomposición orgánica. El abastecimiento de agua consta de dos partes esenciales el diseño y el trazado de la red para así poder realizar debidamente delimitación de la red de distribución debido a que se debe conocer la población actual y evaluar una población a largo plazo, y también conocer las especificaciones que nos mencionan en la NTP para el crecimiento de sistemas de suministro de agua. (Freyder,2020)

El siguiente artículo nace de acuerdo a la urgencia de la población del centro poblado, debido a los dificultades que presentan los deterioros de la red de transporte y distribución de agua, también del mismo modo se encuentra una parte de la población que no cuenta con los servicios básicos, A causa del aumento demográfico y del envejecimiento de las instalaciones del suministro de agua ya que su fuente de captación es de aguas subterráneas, ya que se genera una interrupción en determinadas momentos en la población debido a la situación sanitaria que presenta y presentará en un futuro no muy lejano. Y debido al análisis de opciones de solución de la red de suministro existente de agua potable, la cual tiene como propósito de satisfacer la necesidad y la demanda de la población. De tal manera que se ve una alternativa de solución es de profundizar el pozo tabular ya existente.

La evaluación y mejora del sistema de suministro de agua potable en el Perú, son teorías relacionadas al sistema de abastecimiento de agua potable viendo los componentes, clasificación, el tipo de diseño, así como también la calidad del recurso hídrico, del mismo modo se debe tener en cuenta del reglamento nacional de saneamiento básico. Donde este trabajo comprende un tipo de investigación no experimental, descriptiva y transversal. Donde la población de estudio va estar

formada por todo el sistema de suministro de agua potable, así como también no se tendrá en cuenta ninguna muestra ya que se debe que el estudio será toda la población implicada en el sistema de agua potable. Donde el sistema de agua potable tiene una captación de las aguas subterráneas (pozos excavados) con una profundidad de 10 metros (Freyder,2020).

El propósito de la investigación siguiente se fundamenta en la adquisición de conocimientos de diferentes temas teóricos relacionados al sistema de agua residual, Dado que toda esta información será empleada para informar las decisiones relacionadas con las mejoras que se realizará en la gestión y el mantenimiento, Igualmente, se considerará en las decisiones sobre infraestructura, lo que contribuirá a los organismos responsables de la gestión del sistema de agua potable se busca que estas acciones colaboren en la sostenibilidad de los servicios prestado.

Se sugiere la realización de estudios a nivel local como una propuesta para considerar. Socialmente en este estudio podremos obtener resultados comparativos para determinar cuál de los sistemas es más apropiado según la geografía específica donde se realice el estudio, ya que implica el crecimiento de las diversas enfermedades, debido a ello podremos ver la mejora en el nivel de vida al Uso del agua residual en las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Y como **objetivo general** tenemos Evaluación del diseño de un sistema agua residual en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, así mismo tenemos los **objetivos específicos** que son consecutivos: a) Determinar la mejora del sistema de agua residual en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, b) determinar la sostenibilidad del mantenimiento del sistema de agua residual en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, c) determinar la sostenibilidad de gestión administrativa del sistema de uso del agua residual en las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

## II. METODOLOGÍA

Se hace presente este estudio donde se ha analizado la secuencia en la investigación actual de tipo descriptivo en el cual se tiene variables independientes y se ve los cambios ocurridos en las variables dependientes, el ámbito de estudio como parte de la revisión literaria, ejecutando evaluaciones de factores cualitativos y cuantitativos, con la finalidad de resumir datos disponibles basados en investigaciones previas. Como parte de la revisión literaria se efectuaron la búsqueda de artículos científicos desde el año 2020 al 2024, en diferentes bases donde se aplicaron los conocimientos obtenidos durante la educación universitaria. **Criterios de Inclusión.** Planificación según del MVCS. Implementación de proyectos donde se han aprovechado variadas metodologías de diseño, estudios publicados tanto en inglés como en español, así como estudios llevados a cabo. durante el período 2020 – 2024. **Criterios de Exclusión.** Por contextos del presente proyecto se realizó una revisión completa y detallada de la literatura científica que el enfoque está dirigido hacia la creación de sistemas de suministro de agua potable, asimismo se ha definido que el proyecto a realizarse será una Investigación Descriptiva. La justificación para la **metodología** seleccionada se centra durante la revisión sistemática y el análisis de los temas científicos propuestos por diferentes autores. Esto se debe a la limitación para acceder de forma objetiva a los resultados de los informes referidos al tema de estudio. En la revisión de literatura científica se utilizaron las siguientes fuentes tales como Scopus, Scielo, y Web Of Science son el fundamento para la ejecución del proyecto de investigación. Los artículos científicos en esta investigación han sido concisos, para lo cual se emplearon las siguientes palabras clave: Agua Residual Tratada, Concreto. Se prescindieron de algunos artículos científicos ya que ambos persiguen el mismo objetivo, pero emplean metodologías de diseño distintas en un entorno rural, con componentes de infraestructura relacionados al tema del proyecto, seleccionando las siguientes investigaciones:

## Proceso de Búsqueda:

Tabla 1. Clasificación de los artículos citados según el año de publicación y la base de datos de referencia.

Fuente	Palabras claves
<b>Scopus</b>	wastewater AND concrete (Agua residual y concreto)
<b>Scielo</b>	wastewater AND concrete (Agua residual y concreto)
<b>Web Of Science</b>	wastewater AND concrete (Agua residual y concreto)
Estas palabras claves fueron muy valiosas para determinar la búsqueda	

## Extracción de artículos:

Tabla 2. Resultados obtenidos al aplicar filtros a la búsqueda de “wastewater and concrete”

FUENTE	RESULTADOS de Búsqueda	FILTROS APLICADOS	Nº de RESULTADOS OBTENIDOS	Nº de ARTICULOS SELECCIONADOS
<b>Scopus</b>	2167	Artículos de Ingeniería menor a cinco años	1242	17
<b>Scielo</b>	34	Artículos de Ingeniería menor a cinco años	7	1
<b>Web Of Science</b>	479	Artículos de Ingeniería menor a cinco años	234	17
Los artículos seleccionados fueron 35				

## Selección de artículos

Tabla 3. Clasificación de los artículos citados según el año de publicación y la base de datos de referencia.

Año de Publicación						
Fuente	2020	2021	2022	2023	2024	Total
<b>Scopus</b>	5	5	1	3	0	14
<b>Scielo</b>	5	1	3	4	0	13
<b>Web Of Science</b>	3	2	1	2	0	6
Total	13	8	5	9	0	35

### **III. RESULTADOS**

Para poder realizar este trabajo de investigación, realizamos una búsqueda de artículos científicos, así como también se encontró 35 estudios de investigaciones relacionados al estudio de este trabajo de “Uso del agua residual en las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

Teniendo los diferentes resultados de una búsqueda sistemática se pudo encontrar investigaciones similares al tema de estudio, ya que nos permitió responder el interrogante propuesto en la investigación, debido a ello se realizó una selección de los artículos científicos o temas de estudio más semejantes, obteniendo como indicadores las variables más vecinas al proyecto a desarrollar, donde se seleccionó 35 artículo científicos en la siguiente manera.

Encontramos información en relación a la evaluación de sostenibilidad de un sistema de agua, así como también se encontró temas similares al sector público, debido a ello seleccionamos investigaciones que tienen información respecto a la sostenibilidad del sistema de agua.

Mediante su tesis nos da a conocer el tema de gestión y planificación del recurso hídrico, nos menciona que se le debe dar un mejor uso al agua potable, asumiendo las condiciones el lugar donde se vive, y verifica que en honduras posee una política de manejo, cuidado y gestión del recurso hídrico de primera calidad.

Referente al tema de investigación se han seleccionado 35 trabajos de investigación que tienen relación con la evaluación de sostenibilidad de sistema de agua residual, así como también su influencia en población. Debido a ello presentamos el cuadro de los trabajos de investigación, después de una revisión sistemática.

**Asadollahfardi, et al., (2024)** en su artículo científico titulado “Impact of treated industrial wastewater's pH on different characteristics of self-compacting concrete” El estudio investigó el impacto de los diferentes niveles de pH en las propiedades mecánicas, de trabajabilidad y de durabilidad del concreto autocompactante (SCC) cuando se utilizaron aguas residuales industriales tratadas (TIWW) de la refinería de petróleo de Teherán. Se elaboraron ocho probetas diferentes de SCC, dos probetas de control aplicando agua potable con una proporción entre agua y cemento (a/c) de 0,5 con 400 kg/m<sup>3</sup> de cemento y a/c de 0,36 con 440 kg/m<sup>3</sup> de cemento. El uso de TIWW en lugar de agua potable disminuyó el flujo de asentamiento del concreto. Elevar el pH de las aguas residuales industriales tratadas (TIWW) de condiciones ácidas a alcalinas mejora el flujo de asentamiento del hormigón autocompactante (SCC). La aplicación de TIWW en SCC aumentó el T50 en comparación con el agua potable. Al aumentar el pH de TIWW de 5 a 9, T50 aumentó. Sin embargo, elevar el pH de 5 a 9 en las aguas residuales industriales tratadas (TIWW) resultó en un ligero aumento en la caja L del SCC. El uso de TIWW en lugar de agua potable en el hormigón disminuye las resistencias a la compresión y a la flexión. El aumento del pH de TIWW de 5 a 9 en muestras de SCC aumentó las resistencias a la compresión y a la flexión para ambos diseños de mezclas de SCC. El uso de TIWW en lugar de agua potable aumentó ligeramente la adsorción de agua en 30 minutos, una hora, la adsorción de agua capilar y la profundidad de carbonatación.

**ElGazzar, et al., (2024)** en su artículo científico titulado “Nondestructive testing on concrete-based treated wastewater” El reciclaje de aguas residuales en la construcción presenta una oportunidad para aliviar la escasez de agua dulce y al mismo tiempo promover la sostenibilidad. Este estudio investigó las influencias del tipo de cemento y la fuente de aguas residuales tratadas en el tiempo de fraguado y las características de resistencia y el mortero de cemento. Se encontraron tres tipos de cemento: cemento Portland ordinario (CEM I), CEM III/A y CEM IV/A-P. Se incluyeron cuatro plantas que tratan aguas residuales versus agua potable como control. Se encontraron quince mezclas; cada 5 mezclas abordaron ciertos tipos de cemento junto con tipos específicos de agua tratada. Se diseñaron dos fases: Fase I para el valor de la punta del mortero y tiempo de fraguado de las

pastas y Fase II para el mortero para evaluar las resistencias a flexión y compresión de la herramienta 90 probetas, 6 a los 2 y 28 días de edad. Se observó el impacto significativo de ambas variables. CEM III/A mostró la configuración más rápida entre las otras mezclas, mientras que CEM I fue la más lenta. El fraguado acelerado de las aguas residuales versus el agua destilada. El rendimiento mecánico también varió según la combinación cemento-aguas residuales. CEM IV/A-P proporcionó una mejora óptima de la resistencia de hasta un 50 % en resistencia a la flexión y un 35 % en resistencia a la compresión con aguas residuales en comparación con el control CEM I. Los resultados se atribuyeron a las interacciones cemento-agua que influyen en la hidratación y la microestructura, mientras que CEM I tuvo un rendimiento inferior con los beneficios de aguas residuales, CEM III/A y CEM IV/A-P, especialmente en edades tempranas. La considerable variabilidad resalta la compleja interacción de los factores que gobiernan el desempeño. Se recomendó un análisis químico-microestructural acoplado para dilucidar los mecanismos subyacentes. En general, la selección personalizada de cemento y aguas residuales es prometedora para el hormigón sostenible, en espera de nuevas pruebas de optimización y durabilidad. El estudio proporciona una plataforma para el desarrollo específico del contexto de materiales de construcción ecoeficientes utilizando recursos disponibles localmente.

**Elnemr, et al., (2024)** en su artículo científico titulado “Exploring the different stages of treated wastewater on various cement types” El reciclaje de aguas residuales en la construcción presenta una oportunidad para aliviar la escasez de agua dulce y al mismo tiempo promover la sostenibilidad. Este estudio investigó las influencias del tipo de cemento y la fuente de aguas residuales tratadas en el tiempo de fraguado y las características de resistencia y el mortero de cemento. Se encontraron tres tipos de cemento: cemento Portland ordinario (CEM I), CEM III/A y CEM IV/A-P. Cuatro plantas tratan aguas residuales versus agua potable como control. Se encontraron quince mezclas; cada 5 mezclas abordaron ciertos tipos de cemento junto con tipos específicos de agua tratada. Se diseñaron dos fases; La Fase I evaluó el tiempo de fraguado en pastas y la Fase II evaluó las resistencias a flexión y compresión de muestras de mortero a los 2 y 28 días de

edad. Se observó el impacto significativo de ambas variables. CEM III/A mostró la configuración más rápida entre las otras mezclas, mientras que CEM I fue la más lenta. El fraguado acelerado de las aguas residuales versus el agua destilada. El rendimiento mecánico también varió según la combinación cemento-aguas residuales. CEM IV/A-P proporcionó una mejora óptima de la resistencia de hasta un 50 % en resistencia a la flexión y un 35 % en resistencia a la compresión con aguas residuales en comparación con el control CEM I. Los resultados se atribuyeron a las interacciones cemento-agua que influyen en la hidratación y la microestructura. Mientras que CEM I logró bajas resistencias mecánicas con aguas residuales; Beneficios CEM III/A y CEM IV/A-P, especialmente en edades tempranas. La considerable variabilidad resalta la compleja interacción de los factores que gobiernan el desempeño. Se recomendó un análisis químico-microestructural acoplado para dilucidar los mecanismos subyacentes. En general, la selección personalizada de cemento y aguas residuales es prometedora para el hormigón sostenible, en espera de nuevas pruebas de optimización y durabilidad. El estudio proporciona una plataforma para el desarrollo específico del contexto de materiales de construcción ecoeficientes utilizando recursos disponibles localmente.

**Stojmenović, et al., (2024)** en su artículo científico titulado “Sustainable Application of Waste Sludges from the Wastewater Treatment Plant Generated during the Production of Heating Devices in the Construction Industry” sta investigación presentó, por primera vez, los resultados de la aplicación exitosa de los lodos residuales de prensa, WSLP (planta de lacas y pinturas) y WSEP (planta de esmalte en polvo), provenientes de una PTAR generadas durante la producción de dispositivos de calefacción en la construcción. industria. Los resultados de la caracterización del WSEP y su influencia en las características de la pasta de cemento, el mortero y el concreto mostraron que este material podría usarse como reemplazo del cemento (con una cantidad máxima de reemplazo del 20%) en la producción de mortero y concreto. Aunque los lodos residuales de WSLP no poseen propiedades puzolánicas y no cumplen con los criterios prescritos por las normas para su aplicación en morteros y concretos debido a su inercia química y finura, así como a su prolongado tiempo de fraguado, pueden

usarse como reemplazo de la piedra. Masilla u otro aditivo mineral en polvo en la producción de concreto autocompactante (HAC) en cantidades hasta el 100%, con una cantidad máxima de hasta 100 kg/m<sup>3</sup>. Los resultados obtenidos indican que, con la conversión adecuada, los lodos residuales, a pesar de representar residuos peligrosos, pueden ser utilizados como productos seguros en la industria de la construcción; es decir, el material de desecho puede convertirse en una materia prima útil y valiosa aplicando (respetando) todos los principios de la economía verde.

**Aryani, et al., (2024)** en su artículo científico titulado “Wastewater leakage identification in WWTP and concrete pipelines using integrated geophysical imaging methods” Las actividades industriales y mineras cubren un amplio espectro de procesos que eliminan una cantidad abundante de aguas residuales. Dada la amplia gama de industrias, hay una cantidad igualmente grande de metales pesados, solventes orgánicos e hidrocarburos contaminantes asociados con sus aguas residuales, lo que representa una gran amenaza para los acuíferos, especialmente las aguas subterráneas. Los principales contribuyentes a este esquema contaminante son las fugas de tanques de almacenamiento subterráneos/superficiales, tuberías de efluentes, alcantarillas industriales y sistemas de inyección de desechos. Para determinar la presencia de contaminación en el subsuelo y en los recursos de aguas subterráneas, un método geofísico integrado puede ser la alternativa a los métodos no invasivos. La presencia de contaminantes en el subsuelo altera las propiedades físicas de las formaciones rocosas y disminuye la resistencia al agua de los poros, por lo que puede mapearse mediante resistividad geoeléctrica. En este artículo, se realizó un estudio de caso en Medan Industrial Estate, Indonesia, para identificar posibles fugas debajo de la (PTAR) y sus tuberías, utilizando el método geoeléctrico Wenner y magnetotelúrico con 5 líneas en el intervalo de 40 a 60 metros y magnetotelúrico. Método a lo largo de los 175 metros de tuberías de la zona de producción. Con base en el Método Geoeléctrico se detectó una anomalía con un valor de resistividad bajo a 7 metros de profundidad del suelo. Mientras tanto, en el Método Magnetotelúrico se detectó un valor de permitividad moderado que es local y se ubica dentro de los 2 metros de profundidad que es

donde se ubica la tubería y el fondo del tanque de almacenamiento de la PTAR. En conclusión, Basándonos en los resultados obtenidos de los Métodos Geoeléctricos y Magnetoteléuticos, fue realizado en el ámbito de la PTAR y a lo largo de la tubería de aguas residuales que conduce a la PTAR, no se encontraron anomalías que provoquen fugas de aguas residuales.

**Keneshlo, et al., (2024)** en su artículo científico titulado “The effect of using treated domestic wastewater with different pHs on workability, mechanical, and durability properties of self-compacting concrete” En el presente trabajo, utilizamos aguas residuales domésticas tratadas con diferentes pH en concreto autocompactante (SCC) para encontrar el efecto de las aguas residuales tratadas con diferentes pH sobre las propiedades mecánicas, de trabajabilidad y de durabilidad del SCC. Se diseñaron ocho mezclas diferentes de SCC, incluidas dos muestras de control utilizando agua del grifo con una relación (A/C) de 0,5 con 400 kg/m<sup>3</sup> de cemento y A/C de 0,36 con 440 kg/m<sup>3</sup> de cemento. Seis muestras de SCC con las mismas características que las muestras de control, excepto que se utilizan aguas residuales domésticas tratadas con diferentes pH. Los resultados indican que la trabajabilidad de la muestra de SCC utilizando aguas residuales domésticas tratadas en pH ácido fue mayor que el estado de alcalinidad. La utilización de aguas residuales domésticas tratadas en vez de agua del grifo en muestras de SCC disminuyó la resistencia a la compresión, la flexión y la tenacidad a la fractura en menos de un 10 %.

**Pratap, et al., (2024)** en su artículo científico titulado “Soft computing-based investigation of mechanical properties of concrete using ready-mix concrete waste water as partial replacement of mixing portable wáter” Se sabe que el sector de la construcción ejerce una influencia sustancial en los suministros de agua dulce del planeta. Sin embargo, en el siglo XXI, el agotamiento de los suministros hídricos y la degradación de la calidad del agua se han convertido en desafíos importantes. Para abordar este problema, el presente estudio ha explorado una solución alternativa mediante la utilización de aguas residuales de concreto premezclado (RMWW) en combinación con cenizas volantes en la producción de concreto. El objetivo era sustituir el agua destilada (DW) por RMWW. Para lograr este objetivo, el estudio incorporó técnicas de aprendizaje automático para predecir la resistencia a la compresión. Este enfoque no sólo ofreció una solución potencial para conservar los recursos de agua dulce, sino que también demostró la relación entre varios ingredientes del hormigón y la resistencia a la compresión. Al incorporar informática, el estudio mejoró la comprensión de cómo RMWW afecta la resistencia del hormigón, permitiendo la optimización de las mezclas de hormigón y reduciendo la dependencia de los recursos de agua dulce.

**Harishbabu, et al., (2024)** en su artículo científico titulado “Use of non-potable water sources in pavement construction: A review” La posibilidad de una crisis mundial del agua se cierne ante la reducción de las lluvias y el crecimiento demográfico. Se requiere acción inmediata para abordar la problemática de la insuficiencia de agua. El reciclaje de agua y la reutilización de aguas residuales tratadas (TWW) en aplicaciones prácticas tienen el potencial de facilitar este problema. TWW se refiere al agua residual que se trata en una PTAR para satisfacer con los estándares de seguridad requeridos. Una de esas aplicaciones de TWW es su uso como reemplazo del agua potable en la construcción de carreteras. Una construcción de carretera típica requiere una gran cantidad de agua para diversos fines, como compactación del suelo, operaciones de control de polvo, producción de hormigón, curado, etc. El objetivo principal de esta revisión es resaltar la viabilidad de utilizar fuentes de agua alternativas en las actividades de construcción de carreteras. Se ha revisado el impacto que tiene el

grado de tratamiento del agua en las características del material del pavimento. Además, se analiza en profundidad la influencia de los compuestos químicos tóxicos presentes en las TWW sobre las propiedades frescas y endurecidas del hormigón. Se destacan las razones fundamentales detrás del cambio en las propiedades mecánicas de la subrasante y las capas granulares con la aplicación de TWW. Además, se analizan y resumen datos sobre las características químicas del agua no potable y su efecto sobre la durabilidad del pavimento. La revisión indica que existe la necesidad de explorar el uso de TWW en capas granulares y de subrasante. Además, se debe investigar con más rigor el impacto de la procedencia y el grado de tratamiento sobre las propiedades mecánicas de diferentes capas de pavimento. El (ACV) y la inspección de campo de pavimentos construidos utilizando diferentes fuentes de TWW generarán más confianza en su uso como material de construcción sostenible.

**Palička, et al., (2024)** en su artículo científico titulado “Experimental Verification of the Material Properties of Concrete 50 Years Old Wastewater Treatment Plant” El artículo se centra en la investigación del impacto ambiental de la contaminación por sustancias agresivas coloidales en una PTAR de 50 años de antigüedad, donde se realizaron muestreos de perforaciones de DN150 mm x 370 mm en el tanque. Las propiedades investigadas fueron la microestructura y la resistencia a la compresión del hormigón. Los resultados mostraron que el ambiente agresivo no tuvo efecto sobre la resistencia a la compresión resultante del concreto.

**Ayyadurai, et al., (2024)** en su artículo científico titulado “EFFICIENT WASTEWATER TREATMENT THROUGH INTEGRATED WATER HYACINTH SYSTEMS: ADVANCES AND APPLICATIONS IN CONCRETE” Esta investigación se centra en mejorar la calidad del agua empleada en actividades de construcción de hormigón mediante la utilización de aguas residuales tratadas de humedales. El estudio emplea un proceso de tratamiento de dos etapas que involucra carbón y capas de agregados para el tratamiento primario, seguido de jacintos de agua para el tratamiento secundario. La investigación de la capacidad de los jacintos de agua para absorber nutrientes y contaminantes de las aguas residuales es un aspecto único del estudio y ofrece una solución potencial para la remediación del

suelo y el agua. Los jacintos de agua, especialmente los tallos y las hojas, actúan como filtros naturales, indicando la reducción de manera eficiente la contaminación causada por metales pesados. en las regiones tropicales. El objetivo principal es la extracción de metales pesados de los efluentes, lo que permite el uso de agua tratada en la producción de hormigón en proporciones variables (20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 %). Se incorpora humo de sílice al 15 % de concentración para mejorar la durabilidad del hormigón. Las muestras de concreto se someten a una preparación minuciosa y evaluaciones de propiedades mecánicas, en comparación con el concreto convencional de grado M20. Los resultados revelan mejoras en las propiedades mecánicas, particularmente con un 80 % de aguas residuales tratadas en la mezcla. El proceso de tratamiento de dos etapas elimina los metales pesados y la inclusión de humo de sílice mejora la durabilidad y resistencia del concreto.

**Thaynara, et al., (2019)** en su artículo científico titulado “Gestão da água em usina de concreto: análise do emprego de Moringa oleifera no tratamento de água residuária e proposta de reuso após tratamento” El sector de la construcción, que figura entre los sectores con mayor consumo de materias primas y recursos hídricos, ha ido dando señales hacia una producción sostenible. En este contexto, la gestión y reutilización de aguas residuales en plantas de hormigón ayudaría a reducir las repercusiones adversas de la zona sobre el entorno natural. Sin embargo, para que la reutilización de aguas residuales sea viable es necesario realizar su tratamiento, procurando adaptar factores como, por ejemplo, alcalinidad, cloro libre residual, dureza, pH y turbidez a los estándares vigentes. Por lo tanto, el presente estudio evaluó las posibles aplicaciones para aguas residuales tratadas con el uso del extracto acuoso de Moringa oleifera obtenido de dos maneras, a saber: solo en agua destilada (EAMO) y otra en agua destilada con nitrato de calcio (EAMO/Ca<sup>2+</sup>) y con el coagulante químico sulfato de aluminio (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>). Los tratamientos analizados permitieron una reducción de la alcalinidad del 22% con EAMO/Ca<sup>2+</sup> y del 16% con el extracto Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, una reducción de la dureza del 11,4% con EAMO/Ca<sup>2+</sup> y del 4,7% con el extracto Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> y turbidez. Eficiencia de eliminación superior al 85% para todos los coagulantes estudiados en la dosis óptima. El pH y el cloro residual libre se

mantuvieron constantes. De esta forma, el tratamiento considerado mejor, realizado con EAMO/Ca<sup>2+</sup>, permite utilizar las aguas residuales para fines no potables y para la mezcla del hormigón.

**Elsayed, et al., (2023)** en su artículo científico titulado “CONCRETE BEHAVIOR USING RECYCLED WASTEWATER” El hormigón es una de las aplicaciones de ingeniería civil más esenciales y más utilizadas en el mundo, por lo que es motivo para continuar con la necesidad de desarrollarlo mediante la implementación de métodos más sostenibles. El agua es uno de los pilares fundamentales en su fabricación y en la adquisición de las propiedades mecánicas y físicas requeridas mediante las proporciones de mezcla aplicables. Hasta ahora, el agua del grifo se utiliza principalmente en este proceso, ya sea para preparar componentes, mezclar o incluso después del endurecimiento durante el proceso de tratamiento de curado. Sin embargo, esto puede convertirse en una carga en el futuro debido a la creciente escasez de agua dulce, donde las regiones sufren debido al crecimiento demográfico, los cambios climáticos y la mala gestión de los sistemas hídricos. Este artículo aborda el uso de aguas residuales de tratamiento terciario (agua reciclada) tratadas por la PTAR de Jebel Ali en Dubái-EAU como alternativa en la industria del hormigón durante la fase de tratamiento de mezcla y curado, probando el alcance de este efecto sobre las propiedades mecánicas. Propiedades del hormigón, como resistencia a la compresión, flexión y tracción desde una perspectiva general. Los resultados indican una mejora notable en la resistencia a la compresión observada según la prueba de aplastamiento de cubos, alcanzando el 33% después de siete días, el 70% después de 14 días, el 56% después de 21 días, y la prueba de resistencia a la tracción mejoró un 4% después de 28 días. en comparación con el hormigón normal. Los resultados muestran que el hormigón de aguas residuales recicladas tuvo un rendimiento más cercano, si no mejor, que el hormigón normal en propiedades mecánicas y físicas.

**Yahyaei, et al., (2020)** en su artículo científico titulado “Workability, mechanical, and durability properties of self-compacting concrete using the treated wastewater” El desarrollo urbano, la industrialización y el crecimiento demográfico aumentan el

consumo de agua. Los recursos hídricos limitados, especialmente en un clima árido, son una cuestión difícil; por lo tanto, la reutilización del agua es vital. Cada día se descargan volúmenes considerables de aguas residuales tratadas a los ríos y a las aguas subterráneas. La industria de la construcción, especialmente para la producción de hormigón, utiliza una gran cantidad de agua del grifo. Por lo tanto, se estudió la factibilidad de utilizar las aguas residuales domésticas tratadas para producir concreto autocompactante (SCC) con diferentes diseños de mezcla de concreto, utilizando humo de sílice, cenizas volantes, escorias, zeolita y una mezcla de humo de sílice y cenizas volantes según ASTM. y estándares BS. El trabajo experimental incluyó las propiedades de trabajabilidad, mecánica y durabilidad de diferentes diseños de combinación de concreto utilizando las aguas residuales tratadas. Los resultados de trabajabilidad (capacidad de llenado), incluido el flujo de asentamiento, T-50 y embudo V, fueron de 600 a 800 mm, 2 a 5 s y 6 a 12 s, respectivamente, y cumplieron con las directrices europeas para SCC. Además, los resultados de la capacidad de pase, incluidos los experimentos con el anillo J y la caja L, cumplieron con las directrices europeas. Se encontró que la resistencia a la compresión de diferentes tipos de mezclas de concreto usando aguas residuales tratadas era de uno a 8% por debajo del uso de agua del grifo a los 7, 28, 56 y 90 días después de que se fabricaron las muestras de concreto. Las imágenes del microscopio electrónico de barrido confirmaron los resultados. El uso de aguas residuales tratadas disminuyó la resistividad eléctrica del concreto en el SCC en diferentes diseños de mezcla de concreto. Sin embargo, los resultados de la permeabilidad del ion cloruro se mantuvieron en el rango muy bajo (37-254  $\omega/m$ ) del estándar AASHTO (95).

**Azeem, et al., (2023)** en su artículo científico titulado “Wastewater utilization for concrete production: Prospects, challenges, and opportunities” La demanda persistentemente creciente de materiales de construcción debido a la rápida urbanización y el crecimiento demográfico es preocupante desde una perspectiva de sostenibilidad. El hormigón, un material de construcción primario que requiere una cantidad significativa de agua dulce para su producción, amenaza los ya escasos y agotados recursos de agua dulce. Además, las aguas residuales no tratadas procedentes de la construcción y otras industrias plantean

riesgos relevantes para el entorno y la salud pública. La utilización de aguas residuales en la fabricación de hormigón ha surgido como una solución potencial para reducir el consumo de agua dulce y la descarga de aguas residuales y mejorar la sustentabilidad en el sector de la construcción. Sin embargo, la utilización de aguas residuales en la actividad productiva del concreto está sujeta a varios factores, incluidas las características físicas como las químicas de las aguas residuales, el tipo de concreto requerido y consideraciones ambientales y económicas. Por lo tanto, este documento de revisión integral tiene como objetivo evaluar la viabilidad, los beneficios y las limitaciones del uso de aguas residuales en la actividad productiva del concreto. La revisión cubre las características de las aguas residuales, sus efectos sobre las propiedades concretas, los beneficios ambientales y económicos, los desafíos y limitaciones, y las direcciones futuras de investigación. A partir de diversos estudios se han presentado valiosos conocimientos sobre las oportunidades y los desafíos del uso de aguas residuales en el proceso productivo de hormigón. Los hallazgos indican que la utilización de aguas residuales en la manufactura de concreto puede ofrecer importantes beneficios ambientales y económicos, aunque es necesario abordar algunos desafíos técnicos y regulatorios. Los atributos intrínsecos de las aguas residuales, incluida la presencia de impurezas e iones, así como el pH modificado, dificultan su uso en la producción de hormigón. Debido a estas características intrínsecas, la producción de concreto utilizando aguas residuales no ha ganado una amplia aceptación, por lo que existen limitados estudios en el tema. Se concluye que la utilización de aguas residuales en la producción de hormigón tiene un inmenso potencial y se recomienda realizar más investigaciones para mejorar la viabilidad y sostenibilidad de este enfoque.

**Yao, et al., (2022)** en su artículo científico titulado “A Review of Research on Mechanical Properties and Durability of Concrete Mixed with Wastewater from Ready-Mixed Concrete Plant” Actualmente, las aguas residuales de las plantas de hormigón premezclado se reciclan como agua de amasado de hormigón. Ha atraído una gran atención de la industria de la construcción y de los investigadores, ya que promueve el desarrollo sostenible a través de la preservación ambiental, el ahorro energético y la disminución de emisiones. Esta

revisión del artículo presenta por primera vez la naturaleza de las aguas residuales en plantas de concreto premezclado en diferentes regiones. Luego se revisan los efectos del contenido de sólidos en el agua sobre diversas propiedades del concreto, incluido el rendimiento de trabajo, la durabilidad y las propiedades microscópicas, respectivamente, cuando el concreto se mezcla con aguas residuales en lugar de agua del grifo. Además, se discute el mecanismo de acción microscópico en la mezcla de concreto con aguas residuales y se recomiendan trabajos futuros. Esta revisión proporciona fundamentos sobre el estudio de las propiedades del concreto después de que las aguas residuales se mezclan con el concreto.

**Woyciechowski, et al., (2021)** en su artículo científico titulado “Concrete corrosion in a wastewater treatment plant - A comprehensive case study” El artículo presenta un análisis en profundidad del mecanismo que conduce a la falla del revestimiento protector y a la corrosión del concreto en la PTAR. Después de sólo 2 años de servicio en los elementos de hormigón de los tanques de pretratamiento se encontraron pérdidas de recubrimientos protectores epóxicos en grandes áreas y profundos deterioros del hormigón con una profundidad máxima superior a 2 cm. El programa de investigación consistió en análisis de documentación de diseño, pruebas ambientales, pruebas de laboratorio de concreto y revestimiento, y diagnósticos in situ. Las pruebas ambientales incluyeron determinar la distribución de temperatura sobre las paredes del tanque de pretratamiento, analizar la composición de las aguas residuales y determinar la concentración de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y NH<sub>3</sub> en los vapores de las aguas residuales. Se realizaron pruebas de laboratorio de concreto y revestimiento en núcleos tomados de las paredes del tanque y consistieron en: pruebas de resistencia a la compresión y resistencia al hielo y deshielo, contenido de iones sulfato y distribución del pH en profundidad, investigación de composición de fases y observaciones SEM. Los diagnósticos in situ incluyeron pruebas de martillo de arranque y rebote. Las sustancias marcadas en las aguas residuales se encontraban en los rangos típicos de las aguas residuales municipales. Las aguas residuales en sí no constituían una amenaza significativa para las paredes revestidas de los tanques. La principal amenaza para el concreto proviene de la

actividad microbiana de las bacterias oxidantes y reductoras de azufre, lo que resulta en la liberación sucesiva de H<sub>2</sub>S de las aguas residuales y la oxidación de H<sub>2</sub>S a H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en las paredes de los tanques (corrosión del concreto inducida microbianamente). Los hallazgos de la investigación señalan que el concreto utilizado en la construcción de las paredes de los tanques de la PTAR fue diseñado, colocado y curado adecuadamente. La causa principal de la falla del recubrimiento radica en su alta permeabilidad al vapor y la falta de resistencia total al ácido sulfúrico, lo que resultó en la rápida difusión de iones SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> desde la superficie del recubrimiento hacia la estructura de concreto, causando su expansión y provocando la delaminación del recubrimiento y la destrucción del concreto.

**Manhaes, et al., (2020)** en su artículo científico titulado “Ground penetrating radar for assessment of reinforced concrete wastewater treatment plant” Durante su servicio a largo plazo, las PTAR se deterioran debido a la corrosión de las barras de refuerzo en las estructuras de hormigón. Este artículo presenta un estudio de caso de un estudio con radar de penetración terrestre (GPR) realizado en una estructura de hormigón armado (RC) en la unidad de tamizado de la PTAR de la ciudad de Fortaleza, Brasil. La estructura RC fue sometida tanto al ataque del ácido sulfúrico proveniente de la oxidación del sulfuro de hidrógeno presente en el gas de aguas residuales como al ambiente cíclico de niebla salina seca-húmeda debido a su proximidad al océano. Los datos obtenidos de la encuesta insinúan que la amplitud de las ondas electromagnéticas de un escaneo GPR y los valores de permitividad dieléctrica determinados se pueden usar para monitorear el deterioro de las varillas de acero de refuerzo debido a la corrosión en una estructura de concreto al detectar rápidamente cualquier crecimiento de fallas inherentes. Los resultados indican que el estado de las barras de refuerzo se puede evaluar a través de cortes en diferentes momentos/profundidad obtenidos a partir de un levantamiento tridimensional (3D). Con base en este estudio, se recomienda demoler las losas superiores de RC en la unidad de tamizado de la planta y conservar las losas inferiores.

**Mojapelo, et al., (2021)** en su artículo científico titulado “Utilization of wastewater sludge for lightweight concrete and the use of wastewater as curing médium” El aumento de población ha provocado una mayor generación de lodos de aguas residuales domésticas e industriales. Los lodos terminan en un vertedero en áreas designadas, lo que deja el terreno inutilizable. La búsqueda de materiales ligeros para la construcción ha llevado al uso de lodos como sustituto viable de la composición básica del hormigón debido a su baja densidad. El lodo seco recogido de la PTAR de Polokwane (WWTW) en la provincia de Limpopo se utilizó como reemplazo parcial de la arena en el hormigón. El contenido de lodo en la arena varió entre 2,5, 5, 7,5, 10 y 12,5 %. Los resultados del análisis indican que la sustitución parcial de arena por lodo seco en la mezcla de hormigón es viable y útil. El resultado mostró que hasta un 7,5 % de la arena podía sustituirse por lodo seco en el hormigón para aplicaciones estructurales. Además, se pueden utilizar aguas residuales como medio de curado. El peso unitario del hormigón disminuyó al aumentar el contenido de lodo, lo que se atribuyó a la menor densidad del lodo. La imagen SEM reveló una naturaleza porosa y una morfología superficial irregular del lodo y el hormigón.

**Yao, et al., (2023)** en su artículo científico titulado “Experimental study on macro-micro-structural properties and strength prediction model of wastewater concrete” Este estudio tiene como objetivo investigar las propiedades mecánicas, de durabilidad y de contracción por secado de mezclas de concreto que incorporan aguas residuales de plantas de concreto premezclado. Los atributos microestructurales se investigaron mediante difracción de rayos X (XRD), imágenes con microscopio electrónico de barrido (SEM), espectrometría de dispersión de energía (EDS) y porosimetría de intrusión de mercurio (MIP). Mientras tanto, se utilizó la teoría de conjuntos aproximados (RST) para analizar la influencia del radio medio de los poros, la porosidad, las dimensiones fractales y la distribución del tamaño de los poros (PSD) en la resistencia a la compresión del hormigón de aguas residuales. Los resultados mostraron que las resistencias a la compresión cúbica de siete días para las muestras de concreto C20, C40 y C60 aumentaron cuando se utilizó agua residual, observándose el mayor aumento en las propiedades de resistencia con un 16,84% para la mezcla C40. Sin

embargo, las resistencias a la compresión cúbica a 28 días de los hormigones C20, C40 y C60 se redujeron en un 4,85%, 9,33% y 18,63%, respectivamente. Los resultados de durabilidad mostraron que la mezcla de aguas residuales redujo la resistencia a las heladas del concreto C40 y C60, pero mejoró para el concreto C20. La investigación microestructural reveló que mezclar hormigón con aguas residuales densifica la microestructura del hormigón de edad temprana y refina el tamaño de los poros. Sin embargo, la compacidad de la microestructura del hormigón en la etapa posterior se redujo y los poros del hormigón se ampliaron debido a la escasa cohesividad de las partículas de agua residual. La porosidad y la PSD tienen la mayor influencia en la resistencia a la compresión del hormigón de aguas residuales. También se desarrolló y validó un modelo de resistencia y estructura de poros del hormigón de aguas residuales considerando PSD y porosidad como parámetros bivariados. Aspectos destacados La adición de aguas residuales puede mejorar la resistencia a la compresión temprana del hormigón. La adición de aguas residuales reduce la resistencia a la carbonatación del hormigón. Se estableció un modelo de precisión de la resistencia del hormigón de aguas residuales.

**Chen, et al., (2023)** en su artículo científico titulado “Feasible Applicability of Deep Learning for Solid Detection in Concrete Wastewater: An Evaluation” Las aguas residuales de hormigón de las estaciones de mezcla contaminan el medio ambiente debido a su alta alcalinidad. Las aguas residuales pueden reutilizarse si se detecta de forma precisa y oportuna su contenido sólido. Sin embargo, las investigaciones sobre los métodos tradicionales para la reutilización de aguas residuales han demostrado que requieren mucho tiempo y no son eficientes. Por lo tanto, la adquisición exacta del contenido sólido en las aguas residuales del hormigón se convierte en una necesidad. Estudios recientes han demostrado que el aprendizaje profundo se ha aplicado con éxito para detectar la concentración de soluciones químicas y el contenido de partículas del líquido en suspensión. Además, el aprendizaje profundo también se puede utilizar para reconocer el nivel de agua exacto, lo que facilita la detección de la superficie de separación sólido-líquido después de la sedimentación de las aguas residuales. Por lo tanto, en este artículo se evaluaron y discutieron exhaustivamente la viabilidad y los desafíos de

aplicar el aprendizaje profundo para detectar el contenido sólido de las aguas residuales de hormigón. Finalmente, se propuso una configuración experimental para futuras investigaciones, e indicó que se pueden seleccionar técnicas de transferencia de aprendizaje, aumento de datos, enfoques híbridos e integración de múltiples sensores para facilitar futuras actuaciones experimentales.

**Wang, et al., (2023)** en su artículo científico titulado “Application of concrete produced from reused ready-mixed concrete wastewater filtration residue” Durante la producción de hormigón premezclado, la lechada residual se filtraba bajo presión para obtener residuos de filtración de aguas residuales (WFR). El análisis físico y químico del WFR se realizó utilizando métodos como XRD, SEM. Se probaron la fluidez y el índice de actividad del mortero de cemento con aditivos compuestos, preparado reemplazando las cenizas volantes (FA) con polvo WFR en proporciones en peso de 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. Se prepararon hormigones de diferentes grados de resistencia reemplazando FA en proporciones en peso de 0%, 25% y 50%, y reemplazando agregado fino en proporciones en peso de 0%, 5% y 10%, con el fin de examinar la fluctuación de la resistencia del concreto. Los hallazgos indican lo siguiente: 1) El WFR estaba compuesto principalmente de partículas finas con diversas formas y superficies sueltas, lo que lo hacía adecuado para la preparación del concreto. 2) WFR tuvo mala fluidez (59,83%) y actividad de hidratación (51,7%), pero la adición de FA mejoró ambas. El aumento del contenido de FA mejoró la relación de fluidez y la actividad de hidratación. Con una relación FA-WFR de 1:1, la fluidez alcanzó el 81,44 % y la actividad de hidratación alcanzó el 75,73 %. 3) Cuando el WFR reemplazó al FA (25%, 50%) o la arena fabricada (5%, 10%) en la preparación del concreto, la resistencia del concreto disminuyó con un aumento en el contenido de WFR. En el concreto de baja resistencia, la reducción de la resistencia fue significativa cuando el WFR reemplazó al FA. Sin embargo, la reducción de la resistencia estuvo menos influenciada por la resistencia de diseño del concreto cuando el WFR reemplazó a la arena fabricada. 4) Se recomendó reemplazar el agregado fino con WFR para la preparación del concreto, sin que la proporción de reemplazo supere el 10% en peso.

**Cahya, et al., (2020)** en su artículo científico titulado “RECYCLED POROUS CONCRETE EFFECTIVENESS FOR FILTRATION MATERIAL ON WASTEWATER TREATMENT” El aprovechamiento de los residuos de hormigón procedentes de la demolición de edificios es uno de los esfuerzos de conservación para reducir su impacto ambiental. En este estudio, los desechos de concreto se destruyeron en tamaños de agregados gruesos y luego se convirtieron en concreto poroso. Se utilizó hormigón poroso de agregado grueso reciclado como medio de filtración para reducir los elementos contaminantes que se encuentran en las aguas residuales y satisfacer los estándares de calidad del agua. Para ello, las PTAR comunales se filtraron a través de dos capas de hormigón poroso hecho de agregado grueso reciclado de varios tamaños diferentes, y la calidad del agua generada por el sistema se midió de acuerdo con el estándar de parámetros de calidad del agua. El propósito de este estudio es examinar la eficacia de los tamaños de agregado del agregado grueso normal en comparación con el agregado grueso reciclado como medio de filtración. Del resultado del modelo de filtración del tratamiento de agua, se encontró que el tamaño del agregado grueso en la mezcla de concreto poroso tiene un efecto significativo para reducir los contaminantes del agua, incluyendo parámetros como la (DBO), la (DQO) y la demanda total de oxígeno. sólidos suspendidos (SST). Como resultado de este estudio, el hormigón poroso elaborado a partir de agregado grueso reciclado muestra un mejor rendimiento en la filtración de contaminantes del agua.

**Soltanianfard, et al., (2023)** en su artículo científico titulado “Sustainable concrete made with wastewater from different stages of filtration” La reutilización de recursos naturales en concreto para crear estructuras sustentables y respetuosas con el medio ambiente se vuelve más importante a medida que la demanda de concreto aumenta anualmente y la población crece. Entre los recursos disponibles, las aguas residuales pueden ser una alternativa, aunque es necesario explorar a fondo su uso en hormigón. En este estudio de factibilidad, se investigaron las características micro y macroestructurales del concreto elaborado con aguas residuales en tres niveles diferentes de filtración y los resultados se compararon con el lote de control elaborado con agua potable. En esta

investigación se realizaron una serie de pruebas de compresión a seis edades diferentes de 1, 7, 14, 28, 56 y 90 días junto con pruebas de absorción de agua, pruebas de calorimetría isotérmica y pruebas SEM/EDS. Se determinaron las relaciones entre resistencia a la compresión y edad para diferentes especímenes. Los resultados mostraron que el cambio en la resistencia a la compresión del espécimen fabricadas con aguas residuales en comparación con el lote de control fue inferior al 7 % en promedio. Se demostró que los valores mínimos y máximos de absorción de agua fueron para los niveles de filtración más bajos y más considerados de las aguas residuales. Las pruebas de calorimetría isotérmica revelaron una diferencia de aproximadamente el 4 % en el pico exotérmico principal del flujo de calor entre las muestras. Además, las pruebas de calorimetría isotérmica y absorción de agua mostraron una correlación entre la hidratación y la absorción de agua. Las pruebas SEM mostraron que las muestras elaboradas con el menor nivel de filtración de aguas residuales tenían una estructura más densa y con menos poros. Los resultados de las pruebas de compresión, los experimentos de absorción de agua y las propiedades microestructurales son consistentes con los hallazgos del SEM. En general, este estudio indica que las aguas residuales tienen la capacidad de ser una alternativa sostenible al agua potable para la construcción de hormigón. No se detectaron disparidades importantes entre los hallazgos de las muestras de las probetas elaboradas con agua residual y las elaboradas con agua potable.

**Zeyad, et al., (2023)** en su artículo científico titulado “Sustainable concrete Production: Incorporating recycled wastewater as a green building material” El presente artículo se esfuerza por examinar la viabilidad de emplear aguas recicladas como elemento esencial en la elaboración de hormigón ecológico. Este artículo implica un análisis en profundidad de los atributos químicos y físicos inseparables a las aguas recicladas, con un enfoque especial en su potencial como alternativa al agua dulce convencional utilizada en el procedimiento de elaboración de concreto. Con el fin de superar las restricciones identificadas en estudios previos y alcanzar percepción más completa y exhaustiva del desempeño de las aguas recicladas dentro del concreto verde, Este estudio lleva a cabo un análisis detallado de la literatura disponible mediante una revisión

sistemática, el estudio evalúa meticulosamente el efecto de las aguas recicladas en varias características intrínsecas al hormigón verde, Incluyendo aspectos fundamentales como la capacidad de resistencia a la flexión y a la compresión, así como también las propiedades de durabilidad. Los hallazgos extraídos de este estudio acentúan la factibilidad y eficacia de utilizar aguas recicladas como una opción viable en lugar de agua dulce en el proceso de producción de hormigón verde. En particular, este enfoque es prometedor para mejorar los efectos negativos ambientales perjudiciales y, simultáneamente, disminuir los costos relacionados con la producción de concreto sostenible. No obstante, surge un mensaje fundamental acerca de la urgencia de la necesidad de un seguimiento atento y un control exhaustivo de la calidad y composición de las aguas recicladas. Esta supervisión necesaria tiene como objetivo garantizar su compatibilidad e idoneidad para su integración en formulaciones concretas. Al ofrecer un análisis completo y exhaustivo de los efectos de las aguas recicladas en la producción de hormigón verde, este estudio desempeña un papel fundamental para cerrar las brechas en el conocimiento y avanzar en los límites de este campo. Las implicaciones prácticas de estos hallazgos se extienden al desarrollo de estructuras de hormigón sostenibles y ecológicamente conscientes, al tiempo que sirven como guía para futuros esfuerzos de investigación en este dominio fundamental.

**Peighambarzadeh, et al., (2020)** en su artículo científico titulado “The effects of using treated wastewater on the fracture toughness of the concrete” La evaluación de los efectos del uso de nuevas fuentes de agua sobre las propiedades mecánicas del hormigón es una cuestión importante que debe considerarse en proyectos prácticos como la construcción de presas y la construcción de túneles. La tenacidad a la fractura como una de las propiedades mecánicas describe la habilidad de un material para detener la propagación de grietas y se debe evaluar el impacto de una fuente de agua diferente en esta característica del concreto. Este artículo tiene como objetivo investigar la utilización de aguas residuales domésticas tratadas en el proceso de fabricación de hormigón. Para ello se preparan varias vigas dentadas de canto simple (SENB) utilizando 5 combinaciones diferentes de agua potable y agua residual doméstica tratada. Los

hallazgos de los experimentos indican que los valores de tenacidad a la fractura obtenidos a partir de muestras de concreto utilizando aguas residuales presentan diferencias de entre el 2% y el 6% en comparación con el concreto convencional. Por lo tanto, se concluye que la aplicación de aguas residuales domésticas tratadas como agua de curado y de mezcla no tiene efectos negativos graves sobre la tenacidad a la fractura. La caída de las muestras de concreto que utilizaron aguas residuales tratadas aumentó ligeramente en relación con el uso de agua potable y el tiempo de fraguado aumentó. Las fotografías tomadas utilizando microscopio electrónico de barrido (SEM) de las muestras que utilizaron aguas residuales tratadas indicaron que los cristales de etringita existentes, blancos y en forma de agujas, conectaban dos lados de las grietas.

**Alzgool, et al., (2024)** en su artículo científico titulado “Experimental investigations: Reinforced Concrete Beams Bending Strength with Brine Wastewater in Short Age” La escasez de residuos en algunas regiones ha llevado a contemplar otros enfoques para proporcionar agua potable para uso humano. En la presente investigación se propone reciclar una porción de las aguas residuales de salmuera para fines de agua potable mediante su incorporación a composiciones de concreto y concreto armado. Los investigadores realizaron una extensa investigación empírica para examinar el impacto de la incorporación de aguas residuales de salmuera en la mezcla de concreto sobre la resistencia al corte, la tensión de flexión y la capacidad del material para soportar compresión. Se observaron un total de setenta y dos vigas, cada una de las cuales medía 500 mm de largo, 100 mm de ancho y 100 mm de profundidad. Se designaron un total de doce vigas como muestras de control, mientras que sesenta vigas adicionales se sometieron a inmersión en agua residual de salmuera en concentraciones variables de 2,5, 5, 7,5, 10 y 15%. Las vigas se reforzaron mediante dos barras longitudinales de acero de 8 milímetros de diámetro en la zona de tracción y 6 milímetros en la zona de compresión. También se midió que los estribos incluidos en el estudio tenían un diámetro de 4 mm. Las muestras fueron examinadas a intervalos de siete, catorce, veintiuno y veintiocho días. Basándonos en los hallazgos de este estudio y otros estudios relevantes, se determinó que el uso de un 10 % de agua dulce como sustituto de las aguas residuales salmueras produjo

respuestas más óptimas. Los resultados obtenidos después de una duración de 28 días indican un aumento notable tanto en la resistencia a la compresión como a la flexión de las muestras de hormigón, con mejoras de alrededor del 22% y el 2,6% en comparación con las muestras de referencia. Se investigó el impacto de las aguas residuales de salmuera en el proceso de corrosión del acero de refuerzo dentro del hormigón armado. Los resultados empíricos indicaron que la introducción de aguas residuales de salmuera en una concentración del 10% en los componentes del hormigón no tuvo repercusiones perceptibles durante un período de 65 días.

**Alzgoool, et al., (2022)** en su artículo científico titulado “Reinforced-concrete Bond with Brine and Olive Oil Mill Wastewater” Dado que la interacción entre el refuerzo de acero y el hormigón controla directamente la fuerza de unión entre ellos, un rendimiento deficiente de la unión tiene como resultado un efecto negativo directo en el estado existente de las estructuras de hormigón armado. Esta unión es uno de los elementos más significativos que influyen en la resistencia del hormigón armado. La fuerza de unión se mide mediante la prueba de extracción. Este artículo examina el impacto de la adición de salmuera y aguas residuales de almazara a las mezclas de hormigón armado. El objetivo principal de este estudio es definir el efecto de las aguas residuales de salmuera y de almazara sobre la fuerza de unión entre el acero y el hormigón al añadir cada uno de los aditivos a los componentes del hormigón. Se realizaron pruebas de extracción en mezclas de concreto con contenidos de aditivos de 2,5, 5, 7,5, 10 y 15 % en peso de agua para cada uno. Se encontró que la fuerza de unión de las muestras de hormigón armado con una almazara y aguas residuales de salmuera mejoró y disminuyó aproximadamente entre un 6-10% y un 2-5%, respectivamente, en comparación con las muestras de referencia. Estos valores se observaron para mezclas con contenidos de aditivos del 7,5% para aguas residuales de almazara y del 10% para aguas residuales de salmuera.

**Abushanab, et al., (2022)** en su artículo científico titulado “Flexural behavior of reinforced concrete beams prepared with treated Wastewater, recycled concrete Aggregates, and fly ash” La utilización de aguas residuales domésticas tratadas

(TWW), agregados de hormigón reciclados (RCA) y cenizas volantes (FA) en estructuras de hormigón armado (RC) es de gran interés desde una perspectiva de sostenibilidad. En este estudio, se fabricaron y probaron cuatro vigas de RC (180 x 250 x 2000 mm) bajo una flexión de cuatro puntos hasta su falla. Los parámetros de prueba incluyen el tipo de agua de mezcla (agua dulce y TWW), el tipo de agregado grueso (gabro natural y RCA) y el contenido de FA (0% y 20%). Los resultados sugirieron que el uso de TWW, RCA y FA no tuvo un efecto significativo sobre los patrones de agrietamiento de las vigas y la deformación del refuerzo en el momento de la fluencia, mientras que TWW y RCA disminuyen la ductilidad de las vigas en un 8,7% y 15,9%, respectivamente. Además, TWW redujo la capacidad de flexión de las vigas en un 13,7%. Por otro lado, el uso de FA aumentó la fisuración y las cargas últimas de las vigas y la deformación máxima y la deslizabilidad del hormigón aumentaron la ductilidad. Las investigaciones analíticas revelaron que el código ACI 318-19 predijo con precisión los momentos de agrietamiento de las vigas, mientras que el código CSA-A23.3-14 mostró el menor error de predicción para los momentos últimos de las vigas. Además, el CSA-A23.3-14 mostró una predicción precisa de las respuestas carga-deflexión de las vigas.

**Jian, et al., (2024)** en su artículo científico titulado “Investigating the applicability of waste foam concrete for phosphorus recovery in real pig wastewater based on the effect of organic matter on the HAP crystallisation method” La cristalización de HAP utilizó residuos de hormigón celular como fuente de calcio, estudió el impacto de los compuestos orgánicos típicos en aguas residuales de cerdos simuladas en la recuperación de fósforo y los aplicó a aguas residuales reales. El espectrómetro de dispersión de energía de rayos X (EDS) y SEM indican: el ácido cítrico tuvo un efecto inhibitor más fuerte sobre la cristalización en comparación con el ácido húmico. El ácido cítrico quelar los iones  $Ca^{2+}$ , compitiendo con los iones de cristalización e interfiriendo con la nucleación de los cristales. El ácido húmico obstaculiza el crecimiento de cristales mediante mecanismos de adsorción e intercambio iónico. Cuando se agregaron ácido cítrico y ácido húmico, interactuaron competitivamente, reduciendo la inhibición de la recuperación de fósforo. La cristalización de HAP por sí sola redujo el contenido de fósforo y la

turbidez en aguas residuales secundarias de cerdos, mientras que la combinación de 2 ml (5 g/L) de PAM produjo resultados favorables. La concentración de fósforo efluente fue de solo 1,0 mg/L, con una turbidez inferior a 25. Aquí hubo una reducción notable en las bacterias patógenas *Pseudomonas* del filo *Aspergillus*, junto con una tendencia a la baja significativa en el grupo CL500\_29\_marine\_group, que representa la eutrofización de los cuerpos de agua. El método combinado costó 1,15 yuanes RMB/tonelada de agua tratada, una disminución del 26 % en comparación con la planta de tratamiento original. Este método es adecuado como unidad complementaria para el tratamiento secundario de aguas residuales porcinas.

**Soltanianfard, et al., (2024)** en su artículo científico titulado “Sustainable concrete made with wastewater from different stages of filtration” La reutilización de recursos naturales en concreto para crear estructuras sustentables y respetuosas con el medio ambiente se vuelve más importante a medida que la demanda de concreto aumenta anualmente y la población crece. Entre los recursos disponibles, las aguas residuales pueden ser una alternativa, aunque es necesario explorar a fondo su uso en hormigón. En este estudio de factibilidad, se investigaron las características micro y macroestructurales del concreto elaborado con aguas residuales en tres niveles diferentes de filtración y los resultados se compararon con el lote de control elaborado con agua potable. En esta investigación se realizaron una serie de pruebas de compresión a seis edades diferentes de 1, 7, 14, 28, 56 y 90 días junto con pruebas de absorción de agua, pruebas de calorimetría isotérmica y pruebas SEM/EDS. Se determinaron las relaciones entre resistencia a la compresión y edad para diferentes especímenes. Los resultados mostraron que el cambio en la capacidad de resistencia a la compresión de las muestras fabricadas con aguas residuales en comparación con el lote de control fue inferior al 7 % en promedio. Se demostró que los valores mínimos y máximos de absorción de agua fueron para los niveles de filtración más bajos y más considerados de las aguas residuales. Las pruebas de calorimetría isotérmica revelaron una diferencia de aproximadamente el 4 % en el pico exotérmico principal del flujo de calor entre las muestras. Además, las pruebas de calorimetría isotérmica y absorción de agua mostraron una correlación entre la

hidratación y la absorción de agua. Las pruebas SEM mostraron que las muestras elaboradas con el menor nivel de filtración de aguas residuales tenían una estructura más densa y con menos poros. Los resultados de las pruebas de compresión, los experimentos de absorción de agua y las propiedades microestructurales son consistentes con los hallazgos del SEM. En general, este estudio indica que las aguas residuales tienen la capacidad de ser una alternativa sostenible al agua potable para la construcción de hormigón. No se detectaron discrepancias importantes entre los hallazgos de las pruebas de las probetas elaboradas con agua residual y las elaboradas con agua potable.

**Abi Hanna, et al., (2023)** en su artículo científico titulado “Recycled cellular concrete to improve phosphorous removal by floating treatment wetlands: A pilot experiment for meat-processing factory's wastewater” Los humedales flotantes de tratamiento (FTW) son una solución prometedora para mejorar la calidad de los efluentes de aguas residuales, pero exhiben una amplia gama de rendimientos de eliminación de fósforo total (TP), lo que genera incertidumbre sobre su confiabilidad. Este estudio investiga el potencial de FTW mejorado equipado con hormigón celular (CC) reciclado para mejorar el tratamiento con fósforo (P) de las aguas residuales agroalimentarias. Se realizó una evaluación lado a lado de FTW de diferentes tamaños (que representan 24 %, 48 % y 72 % de la superficie de las lagunas piloto con 5, 10 y 15 kg CC, respectivamente) y un control (laguna piloto sin FTW). La laguna piloto con un índice de cobertura del 72 % exhibió la mayor eliminación de masa de TP, con un promedio de  $29 \pm 9$  % y lo que resultó en un aumento medio del 16 % en comparación con la laguna de control. La cobertura FTW de 24 % y 48 % promovió una eficiencia del tratamiento de TP más consistente y menos variable que la laguna de control, que logró la eliminación de P sólo durante la floración de algas. El fósforo se absorbe principalmente en CC dentro de FTW (mín.-máx. 79–94 % de TP eliminado). Las plantas contribuyen poco a la eliminación general de fósforo y fueron responsables del 4 al 6 % del TP eliminado, dependiendo de la densidad de las plantas. La sedimentación y la asimilación de algas fueron responsables del 14 % de TP eliminado en el FTW más denso, y fueron la principal fuerza impulsora de la eliminación de TP en la laguna de control. Desde una perspectiva de economía circular, hasta 31 g P/kg

CC fueron absorbidos en CC, de los cuales el 89 % (P débilmente unido a calcio) podría estar disponible para la asimilación de las plantas. Una mayor investigación sobre el CC podría proporcionar información sobre la mejor ruta de valorización.

**Sheikh Hassani, et al., (2023)** en su artículo científico titulado “Concrete production with domestic and industrial wastewaters—A literature review” Dado que la escasez de agua plantea una crisis mundial siempre presente, el uso de aguas residuales tratadas como alternativa al agua dulce podría ser una opción inteligente y contribuir a una industria de la construcción sostenible. Se han realizado numerosos estudios utilizando aguas residuales domésticas o industriales tratadas en la producción de hormigón, lo que proporciona una solución prometedora a la escasez mundial de agua y la administración de aguas residuales. Sin embargo, la eficacia de las aguas residuales en el procedimiento de manufactura de hormigón en comparación con el agua dulce pura ha sido motivo de preocupación debido a sus impurezas y contaminantes. Los resultados derivados de estudios publicados previamente sobre la fabricación de hormigón con aguas residuales varían como consecuencia de diferentes aditivos, edad de curado, método de tratamiento o calidad de las aguas residuales. Esta supervisión recopila y compara los estudios previos sobre propiedades físicas y mecánicas, características de durabilidad y evaluaciones morfológicas del concreto fabricado con aguas residuales tratadas, y discute las razones de las similitudes y diferencias. Se resumen los hallazgos del estudio y las deducciones de la literatura, y también se recomiendan direcciones de investigación futuras basadas en las lagunas de la investigación.

**Aruntas, et al., (2022)** en su artículo científico titulado “Usage of ready-mixed concrete plant wastewater in concrete with superplasticizer: Effect on physico-mechanical properties” El acelerado aumento demográfico y la industrialización aumentan día a día la demanda de hormigón. En la producción de hormigón se libera una gran cantidad de aguas residuales de lavado. Estas aguas residuales de lavado que se liberan generan la contaminación del suelo y del agua. Este estudio investigó las propiedades frescas y físico-mecánicas de los concretos preparados con el agua de lavado liberada en las plantas de concreto

premezclado. Se utilizaron aguas residuales (WW) en proporciones de 25, 50, 75 y 100 % en lugar de agua potable (PW). Además, las mezclas utilizaron un superplastificante a base de naftaleno sulfonato (1, 1,5 y 2%). También se investigó la efectividad del SP en concreto producido con WW. La trabajabilidad WW mejoró relativamente en mezclas sin SP. Sin embargo, para aumentar la trabajabilidad en mezclas que utilizan 100 % WW, la dosis de SP debe ser del 2 %. El peso unitario del hormigón fresco es superior a 2300 kg/m<sup>3</sup>. La relación WW y la dosis de SP no afectaron en gran medida el peso unitario de los concretos frescos. El aumento de la dosis de SP disminuyó el contenido de oxígeno en el aire del concreto fresco, mientras que el contenido de aire aumentó a medida que aumentó la relación WW. En mezclas con WW, el contenido de aire disminuyó un 20 % cuando la dosis de SP fue del 2 %. La resistencia a la compresión del hormigón a 28 días varía entre 36,9 y 49,00 MPa. Se ha determinado que se puede producir concreto clase C30/37 con mezclas 100 % WW. La resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas que utilizaron 100 % WW disminuyó en un 10 % en comparación con la mezcla de referencia. Como resultado, la demanda de agua o SP aumenta en los hormigones que utilizan WW. Por lo tanto, se obtuvo una resistencia a la compresión de aproximadamente 40 MPa en el hormigón WW producido utilizando SP. Al producir hormigón utilizando WW, la contaminación ambiental se reducirá considerablemente.

**Abushanab, et al., (2021)** en su artículo científico titulado “Combined effects of treated domestic wastewater, fly ash, and calcium nitrite toward concrete sustainability” El drástico aumento en el consumo de agua dulce y cemento Portland ordinario (OPC) plantea graves desafíos ambientales y económicos en todo el mundo. Este estudio, por lo tanto, explora las propiedades durabilidad y de mecánicas del hormigón que incorpora aguas residuales domésticas tratadas (TWW), cenizas volantes clase F (FA) e inhibidores de corrosión a base de nitrito de calcio (CN). Primero se prepararon pasta y mortero de OPC con TWW y se compararon con los límites permisibles especificados en las disposiciones de ASTM C1602/C1602M – 18. Posteriormente, se elaboraron diez mezclas de concreto con diversas proporciones de TWW (0%, 25%, 50% y 100%), FA (0%, 20% y 35%) y CN (0% y 3%). y probado en cuanto a asentamiento y densidad en

fresco, capacidad de resistencia a la compresión y flexión, resistividad eléctrica, porosidad y permeabilidad al cloruro. Todas las muestras de concreto fueron curadas con agua dulce. Las propiedades de endurecimiento del concreto se probaron a los 7, 28 y 90 días. Los resultados de las pruebas revelaron que el TWW disminuyó ligeramente las resistencias a la compresión y a la flexión del concreto entre un 5% y un 12%, mientras que aumentó dramáticamente la porosidad y la permeabilidad al cloruro en aproximadamente un 40%. También se demostró que la adición de FA disminuyó significativamente la permeabilidad al cloruro del concreto TWW entre un 55% y un 71%. La proporción óptima de reemplazo de AG se observó al 20% en peso. Se demostró que la adición de CN deteriora las propiedades de durabilidad y resistencia del hormigón de agua dulce entre un 10% y un 39%. Sin embargo, la combinación de TWW y CN ha mejorado la resistividad, la porosidad y la permeabilidad al cloruro del concreto en un 32%, 28% y 32%, respectivamente. Las propiedades óptimas del hormigón se obtuvieron utilizando 20% en peso de FA y 0% de CN. Los resultados obtenidos fueron respaldados analíticamente mediante pruebas de microscopía electrónica de barrido (SEM), microanálisis de rayos X con dispersión de energía (EDX) y (XRD). Además, se realizaron correlaciones de Pearson y regresiones lineales sobre los datos experimentales.

**Abushanab, et al., (2022)** en su artículo científico titulado “Characteristics of Concrete Made with Treated Domestic Wastewater” El espectacular aumento de la producción mundial de hormigón y los efectos resultantes en la disminución de las reservas de agua dulce se ha convertido en un desafío urgente entre los investigadores. Muchos países utilizan el método de tratamiento de desalinización para asegurar las cantidades necesarias de agua dulce. Sin embargo, la desalinización tiene impactos ambientales y económicos negativos. Por esta razón, los investigadores han propuesto recientemente varias alternativas al agua dulce. Uno de ellos son las aguas residuales domésticas con tratamiento terciario (ART). Desde una perspectiva de sostenibilidad, la utilización de TWW en aplicaciones concretas disminuye el agotamiento mundial del agua dulce y reduce los costos y la energía asociados con la eliminación de aguas residuales y la conversión de agua de mar.

Este estudio realizada nos consciente adquirir opciones para resolver la problemática mencionada previamente en el proyecto., ya que se trata de uno de los primeros pasos en el procedimiento de elaboración del proyecto de investigación, así como ventear los descubrimientos del análisis sistemático de la literatura de trabajos de investigación (artículos científicos), que fueron realizados dentro del periodo del 2020 al 2024, donde pudimos extraer de la base de datos de Scopus, Scielo y Web Of Science un total de 2,674 artículos científicos donde se seleccionó solo 35 artículos, donde se puede tener los indicadores que se relacionan más estrechamente con el título del proyecto. “Uso del agua residual en las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

La siguiente investigación propone el Uso del agua residual en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, que tiene por intención una mejora de la calidad del agua disponible y el bienestar de la población y cubrir sus requerimientos fundamentales. Primeramente, A causa de limitaciones de acuerdo al acceso del área que se estudió, se vio interrumpido en el inicio de Las tareas de recolección al comienzo de los conocimientos básicos del estudio de la ingeniería, donde por tal motivo se aplazó la estadía de personal de trabajo por más de una semana.

#### **IV. CONCLUSIONES**

- ❖ Se consiguió dar una apropiada propuesta para optimizar el sistema de suministro de agua potable en el distrito de Ate, donde logramos obtener resultados estudios básicos, así como también componentes del sistema, donde se puede asegurar el abastecimiento de agua en toda la zona del centro poblado, y así lograr un buen nivel de bienestar de los habitantes.
- ❖ Se realizó el estudio topográfico oportuno en las zonas teniendo en cuenta desde la captación y todo el recorrido de la tubería de conducción y distribución, donde podemos obtener la altura y las zonas planas del área de estudio, elaborar el correspondiente plano general topográfico, para así ya tener definido las zonas topográficas donde se encuentra las partes accidentadas.
- ❖ Efectuamos una investigación sobre la mecánica de los suelos respecto a la conformidad de la norma E. 050 del RNE de suelos y cimentaciones, artículo 3 “obligatoriedad de los estudios”. Que el respectivo proyecto debe tener la construcción del sistema de suministro de agua potable mediante gravedad, ya que consta de una línea de conducción con las dimensiones de tubería de PCV 1” así como también de 1 ½”, ya que los trabajos realizados en campo se elaboraron las diferentes excavaciones con herramientas manuales en la elaboración de 18 calas que fueron exploradas de 1 metro de ancho por una profundidad de 1.50 metros.
- ❖ De la misma manera realizamos un estudio de impacto ambiental donde se hizo un monitoreo a los impactos negativos ya que surgirán durante y después en la ejecución del proyecto de mejoramiento de agua potable, debido a ello se tuvo en consideración tener medidas de prevención de los impactos ambientales para así tener una buena conformidad dentro de la población con respecto a los trabajadores.
- ❖ Según al análisis químico y bacteriológico realizado nos da a conocer que es positivo para el consumo humano, debido a que tiene un cumplimiento con sus parámetros que exige la ley general de aguas- ANA.

## REFERENCIAS

- Abi Hanna; Borne. (2023). *Recycled cellular concrete to improve phosphorous removal by floating treatment wetlands: A pilot experiment for meat-processing factory's wastewater*. (Francia). (53). <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.103766>
- Abushanab; Alnahhal. (2021). *Combined effects of treated domestic wastewater, fly ash, and calcium nitrite toward concrete sustainability* (Qatar). (44). <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103240>
- Abushanab; Alnahhal. (2022). *Characteristics of Concrete Made with Treated Domestic Wastewater* (Qatar). (201), 231-235. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-6932-3\\_20](https://doi.org/10.1007/978-981-16-6932-3_20)
- Abushanab; Alnahhal. (2022). *Flexural behavior of reinforced concrete beams prepared with treated Wastewater, recycled concrete Aggregates, and fly ash*. (Qatar). (45), 2067-2079. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.10.029>
- Alzgoor; Alfraihat. (2022). *Reinforced-concrete Bond with Brine and Olive Oil Mill Wastewater*. (Iran). (8), 319-333. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2022-08-02-010>
- Alzgoor; Shawashreh. (2024). *Experimental investigations: Reinforced Concrete Beams Bending Strength with Brine Wastewater in Short Age*. (Irán). (10), 159-170. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2024-010-01-010>
- Aruntas; Nalli. (2022). *Usage of ready-mixed concrete plant wastewater in concrete with superplasticizer: Effect on physico-mechanical properties*. (Turquía). (348). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128641>
- Aryani, Ersa Shasqia. (2024). *Wastewater leakage identification in WWTP and concrete pipelines using integrated geophysical imaging methods* (Indonesia). (4852). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448502010>

- Asadollahfardi, Gholamreza. (2024). Impact of treated industrial wastewater's pH on different characteristics of self-compacting concrete (Irán). (9). <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100696>
- Ayyadurai, Ananthakumar. (2024). *EFFICIENT WASTEWATER TREATMENT THROUGH INTEGRATED WATER HYACINTH SYSTEMS: ADVANCES AND APPLICATIONS IN CONCRETE* (India). (58), 173-184. <https://doi.org/10.17222/mit.2023.914>
- Azeem; Ahmad. (2023). *Wastewater utilization for concrete production: Prospects, challenges, and opportunities* (Arabia Saudita). (80). <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2023.108078>
- Cahya; Arifi. (2020). *RECYCLED POROUS CONCRETE EFFECTIVENESS FOR FILTRATION MATERIAL ON WASTEWATER TREATMENT*. (Indonesia). (18), 209-214. <https://doi.org/10.21660/2020.70.9266>
- Chen; Yao. (2023). *Feasible Applicability of Deep Learning for Solid Detection in Concrete Wastewater: An Evaluation*. (China). (13). <https://doi.org/10.3390/app13158652>
- ElGazzar, Moemn. (2024). *Exploring the different stages of treated wastewater on various cement types* (Egipto). (9). <https://doi.org/10.1007/s41062-024-01461-1>
- ElGazzar, Moemn. (2024). *Nondestructive testing on concrete-based treated wastewater* (Egipto). (9). <https://doi.org/10.1007/s41062-024-01463>
- Elsayed; Guico. (2023). *CONCRETE BEHAVIOR USING RECYCLED WASTEWATER* (Japón). (25), 192-199. <https://doi.org/10.21660/2023.110.s8647>
- Harishbabu, Jallu. (2024). Use of non-potable water sources in pavement construction: A review. (India). (41112).

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134781>

Jian; Huang. (2024). *Investigating the applicability of waste foam concrete for phosphorus recovery in real pig wastewater based on the effect of organic matter on the HAP crystallisation method.* (China). (202). <https://doi.org/10.1016/j.bej.2023.109150>

Keneshlo, Shirin. (2024). *The effect of using treated domestic wastewater with different pHs on workability, mechanical, and durability properties of self-compacting concrete* (Iran). (31), 8633-8649. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31725-9>

Manhaes; Araruna. (2020). *Ground penetrating radar for assessment of reinforced concrete wastewater treatment plant.* (USA). (11), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s13349-020-00428-x>

Mojapelo; Kupolati. (2021). *Utilization of wastewater sludge for lightweight concrete and the use of wastewater as curing médium.* (South Africa). (15). <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00667>

Palička, Ales. (2024). *Experimental Verification of the Material Properties of Concrete 50 Years Old Wastewater Treatment Plant.* (República Checa). (25), 169-172. <https://doi.org/978-805533677-0>

Peighambarzadeh; Asadollahfardi. (2020). *The effects of using treated wastewater on the fracture toughness of the concrete.* (Irán). (18), 56-64. <https://doi.org/10.1080/14488353.2020.1712933>

Pratap, Bheem. (2024). *Soft computing-based investigation of mechanical properties of concrete using ready-mix concrete waste water as partial replacement of mixing portable wáter.* (India). (25),1255-1266. <https://doi.org/10.1007/s42107-023-00841-9>

Sheikh Hassani; Matos. (2023). *Concrete production with domestic and industrial*

- wastewaters *A literature review*. (Portugal). (53), 5582-5599.  
<https://doi.org/10.1002/suco.202200637>
- Silva, Thaynara de Almeida. (2019). *Gestão da água em usina de concreto: análise do emprego de Moringa oleifera no tratamento de água residuária e proposta de reuso após tratamento* (Brasil). (24).  
<https://doi.org/10.1590/s1517-707620190002.0657>
- Soltanianfard; Abuhishmeh. (2023). *Sustainable concrete made with wastewater from different stages of filtration*. (USA). (409).  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133894>
- Soltanianfard; Abuhishmeh. (2023). *Sustainable concrete made with wastewater from different stages of filtration*. (USA). (409).  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133894>
- Stojmenović, Marija. (2024). *Sustainable Application of Waste Sludges from the Wastewater Treatment Plant Generated during the Production of Heating Devices in the Construction Industry*. (17).  
<https://doi.org/10.3390/ma17051089>
- Wang; Liang. (2023). *Application of concrete produced from reused ready-mixed concrete wastewater filtration residue*. (China). (25), 2826-2840.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.06.120>
- Woyciechowski; Lukowski. (2021). *Concrete corrosion in a wastewater treatment plant - A comprehensive case study*. (Polonia). (303).  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124388>
- Yahyaee; Asadollahfardi. (2020). *Workability, mechanical, and durability properties of self-compacting concrete using the treated wastewater* (Irán).  
<https://doi.org/10.1002/suco.201900447>
- Yao; Xi; Guan. (2022). *A Review of Research on Mechanical Properties and*

*Durability of Concrete Mixed with Wastewater from Ready-Mixed*

Yao; Xi; Guan. (2023). *Experimental study on macro-micro-structural properties and strength prediction model of wastewater concrete*. (China). (13), 577-507. <https://doi.org/10.1080/21650373.2023.2291786>

Zeyad. (2023). *Sustainable concrete Production: Incorporating recycled wastewater as a green building material*. (Arabia Saudita). (407). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133522>