



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**ANÁLISIS DE ZONAS CON ALTA DEMANDA HÍDRICA EN LA CIUDAD
DE GUAYAQUIL UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRAFICA SIG**

TUTOR

PhD. MARCIAL SEBASTIÁN CALERO AMORES

AUTORES

MINANGO VALVERDE LIZ MONSERRATT

YTURRALDE PARADA PAULA NIKOLE

GUAYAQUIL

2023



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE RESIGTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

“Análisis de zonas con alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil utilizando sistemas de información geográfica SIG”

AUTOR/ES:

Minango Valverde Liz Monserratt
Yturalde Parada Paula Nikole

TUTOR:

Calero Amores Marcial Sebastián

INSTITUCIÓN:

**Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil**

Grado obtenido:

Tercer Nivel de Grado

FACULTAD:

FACULTAD INGENIERÍA, INDU
STRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA:

INGENIERIA CIVIL

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2023

N. DE PÁGS:

169

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE: Demanda hídrica, sistema de información geográfica, Agua Potable

RESUMEN:

El trabajo analiza las zonas con alta demanda hídrica en Guayaquil utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). La metodología incluyó la recopilación de datos sobre recursos hídricos y demanda de agua en la ciudad, con proyecciones hasta el año 2041. La integración de estos datos en el SIG permitió identificar áreas críticas y proponer estrategias de gestión hídrica sostenible. Los resultados revelaron que las parroquias de Tarqui Oeste y Pascuales Noroeste III tienen la mayor demanda hídrica. Se concluyó

implementar tecnologías avanzadas de gestión del agua, como telelectura de medidores y control automatizado de la distribución. Además, la demanda de agua muestra una tendencia creciente en todos los usos de suelo, lo que destaca la importancia de una planificación cuidadosa de los recursos disponibles. Se planteó la reutilización de aguas residuales tratadas como solución para diversificar las fuentes de abastecimiento. El uso del SIG ha sido efectivo para abordar los desafíos de la alta demanda hídrica en Guayaquil, proporcionando información clave para tomar decisiones informadas en la gestión del agua y garantizar un suministro confiable y sostenible para la comunidad. La implementación de tecnologías avanzadas y prácticas sostenibles será esencial para lograr una gestión hídrica eficiente y responsable en la ciudad.

N. DE RESIGTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: MINANGO VALVERDE LIZ MONSERRAT YTURRALDE PARADA PAULA NIKOLE	Teléfono: 0960175767 0986902676	E-mail: lminangov@ulvr.edu.ec pyturralde@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mgtr. Genaro Gaibor Spin Teléfono: (04)2596500 Ext. 241 E-mail: ggaibore@ulvr.edu.ec Mgtr. Alexis Wladimir Valle Benitez Teléfono: (04)2596500 Ext. 242 E-mail: avalleb@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Análisis de zonas con alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil utilizando sistemas de información geográfica (SIG).

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.ulvr.edu.ec

Fuente de Internet

1%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.espe.edu.ec

Fuente de Internet

1%

4

Karina del Valle Peña Rodríguez. "Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela).", Universitat Politecnica de Valencia, 2019

Publicación

1%

5

es.scribd.com

Fuente de Internet

1%

6

www.pumagua.unam.mx

Fuente de Internet

1%

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados **LIZ MONSERRATONANGO VALVERDE Y PAULA NIKOLE YTURRALDE PARADA**, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, **Análisis de zonas con alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil utilizando sistemas de información geográfica (SIG)**, corresponde totalmente a los suscritos y me nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores



LIZ MONSERRATT MINANGO VALVERDE

C.I. 0923961213



PAULA NIKOLE YTURRALDE PARADA

C.I. 0921625042

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación **Análisis de zonas con alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil utilizando sistema de información geográfica (SIG)**, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, industrial y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: **Análisis de zonas con alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil utilizando sistemas de información geográfica (SIG)**, presentado por los estudiantes **LIZ MONSERRAT MINANGO VALVERDE Y PAULA NIKOLE YTURRALDE PARADA** como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVILE encontrándose apto para su sustentación.

MARCIAL SEBASTIÁN CALERO AMORES

C.C. 0905197869

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios parte fundamental ya que en el he puesto cada decisión que he tomado, al iniciar la carrera me puse en manos de él que pueda culminar con éxitos está hermosa carrera y este nuevo reto que me esperaba, que me dé sabiduría y sepa guiarme. Extender mis agradecimientos mis hermanos Wilson Minango y Jairo Minango, que han sido esos ángeles que aprecian cuando menos lo pensaba, pero cuando más lo necesitaba, el uno me fue a dejar mi primer día de clases en la universidad y me dejó sentadita y me dijo "mi amor, tranquila esta es otra etapa de tu vida y lo harás bien, el otro de lejos pero siempre pendiente y haciendo saber que si necesito de ayuda sin pensar lo llame que para estaba, pero ellos siempre presente, siendo ese apoyo. Mi cuñada Michell Naranjo se volví ese pequeño ser de luz que puedo notar lo que otras no, apoyándome sin duda alguna en este camino siendo ese pequeño empuje que muchas veces uno necesita. A mi amigo de años Daniel Alvarado que estuvo en todos los momentos de esta carrera, el que cuando no podía estar personalmente, lo hacía atreves de una llamada y que cuando me veía en esos momentos que uno dice ya hasta aquí no doy más, siempre venia de parte de él "eres una mujer de admirar "tú puedes. Mis compañeros de clase como olvidarme de ellos si con ellos la carrera se hacía llevadera cuando se ponía difícil, Paula Yturalde mi compañera de tesis que sin el esfuerzo y ánimos que le ponía no se podría lograr este paso , como último mi agradecimiento a la persona que fue clave esencial a la culminación de este hermoso proceso Juan Tintín que sin sus conocimientos compartidos y paciencia que mantuvo y el positivismo que nos daba hubiera sido difícil está etapa y se volvió una persona muy especial, el límite es el infinito.

Liz Minango

Quiero expresar mi sincero agradecimiento en primer lugar a “Dios” por haberme permitido concluir mi carrera, por darme vida y salud para seguir adelante. Mi gratitud especial para la empresa Borleti S.A, a su Gerente General Ing. Ricardo Tituana por su apoyo total, porque con sus consejos, sus enseñanzas, por su ejemplo como profesional y gran persona, me sirvió para continuar y amar esta profesión. De igual manera mi agradecimiento para la Abg. Rosy Parada por su solidaridad, por ser ejemplo de honestidad, de carácter y siempre dispuesta a escuchar y aconsejar, para que no claudique en mi carrera. También gracias a mis hermanas Ing. Karla y Kristy Yturralde por sus consejos que me brindaron y estar conmigo cuando las necesite. A mi amiga Lili por su amistad sincera, por su empuje y toda la ayuda incondicional que me brindo siempre. A mis amigos y compañeros de trabajo, Sr. Rómulo Vargas por ser una persona tan humilde y ser una persona ejemplar, al Ing. Eddy Suárez por haberme guiado y enseñado de sus experiencias y conocimientos, a la Ing. Sara Polanco por todo su apoyo incondicional y ser una persona de calidad fue una parte muy fundamental en esta etapa. Agradezco a mis compañeros de estudio, en especial a Giuliana Ron, Juan Tintín y Sebastián Ibarra, que desde el primer semestre estuvieron conmigo, gracias por su tiempo, apoyo y esfuerzo para poder conseguir este logro profesional y finalmente a mi compañera de tesis Liz Minango por todo el esfuerzo brindado ya que sin esa chispa de locura no hubiéramos concluido esta nueva etapa.

Paula Yturralde

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a mi Padre, Geovanni Minango, que sin él no sería nada de esto posible, el que nunca dudo de mis capacidades, pilar fundamental en este proceso semestre a semestre fue una lucha y el ahí siendo mi soporte supo ser mi guía en esta ardua formación este esfuerzo no fue solo mío, si no de él, haciéndome saber día a día que soy su orgullo, que soy capaz de esto y más, sus palabras de aliento nunca faltaron ni faltaran, mi primer amor, este triunfo es tuyo. Extender mi dedicatoria a esa mujer luchadora, razón de mi vivir mi madre Alexandra Valverde la persona que muchas no tenía ni idea de lo yo estaba haciendo en esa mesa en las madrugadas ella estaba ahí desvelándose conmigo, su empuje día a día fue lo esencial y el “dale hija que esto es nada para ti ” con la seguridad que me lo decía y la fe que tenía en mí, que nunca deje de esforzarme hasta llegar a mi objetivo , hoy poder seguir gracias madre esto es por ti y por todo lo el amor incondicional y paciencia.

Liz Minango

Quiero dedicar este gran paso y lindo triunfo en mi vida, en primer lugar. A mi Madre Patricia Parada por ser un gran apoyo durante mis estudios universitarios y en mi vida en general, por su empuje, constancia para impulsarme y motivarme para que sea mejor persona, porque nunca pedio la fe en mí. A mi Papa Henry Yturralde porque siempre está pendiente de mí y brindarme confianza, por todos sus cuidados y toda la paciencia. A mí abuelita Zoila Luz Parra, Mi “Mama Mama”, lindo ser de Luz, por todo su amor incondicional y sincero, su infinita bondad y su gran generosidad, por ser una calidad de ser humano, por ser mi pilar y refugio, por escucharme y aconsejarme, por cada abrazo que me dio, que eran como recargar energías y una paz en mi alma. Como no dedicarle este logro a mi ñaño Armando Figueroa, por él y para él, por ser el que me inculco e incentivo a seguir esta carrera de Ingeniería Civil. Gracias ñaño por el amor y cariño que me diste, hasta el cielo te envió este gran triunfo. Y por último dedicar este logro a toda Mi Familia, mis ángeles y amigos que estuvieron conmigo, sin ellos no hubiera sido posible cumplir este lindo sueño. Son mi vida, mi fuerza y motor, esto es de ustedes.

Paula Yturralde

Resumen

El trabajo analiza las zonas con alta demanda hídrica en Guayaquil utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). La metodología incluyó la recopilación de datos sobre recursos hídricos y demanda de agua en la ciudad, con proyecciones hasta el año 2041. La integración de estos datos en el SIG permitió identificar áreas críticas y proponer estrategias de gestión hídrica sostenible. Los resultados revelaron que las parroquias de Tarquí Oeste y Pascuales Noroeste III tienen la mayor demanda hídrica. Se sugirió implementar tecnologías avanzadas de gestión del agua, como telelectura de medidores y control automatizado de la distribución. Además, la demanda de agua muestra una tendencia creciente en todos los usos de suelo, lo que destaca la importancia de una planificación cuidadosa de los recursos disponibles. Se planteó la reutilización de aguas residuales tratadas como solución para diversificar las fuentes de abastecimiento. En conclusión, el uso del SIG ha sido efectivo para abordar los desafíos de la alta demanda hídrica en Guayaquil, proporcionando información clave para tomar decisiones informadas en la gestión del agua y garantizar un suministro confiable y sostenible para la comunidad. La implementación de tecnologías avanzadas y prácticas sostenibles será esencial para lograr una gestión hídrica eficiente y responsable en la ciudad.

Palabras Claves: agua potable, sistemas de información, recursos hídricos, abastecimiento de agua.

Abstract

The work analyzes the areas with high water demand in Guayaquil using Geographic Information Systems (GIS). The methodology included the collection of data on water resources and water demand in the city, with projections up to the year 2041. The integration of these data into the GIS made it possible to identify critical areas and propose sustainable water management strategies. The results revealed that the parishes of Tarqui Oeste and Pascuales Noroeste III have the highest water demand. It was suggested to implement advanced water management technologies, such as remote meter reading and automated distribution control. In addition, the demand for water shows a growing trend in all land uses, which highlights the importance of careful planning of the available resources. The reuse of treated wastewater was proposed as a solution to diversify the sources of supply. In conclusion, the use of GIS has been effective in addressing the challenges of high-water demand in Guayaquil, providing key information to make informed decisions in water management and guarantee a reliable and sustainable supply for the community. The implementation of advanced technologies and sustainable practices will be essential to achieve efficient and responsible water management in the city.

Keywords: drinking water, information systems, water resources, water supply.

Índice General

Introducción.....	1
Capítulo I.....	2
Enfoque de la propuesta.....	2
Tema.....	2
Planteamiento del Problema	2
Formulación del Problema:.....	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos.....	5
Hipótesis.....	5
Línea de Investigación Institucional / Facultad.....	5
Capítulo II.....	7
Marco Referencial	7
Marco Teórico	7
<i>Sistemas de Información Geográfica (SIG)</i>	7
<i>Gestión del agua en áreas urbanas</i>	13
<i>Aprovechamiento del agua y zonas de alta demanda hídrica</i>	15
<i>Optimización del aprovechamiento del agua</i>	18
<i>Beneficios del mapeo virtual en SIG para la gestión del agua</i>	20
<i>Evaluación de las opciones de programas de SIG disponibles</i>	29
<i>Estudios de la implementación de SIG para la gestión del agua</i>	47
Marco Legal	50
<i>Constitución de la República del Ecuador</i> (2008).....	50
<i>Ley Orgánica de Recursos Hídricos usos y aprovechamiento del agua</i> (2014).	51
<i>Justificación de la normativa legal</i>	57
<i>Plan de uso y gestión de suelos del Cantón Guayaquil</i>	60
<i>Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente</i>	61
Capítulo III.....	62
Marco Metodológico	62
Enfoque de la investigación.....	62
Alcance de la investigación	63
Técnica e instrumentos para obtener los datos.....	65

Población y muestra	66
Proceso metodológico	69
Capítulo IV	71
Propuesta	71
Presentación y análisis de resultados	72
Resultados de las encuestas	111
Implicación de los resultados de las encuestas para el desarrollo de la propuesta	116
Propuesta para mejorar el aprovisionamiento de agua en zonas de alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil	118
Ejes de la propuesta	119
<i>Diversificación de fuentes de agua</i>	119
<i>Mejora de la infraestructura de distribución</i>	119
<i>Implementación de tecnologías eficientes:</i>	119
<i>Promoción de la educación y conciencia sobre el uso responsable del agua:</i>	119
Objetivos de la propuesta	120
<i>Objetivo general de la propuesta</i>	120
<i>Objetivos específicos de la propuesta</i>	120
Plan de implementación	121
<i>Primer eje: Diversificación de fuentes de agua</i>	121
<i>Segundo eje: Mejora de la infraestructura de distribución</i>	122
<i>Tercer eje: Implementación de tecnologías eficientes</i>	127
Cronograma de implementación	137
Plan de Agua no Contabilizada	141
Conclusiones	142
Recomendaciones	144
Referencias bibliográficas	146

Índice de Tablas

Tabla 1	5
Tabla 2.	73
Tabla 3.	75
Tabla 4.	76
Tabla 5.	78
Tabla 6.	79
Tabla 7.	81
Tabla 8.	82
Tabla 9.	83
Tabla 10.	85
Tabla 11.	87
Tabla 12.	88
Tabla 13.	91
Tabla 14.	111
Tabla 15	112
Tabla 16.	113
Tabla 17.	114
Tabla 18.	115
Tabla 19	138

Índice de Figuras

Figura 1.	90
Figura 2.	94
Figura 3.	95
Figura 4.	96
Figura 5.	97
Figura 6.	98
Figura 7.	99
Figura 8.	100
Figura 9.	101
Figura 10.	102
Figura 11.	103
Figura 12.	105
Figura 13.	107
Figura 14.	109
Figura 15	111
Figura 16	112
Figura 17	113
Figura 18	115
Figura 19	116

Introducción

Esta investigación aborda el problema de la alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. El objetivo es identificar las condiciones y cantidades de los recursos hídricos disponibles, establecer un SIG eficiente para el monitoreo de las zonas con alta demanda y aplicar el SIG en áreas críticas con necesidades hídricas. Esto ha llevado a una creciente demanda hídrica en todos los sectores, como el residencial, comercial e industrial, con una proyección de aumento hasta el año 2041. La relevancia de este trabajo radica en la necesidad de una gestión más eficiente del recurso hídrico en Guayaquil. Al comprender las condiciones de los recursos hídricos disponibles y proyectar la demanda futura, se podrán tomar decisiones informadas y estratégicas para asegurar un suministro confiable y sostenible de agua, promoviendo así el bienestar y desarrollo de la comunidad guayaquileña. El contenido de este trabajo se divide en varios capítulos. En la introducción y marco teórico, se presenta el problema y se contextualiza la importancia del estudio, así como los conceptos clave relacionados con la gestión del agua y el uso de SIG. La metodología explica la manera en que se llevó a cabo la investigación, incluyendo la recopilación de datos, las herramientas de análisis espacial y las técnicas de modelado hidráulico empleadas.

El capítulo sobre la Evaluación de Disponibilidad Hídrica y Demanda Futura detalla el análisis de los recursos hídricos disponibles en Guayaquil, se presentan los resultados y hallazgos obtenidos al aplicar el SIG en las áreas de alta demanda hídrica identificadas previamente. Se analizan patrones, tendencias y relaciones espaciales. Se describen las fuentes de datos utilizadas y las herramientas de análisis espacial empleadas en esta etapa. El capítulo siguiente se centra en el Establecimiento del SIG más Eficiente, para lo cual se planteó una propuesta para el uso de SIG para el monitoreo de zonas con alta demanda y lograr una distribución más eficiente del suministro de agua. En la propuesta se delineó un plan de implementación y el correspondiente presupuesto. Por último, se resumen las principales conclusiones del estudio, destacando la importancia del análisis de recursos hídricos y proyecciones de demanda para la gestión del agua en Guayaquil. También se mencionan las recomendaciones para abordar los desafíos identificados.

Capítulo I

Enfoque de la propuesta

Tema

Análisis de zonas con alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil utilizando sistemas de información geográfica (SIG).

Planteamiento del Problema

Según la Organización Mundial de la Salud, el acceso suficiente a agua limpia y saneamiento es esencial para una vida saludable y la reducción de la pobreza (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2022). El acceso al agua potable limpia es un derecho humano fundamental, sin embargo, en todo el mundo, 2.100 millones de personas carecen de acceso a agua segura y fácilmente disponible en sus hogares (Naciones Unidas, 2021). En las zonas urbanas, el crecimiento demográfico, la urbanización y los cambios en los patrones de consumo han provocado un aumento de la demanda de agua (UNESCO, 2020).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador (2022), la población de Guayaquil ha aumentado un 12,5% en la última década, alcanzando los 2,7 millones de habitantes. Esto es particularmente evidente en ciudades como Guayaquil, donde el crecimiento demográfico y la urbanización se han traducido en un aumento significativo de la demanda de agua (El Telégrafo, 2019). Guayaquil, la ciudad más poblada de Ecuador, ha experimentado una rápida urbanización y crecimiento de la población en las últimas décadas (Banco de Desarrollo de América Latina [CAF], 2018).

Según La evidencia empírica muestra que la infraestructura de suministro de agua actual está luchando para satisfacer la creciente demanda, lo que lleva a la escasez de agua y al acceso inadecuado a agua limpia para una parte importante de la población (Primicias, 2020). En Guayaquil, casi las tres cuartas partes de la población tiene acceso a agua potable de los sistemas públicos (Primicias, 2020). Esta expansión urbana, junto con el aumento de las actividades industriales y comerciales, ha resultado en un aumento significativo de la demanda de agua dentro de la ciudad (Interagua, 2021).

Según Calderón et al., (2020) en la actualidad para la ciudad de Guayaquil existen zonas en las que aún se desconoce cuáles son los puntos donde se posee una mayor oferta y demanda hídrica, no se encuentra un estudio actualizado que brinde fiabilidad en sus datos por lo que existen zonas que están siendo desfavorecidas al momento de querer dar un buen uso y distribución del agua. El no contar con un mapa temático de demanda hídrica y de libre acceso genera que se esté perdiendo la capacidad de calcular valores de caudales, embalses, cuencas y zonas que podrían estar siendo aprovechadas para la industria y la población en general. Según El Universo, (2020) en referencia al suministro de agua de la ciudad, un artículo del diario El Universo de marzo de 2020 alerta sobre los diferentes problemas que tiene la cuenca del río Daule. Menciona uno muy preocupante para el sistema de abastecimiento el cual es la contaminación. Según (Primicias, 2020) en parte debido a que la zona costera del Ecuador es la que mayormente se ha visto transformada para satisfacer los usos del agua y las actividades humanas. Según (Rondón et al., 2016) todo esto por la característica que tienen las vertientes hídricas de enriquecer los ecosistemas que a su vez proveen los recursos disponibles a ser explotados por la población y que inevitablemente generan residuos.

Según Primicias, (2020) sumado a esto, en el orden territorial de la ciudad, la cual se expande de manera permanente, los índices de actividades industriales y comerciales crecen y se generan asentamientos nuevos en distintas zonas de la ciudad (El Telégrafo, 2019). De esta forma se incrementa la demanda de agua y su oferta queda a supeditada únicamente al abastecimiento y distribución ya establecido (Primicias, 2020). Según (Interagua, 2021). Esto provoca que en zonas donde se tenían indicadores de demanda hídrica, estos se incrementen con el paso del tiempo y exista la necesidad de actualización.

Según Interagua, (2021) sin un estudio elaborado de la demanda requerida en la ciudad, existe un riesgo potencial de desabastecimiento en ciertas zonas. La población dentro de las zonas que cambian su estatus residencial a comercial paulatinamente con el tiempo sufre el impacto de ese aumento de demanda hídrica. Esto se manifiesta en los recurrentes cortes de agua por mantenimiento de instalaciones y reparaciones (El Universo, 2023). Una de las causas también es la

sobrecarga que sufre la red y las subestaciones de bombeo cuyo objetivo es mantener una presión estable para asegurar el alcance de la red a las distintas áreas de la ciudad.

La evidencia teórica destaca la importancia de comprender la distribución espacial de la demanda de agua dentro de la ciudad (Ojeda, 2018). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ofrecen una herramienta valiosa para analizar y visualizar datos espaciales, lo que permite a los investigadores y legisladores identificar con precisión áreas con alta demanda de agua (Olaya, 2014). Al examinar los factores que contribuyen a la demanda de agua y sus patrones espaciales, este estudio tiene como objetivo proporcionar información basada en evidencia para la gestión y planificación eficiente del agua en Guayaquil.

A medida que la población y las actividades urbanas continúan creciendo, es fundamental comprender la distribución espacial de la demanda de agua y los factores que la influyen (Ojeda, 2018). Este estudio explorará las relaciones entre la densidad de población, los patrones de uso de la tierra, las actividades económicas y la demanda de agua, proporcionando una comprensión integral del problema. Por ello, la identificación y análisis de las zonas con alta demanda de agua en la ciudad de Guayaquil utilizando sistemas de información geográfica (SIG) es de suma importancia.

El problema que pretende investigar este estudio es la identificación y análisis de zonas con alta demanda de agua en la ciudad de Guayaquil utilizando SIG. El estudio abordará varios factores, como la accesibilidad al agua, la densidad de población, el consumo de agua per cápita y el estrés hídrico (Ojeda, 2018). Algunas de las razones detrás de la alta demanda de agua en la ciudad incluyen el crecimiento de la población, la urbanización y los cambios en los patrones de consumo, que han resultado en un aumento de la demanda de agua. Es fundamental investigar este problema para comprender sus causas y cómo afecta la distribución del recurso hídrico en la ciudad. El estudio ayudará a identificar las diferentes áreas con alta demanda de agua en la ciudad, su distribución geográfica y espaciotemporal, y los factores que influyen en esta demanda.

Formulación del Problema:

¿Cómo ayudarán los modelos gráficos y el mapeo de la demanda hídrica a la gestión y abastecimiento de la ciudad?

Objetivo General

Calcular valores de cantidad del recurso hídrico mediante el establecimiento y mapeo virtual en SIG para el manejo del abastecimiento de la ciudad de Guayaquil.

Objetivos Específicos

- Identificar las condiciones y cantidades de los recursos hídricos.
- Establecer el SIG más eficiente para el monitoreo de las zonas con alta demanda.
- Aplicar el SIG sobre las zonas con demanda hídrica alrededor de la ciudad.
- Formular estrategias para la gestión del agua en Guayaquil

Hipótesis

El establecimiento y mapeo virtual en SIG optimizará el aprovechamiento del agua en Guayaquil estableciendo las zonas con mayor demanda hídrica en la ciudad.

Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Tabla 1

Línea de investigación FIIC

Dominio	Línea institucional	Líneas de Facultad
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción	Territorio

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (2023)

La alta demanda hídrica en una ciudad como Guayaquil puede estar relacionada con el crecimiento urbano, la planificación de zonas residenciales, comerciales e industriales, y la distribución de infraestructuras de agua. Un análisis de estas zonas de alta demanda hídrica es esencial para entender los patrones de consumo y su relación con la expansión urbana. La incorporación de tecnologías de construcción eco-amigable y energías renovables en la planificación urbana puede contribuir a un desarrollo sostenible.

Analizar las zonas con alta demanda hídrica a través de SIG permite identificar áreas en las que es posible implementar medidas de eficiencia hídrica y energética, promoviendo la sostenibilidad urbana. El uso eficiente de los recursos hídricos es crucial para asegurar el suministro de agua potable y prevenir la sobreexplotación de los acuíferos. Mediante un análisis geoespacial, se pueden identificar áreas en las que se debe priorizar la gestión y conservación del agua.

Capítulo II

Marco Referencial

Marco Teórico

El marco teórico necesario para sustentar el tema de investigación sobre el establecimiento y mapeo virtual en Sistema de Información Global (SIG) para optimizar el aprovechamiento del agua en Guayaquil involucra conceptos clave como los SIG, la gestión del agua en áreas urbanas, la identificación de zonas de alta demanda hídrica y la optimización del aprovechamiento del agua. La aplicación de estas teorías y herramientas permitirá mejorar la gestión del agua en la ciudad, garantizando su uso eficiente y sostenible.

Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los SIG son herramientas computacionales utilizadas para capturar, almacenar, analizar y visualizar datos geográficos (Lü et al., 2019). Según Ershad (2020) estas tecnologías permiten integrar información espacial y atributiva, lo que facilita la identificación de patrones y relaciones espaciales. Los SIG son herramientas poderosas que se utilizan para capturar, almacenar, analizar y visualizar datos geográficos. SIG integra información espacial y de atributos, lo que permite a los investigadores y profesionales comprender las relaciones y los patrones dentro de los datos referenciados espacialmente. Según Afgun et al. (2020) permite la creación de mapas digitales, análisis espacial y toma de decisiones basadas en información geográfica.

La tecnología SIG consta de hardware, software, datos y métodos para recopilar, administrar y analizar datos geográficos, que permite a los usuarios ingresar varios tipos de datos, incluidas imágenes satelitales, fotografías aéreas, mapas digitales y datos de estudios de campo (Ershad, 2020). El software SIG proporciona herramientas para la manipulación, el análisis y la visualización de datos, lo que permite a los usuarios realizar tareas como mapeo, consultas espaciales, modelado espacial y estadísticas espaciales (Lü et al., 2019). Según Ershad (2020) y Lü et al. (2019) es así que, la tecnología SIG ha revolucionado la forma en que se capturan, almacenan, analizan y visualizan los datos geográficos.

Su capacidad para integrar información espacial y de atributos permite a los investigadores y profesionales obtener una comprensión más profunda de las relaciones y patrones dentro de los datos referenciados espacialmente (Afgun et al., 2020). Según Lü et al. (2019) uno de los aspectos fundamentales de SIG es su capacidad para capturar y almacenar datos geográficos. Estas fuentes de datos se pueden combinar y organizar dentro de una base de datos SIG, lo que permite una gestión y recuperación de datos eficientes.

Según Afgun et al. (2020) una vez que los datos están en el sistema, el software SIG proporciona herramientas poderosas para la manipulación, el análisis y la visualización de datos. La cartografía es una de las funciones principales de SIG, que permite a los usuarios crear mapas digitales que muestran varias características geográficas y capas de información (Ershad, 2020). Según Lü et al. (2019) estos mapas se pueden personalizar para resaltar atributos o relaciones específicas, lo que ayuda en la interpretación y comunicación de datos espaciales.

Según Afgun et al. (2020) el análisis espacial es otro componente clave de SIG, que implica el examen de patrones espaciales, relaciones y tendencias dentro de los datos. SIG permite la consulta espacial, lo que permite a los usuarios extraer información específica basada en criterios espaciales (Lü et al., 2019). Según Verma et al. (2020) por ejemplo, un investigador podría usar SIG para identificar todas las áreas residenciales dentro de una cierta distancia de un río o para determinar la cantidad de escuelas dentro de un vecindario en particular.

Según Ershad (2020) el modelado espacial es otra característica esencial de SIG. Implica la creación y simulación de modelos espaciales para analizar y predecir fenómenos del mundo real (Afgun et al., 2020; Ershad, 2020; Lü et al., 2019). SIG puede incorporar varias técnicas de modelado, como la interpolación espacial, el análisis de redes y el análisis de idoneidad (Afgun et al., 2020). Estos modelos ayudan a los investigadores a comprender los impactos de diferentes escenarios y respaldan los procesos de toma de decisiones.

SIG también permite las estadísticas espaciales, lo que implica la aplicación de métodos estadísticos a los datos espaciales (Afgun et al., 2020; Lü et al., 2019).

Esto permite la identificación de patrones, grupos y correlaciones dentro de los datos (Ershad, 2020).. Mediante la realización de estadísticas espaciales, los investigadores pueden obtener información sobre la distribución espacial de los fenómenos, como la agrupación de casos de enfermedades o la relación entre el uso de la tierra y la contaminación del agua (Afgun et al., 2020; Ershad, 2020; Lü et al., 2019).

Los SIG tiene aplicaciones en numerosos campos, incluida la planificación urbana, la gestión ambiental, el transporte, la salud pública, la gestión de recursos naturales y la gestión de desastres (Afgun et al., 2020; Ershad, 2020; Lü et al., 2019). Ayuda a comprender patrones espaciales, identificar puntos críticos, evaluar relaciones espaciales y respaldar la toma de decisiones basada en evidencia (Afgun et al., 2020). Según Xia et al. (2022) en la planificación urbana, los SIG se utilizan para analizar los patrones de uso del suelo, la densidad de población y las redes de infraestructura.

Según Xia et al. (2022) al superponer varias capas espaciales, los planificadores pueden identificar áreas con alta densidad de población y evaluar la necesidad de servicios adicionales, como escuelas, centros de salud e infraestructura de transporte. Según Ergen (2021) la SIG también ayuda a identificar ubicaciones adecuadas para nuevos desarrollos, teniendo en cuenta factores como la proximidad a los servicios, las consideraciones ambientales y la disponibilidad de infraestructura.

Según Yilmaz et al. (2020) en la gestión ambiental, los SIG ayudan a monitorear y evaluar la salud de los ecosistemas. Permite a los investigadores mapear y analizar hábitats, rastrear cambios en la cobertura terrestre e identificar áreas de importancia ecológica. Los SIG también se pueden usar para modelar y predecir los impactos de factores ambientales como la contaminación, la deforestación o el cambio climático en los ecosistemas (Kaya & Görgün, 2020). Esta información es crucial para desarrollar estrategias de conservación, priorizar los esfuerzos de restauración y apoyar la gestión sostenible de los recursos (Kaya & Görgün, 2020; Yilmaz et al., 2020).

Los SIG es invaluable en la planificación y logística del transporte. Permite el análisis del flujo de tráfico, las redes viales y la infraestructura de transporte para

optimizar las rutas, mejorar la eficiencia y reducir la congestión (Borodinov, 2020). Según Kurowska et al. (2021) al integrar datos sobre la distribución de la población, los centros de empleo y las redes de transporte público, SIG puede respaldar la planificación e implementación de sistemas de transporte sostenibles.

Según Tomaszewski (2021) también juega un papel crucial en la gestión de emergencias y la respuesta a desastres al ayudar a identificar rutas de evacuación, evaluar la vulnerabilidad a los peligros naturales y coordinar los esfuerzos de rescate y socorro. En salud pública, los SIG se utilizan para analizar patrones de enfermedades, rastrear la propagación de enfermedades infecciosas e identificar áreas de alto riesgo (Rezael et al., 2020; Rezavi et al., 2022; Zhikun et al., 2020). Al mapear la distribución de los servicios de salud, los factores demográficos y los riesgos ambientales, los SIG pueden informar la asignación de recursos y respaldar las intervenciones de salud pública (Zhikun et al., 2020). Por ejemplo, según Rezael et al. (2020) y Rezavi et al. (2022) este tipo de sistemas fueron aplicados en el control y seguimiento del COVID-19.

En la gestión de los recursos naturales, los SIG se utilizan para controlar y gestionar los bosques, los recursos hídricos y la biodiversidad (Fildes et al., 2020; Nath et al., 2020; Zafar et al., 2022). Ayuda a mapear y evaluar la salud de los bosques, rastrear la deforestación e identificar áreas para los esfuerzos de reforestación (Ali, 2020). Los SIG también se utilizan para analizar la disponibilidad, la calidad y los patrones de uso del agua, lo que facilita la gestión eficaz de los recursos hídricos (Fildes et al., 2020; Nath et al., 2020). Además, según Nath et al. (2020), SIG ayuda a mapear y monitorear la biodiversidad, identificar hábitats críticos y respaldar la planificación y la toma de decisiones de conservación.

En general, según Nath et al. (2020) los SIG es una herramienta versátil y poderosa que brinda información valiosa sobre relaciones espaciales, patrones y tendencias. Sus aplicaciones abarcan varias disciplinas, lo que permite a los investigadores y profesionales tomar decisiones informadas, abordar desafíos complejos y apoyar el desarrollo sostenible. Según Lü et al. (2019) al aprovechar las capacidades de SIG, las partes interesadas pueden aprovechar la información

geográfica para mejorar los procesos de planificación, gestión y toma de decisiones en una amplia gama de campos.

En el contexto de la gestión del agua, los SIG son ampliamente utilizados para el análisis de la demanda hídrica, el monitoreo de los recursos hídricos y la toma de decisiones informada (Environmental Protection Agency [EPA], 2020; Basheer et al., 2019). Los SIG se pueden utilizar para analizar el suministro y la distribución de agua en un área específica (EPA, 2020). Las organizaciones y los gobiernos de todo el mundo utilizan la tecnología SIG para la gestión y el análisis del agua.

El mapeo SIG se puede utilizar para rastrear las fuentes de agua y su calidad, predecir la disponibilidad futura del suministro de agua e identificar áreas de alta demanda o fuga de agua (Basheer et al., 2019). Los SIG proporcionan herramientas y técnicas invaluable para comprender, analizar y administrar los recursos hídricos (Verma et al., 2020). Los SIG juegan un papel fundamental en varios aspectos de la gestión del agua, incluida la evaluación de la disponibilidad de agua, el control de la calidad del agua, el análisis de procesos hidrológicos y la optimización de la asignación de agua (Basheer et al., 2019; Zafar et al., 2022).

Según Nath et al. (2020) una de las principales aplicaciones de SIG en la gestión del agua es la evaluación y el mapeo de los recursos hídricos. SIG permite la integración de datos sobre fuentes de agua, como ríos, lagos y aguas subterráneas, y facilita la creación de mapas digitales que representan la distribución espacial y las características de estos recursos (Zafar et al., 2022). Según Ali (2020) al superponer otros datos relevantes, como los patrones de uso del suelo y los datos de precipitación, el SIG puede identificar áreas con abundantes recursos hídricos y áreas que pueden estar experimentando escasez de agua.

Según Basheer et al. (2019) además de evaluar la disponibilidad de agua, los SIG son fundamentales para monitorear la calidad del agua. Permite la integración de datos de estaciones de monitoreo de calidad del agua, análisis de laboratorio e imágenes de sensores remotos para mapear y analizar parámetros de calidad del agua (Basheer et al., 2019). Según Ali (2020) al visualizar la distribución espacial de los indicadores de calidad del agua, como las concentraciones de nutrientes o los

niveles de contaminantes, SIG ayuda a identificar áreas con problemas de calidad del agua y respalda los esfuerzos de remediación específicos.

Según Nath et al. (2020) los SIG también juega un papel crucial en el análisis de los procesos hidrológicos. Al integrar datos sobre topografía, lluvia, cobertura terrestre y características del suelo, SIG facilita el modelado y la simulación de fenómenos hidrológicos, como la escorrentía, la infiltración y el caudal (Fildes et al., 2020). Estos modelos se pueden utilizar para evaluar la disponibilidad de agua, predecir inundaciones e informar las decisiones de gestión del agua (Kurowska et al., 2021; Yilmaz et al., 2020).

El modelado hidrológico basado en SIG ayuda a comprender las complejas interacciones entre varios factores que afectan la disponibilidad de agua y permite predicciones más precisas de la cantidad de agua y la dinámica del flujo (Basheer et al., 2019). La optimización de la asignación de agua es otra aplicación clave de SIG en la gestión del agua. Al integrar datos sobre demanda de agua, redes de distribución e infraestructura, SIG permite la identificación de áreas con alta demanda de agua.

Los SIG se pueden utilizar para superponer datos demográficos, patrones de uso de la tierra y actividades económicas para comprender los factores que impulsan la demanda de agua e identificar áreas donde el suministro de agua puede ser insuficiente. Esta información es vital para priorizar el desarrollo de infraestructura, implementar medidas de conservación de agua y garantizar una distribución equitativa del agua. Además, SIG apoya la planificación y gestión de la infraestructura del agua.

Según Kumar et al. (2020) permite el mapeo y la visualización de redes de suministro de agua, incluidas tuberías, estaciones de bombeo y embalses. El análisis basado en SIG puede ayudar a optimizar la ubicación y el tamaño de los componentes de la infraestructura, evaluar la vulnerabilidad del sistema a los peligros potenciales y respaldar las actividades de mantenimiento y reparación (Adimalla & Kumar, 2020). Según Owolabi et al. (2020) los SIG también facilita la integración de datos en tiempo real de sensores y sistemas de telemetría, lo que permite el monitoreo y control en tiempo real de las redes de distribución de agua.

Además, según Owolabi et al. (2020), el mapeo SIG puede ayudar a las organizaciones a crear redes de distribución de agua más efectivas, lo que permite una mejor asignación de recursos y la reducción del desperdicio de agua. Según Ali (2020) también existen programas de software SIG diseñados específicamente para la gestión de recursos hídricos que pueden ayudar con el análisis y la predicción hidrológicos.

Gestión del agua en áreas urbanas

Owolabi et al. (2020) describe que la gestión del agua en áreas urbanas implica la planificación, provisión y distribución eficiente de los recursos hídricos para satisfacer las necesidades de la población y las actividades económicas. El crecimiento urbano acelerado y la creciente demanda de agua representan desafíos significativos para las ciudades, y es fundamental contar con estrategias y herramientas para una gestión sostenible del agua (Afgun et al., 2020). Según Basheer et al. (2019) la gestión del agua en áreas urbanas es una tarea compleja y crítica que implica la planificación, provisión y uso sostenible de los recursos hídricos para satisfacer las necesidades de poblaciones en crecimiento y diversas actividades económicas.

Según Kurowska et al. (2021) la gestión eficaz del agua en las zonas urbanas requiere un enfoque multidimensional que tenga en cuenta factores como el suministro, la demanda, la distribución, la infraestructura y las estrategias de conservación del agua. Uno de los principales desafíos en la gestión del agua urbana es garantizar un suministro de agua adecuado y confiable. Según Kumar et al. (2020) a medida que crecen las poblaciones urbanas, aumenta la demanda de agua, ejerciendo presión sobre las fuentes de agua existentes.

Nath et al. (2020) señala que las áreas urbanas a menudo dependen de una combinación de aguas superficiales (ríos, lagos y embalses) y aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades de agua. Sin embargo, estas fuentes pueden ser vulnerables a la contaminación, el agotamiento y los impactos del cambio climático (Ali, 2020). Según Basheer et al. (2019) los administradores del agua deben evaluar cuidadosamente la disponibilidad de agua, promover prácticas de uso sostenible del

agua y explorar fuentes alternativas como la reutilización del agua y la desalinización para asegurar un suministro de agua confiable.

Según Kumar et al. (2020) garantizar un suministro de agua fiable y suficiente es fundamental en las zonas urbana, lo que implica evaluar la disponibilidad de agua, monitorear la calidad del agua e implementar medidas para proteger las fuentes de agua de la contaminación y el uso excesivo. La diversificación de las fuentes de agua a través de la recolección de agua de lluvia, la captura de aguas pluviales y el reciclaje de agua puede ayudar a reducir la presión sobre las fuentes tradicionales (Adimalla & Kumar, 2020). Según Basheer et al. (2019) una infraestructura de distribución de agua eficiente es crucial para la gestión urbana del agua.

Según Kumar et al. (2020) esto incluye una red de tuberías, bombas, tanques de almacenamiento e instalaciones de tratamiento que aseguren la distribución confiable y equitativa de agua a hogares, empresas e instituciones urbanas. La tecnología SIG permite la visualización, el análisis y la optimización de las redes de distribución de agua, lo que permite la planificación, el mantenimiento y la respuesta eficaces de la infraestructura ante emergencias o interrupciones (Fildes et al., 2020). Según Verma et al. (2020) fomentar comportamientos de ahorro de agua, implementar tecnologías de uso eficiente del agua y adoptar mecanismos de fijación de precios del agua que incentiven la conservación pueden ayudar a reducir la demanda de agua y el estrés sobre los recursos hídricos.

Según Verma et al. (2020) los programas de educación y concientización pueden desempeñar un papel crucial en la promoción de prácticas de conservación del agua entre los residentes, las empresas y las instituciones. Las áreas urbanas también enfrentan desafíos relacionados con la gestión de aguas pluviales y el tratamiento de aguas residuales (Nguyen, 2019). Según Zolfaghary et al., (2021) los sistemas efectivos de gestión de aguas pluviales, como la infraestructura verde y los estanques de retención, pueden ayudar a reducir las inundaciones y mitigar el impacto de la escorrentía urbana en los cuerpos de agua.

Según Nguyen (2019) los sistemas adecuados de tratamiento y reutilización de aguas residuales son necesarios para garantizar la eliminación o reutilización

segura de las aguas residuales, minimizando la contaminación y protegiendo la calidad del agua. Además, la gestión del agua urbana debe considerar los aspectos sociales y ambientales del acceso y la equidad del agua (Basheer et al., 2019). Según Adimalla y Kumar (2020) garantizar el acceso universal al agua limpia y segura es crucial para la salud y el bienestar públicos.

Según Aleixo et al. (2019) los administradores del agua deben esforzarse por abordar las disparidades en el acceso, considerando factores como la asequibilidad, la proximidad a las fuentes de agua y el desarrollo de infraestructura en áreas desatendidas. Además, la gestión del agua urbana debe priorizar la sostenibilidad ambiental mediante la protección y restauración de los ecosistemas, el mantenimiento de la calidad del agua y la conservación de la biodiversidad (Kurowska et al., 2021). Según Ergen (2021) el acceso equitativo al agua es una consideración clave en la gestión del agua urbana.

Según Kurowska et al. (2021) la sostenibilidad ambiental también es crucial en la gestión del agua urbana. Proteger y restaurar los ecosistemas, minimizar la contaminación y preservar la calidad del agua son esenciales para mantener cuerpos de agua saludables (Nath et al., 2020). Según Kurowska et al. (2021) la implementación de regulaciones de calidad del agua, la promoción de prácticas sostenibles de uso de la tierra y la creación de espacios verdes dentro de las áreas urbanas contribuyen a la sostenibilidad ambiental.

Aprovechamiento del agua y zonas de alta demanda hídrica

Según Vargas (2019) el aprovechamiento eficiente del agua implica identificar las áreas de mayor demanda hídrica dentro de una ciudad. Estas zonas pueden variar según diversos factores, como la densidad poblacional, el uso del suelo, las actividades económicas y las características geográficas (Kaya & Görgün, 2020). Según Afgun et al. (2020) el mapeo virtual en SIG permite identificar y visualizar estas zonas, lo que facilita la toma de decisiones en cuanto a la distribución de recursos y la implementación de estrategias para optimizar el aprovechamiento del agua.

Según Basheer et al. (2019) en las áreas urbanas, el agua se usa para una variedad de propósitos, incluidos usos residenciales, comerciales, industriales y

públicos. La comprensión de las áreas con alta demanda de agua es crucial para la gestión eficaz del agua y la asignación de recursos. Los siguientes son algunos de los sectores clave que contribuyen a la alta demanda de agua en las zonas urbanas.

Sector Residencial. El sector residencial representa una porción significativa de la demanda de agua en las áreas urbanas. El uso doméstico del agua incluye actividades como beber, cocinar, bañarse, lavar la ropa y regar el césped o los jardines. Las áreas con alta densidad residencial y hogares más grandes tienden a tener una mayor demanda de agua. Además, factores como los niveles de ingresos, los patrones de estilo de vida y las prácticas culturales pueden influir en el consumo residencial de agua.

Sector Comercial e Institucional. Los establecimientos comerciales, como oficinas, centros comerciales, hoteles y restaurantes, tienen una alta demanda de agua debido a la necesidad de instalaciones sanitarias, paisajismo y sistemas de refrigeración. Las instituciones educativas, los hospitales y los edificios gubernamentales también contribuyen a la demanda de agua en las zonas urbanas. El tamaño y tipo de actividades comerciales, así como el número de ocupantes, juegan un papel en la determinación de los requerimientos de agua de este sector.

Sector Industrial. Las industrias consumen cantidades significativas de agua para procesos de fabricación, enfriamiento, limpieza y saneamiento. Las industrias que consumen mucha agua, como la producción de alimentos y bebidas, la fabricación de textiles y el procesamiento químico, contribuyen a la alta demanda de agua. La ubicación y concentración de las zonas industriales dentro de las áreas urbanas puede influir en las áreas con mayor consumo de agua industrial.

Sector público

La demanda de agua del sector público incluye el agua utilizada para parques públicos, instalaciones recreativas, edificios municipales y limpieza de calles. Los elementos acuáticos públicos, como las fuentes y las exhibiciones decorativas de agua, también contribuyen al consumo de agua. Las áreas con amplia infraestructura pública y espacios recreativos tienden a tener una mayor demanda de agua en el sector público.

Es importante tener en cuenta que las áreas con alta demanda de agua pueden variar dentro de un área urbana. Factores como la densidad de población, las actividades económicas, los patrones de uso de la tierra y las condiciones climáticas influyen en la distribución espacial de la demanda de agua. Los vecindarios residenciales con grandes poblaciones, los distritos comerciales con actividades comerciales bulliciosas y las áreas industriales con plantas de fabricación a menudo se asocian con una mayor demanda de agua.

Según un informe publicado por ONU-Agua, la escasez de agua puede deberse a varios factores, entre ellos la demanda excesiva de recursos hídricos y los altos niveles de uso en las zonas agrícolas (Naciones Unidas, 2022). El informe afirma que 3.200 millones de personas viven en zonas agrícolas con escasez de agua entre alta y muy alta. Según (UNICEF, 2021) un informe de UNICEF revela que uno de cada cuatro niños en todo el mundo vivirá en áreas con un estrés hídrico extremadamente alto y la demanda va en aumento.

Mientras tanto, un informe de *Our World in Data* indica que el uso del agua ha aumentado considerablemente desde la década de 1950 en todo el mundo, y en particular en la agricultura, donde actualmente se asigna el 70% del uso del agua (Banco Mundial, 2022). Esta información sugiere que las áreas que experimentan una alta demanda de agua a menudo están relacionadas con la agricultura y la mayor necesidad de agua en esa industria. Abordar estos problemas puede requerir mejores prácticas de gestión de los recursos hídricos y una mayor inversión en medidas de conservación y eficiencia del agua.

El análisis de las áreas con alta demanda de agua mediante SIG puede proporcionar información valiosa sobre los patrones espaciales y los impulsores del consumo de agua (Afgun et al., 2020). SIG permite la integración de varios conjuntos de datos, como datos de población, datos de uso de la tierra y registros de consumo de agua, para identificar puntos críticos y comprender los factores que influyen en la demanda de agua en áreas específicas (Ali, 2020). Según Zolfaghary et al., (2021) esta información ayuda a desarrollar estrategias específicas de gestión del agua, optimizar la planificación de la infraestructura e implementar medidas de conservación para garantizar un uso eficiente y sostenible del agua en las zonas urbanas.

Optimización del aprovechamiento del agua

Según Kurowska et al. (2021) la optimización del aprovechamiento del agua implica maximizar la eficiencia en la gestión de los recursos hídricos, minimizando las pérdidas y garantizando su uso sostenible. Esto puede lograrse mediante la identificación de las áreas con mayor demanda hídrica y la implementación de medidas como la mejora de la infraestructura, la promoción de prácticas de conservación del agua y la educación sobre el uso responsable del recurso (Fierro Sáenz, Forero Martínez, & Forero Moreno, 2019). Las medidas de conservación del agua son acciones tomadas para reducir el consumo de agua y promover el uso sostenible del agua, entre las que se incluyen:

Reparación de fugas. Según Aguayo y Heras (2022) las fugas en tuberías, grifos e inodoros pueden desperdiciar una cantidad significativa de agua. La reparación de fugas puede ayudar a reducir el desperdicio de agua y ahorrar dinero en las facturas de agua.

Uso de electrodomésticos que ahorran agua. Según Coello - Montoya (2022) los electrodomésticos que ahorran agua, como cabezales de ducha, inodoros y lavadoras de bajo flujo, pueden ayudar a reducir el consumo de agua sin comprometer el rendimiento.

Recolección de agua de lluvia. Según González-Ramírez & Bejarano-Salazar (2019) los sistemas de recolección de agua de lluvia se pueden usar para recolectar agua de lluvia para usos no potables, como riego y paisajismo.

Promoción de prácticas de conservación del agua. Según Cuzco Zúñiga, (2022) las campañas de educación y concientización se pueden utilizar para promover prácticas de conservación del agua, como cerrar el grifo mientras se cepilla los dientes, tomar duchas más cortas y usar una escoba en lugar de una manguera para limpiar entradas de vehículos y aceras. La implementación de medidas de conservación del agua puede tener múltiples beneficios, entre ellos:

Reducir el consumo de agua. Según Córdoba (2021) las medidas de conservación del agua pueden ayudar a reducir el consumo de agua y promover el uso sostenible del agua.

Ahorro de dinero. Según Hernández - Juárez et al. (2020) las medidas de conservación del agua pueden ayudar a reducir las facturas de agua y ahorrar dinero en gastos relacionados con el agua.

Protección del medio ambiente. Según Owolabi et al. (2020) las medidas de conservación del agua pueden ayudar a proteger el medio ambiente al reducir la necesidad de nuevas fuentes de agua y minimizar el impacto del uso del agua en los ecosistemas.

Garantizar la disponibilidad de agua. las medidas de conservación del agua pueden ayudar a garantizar la disponibilidad de agua para las generaciones futuras al reducir el desperdicio de agua y promover el uso sostenible del agua. Según Coello - Montoya (2022) en el caso de Guayaquil, implementar medidas de conservación de agua puede ayudar a abordar el problema de la escasez de agua y garantizar la disponibilidad de agua para la creciente población. El estudio mencionado en las respuestas anteriores sugiere que la empresa de agua en Guayaquil cobra tarifas por debajo del promedio a los grupos de bajos ingresos y a la mayoría de las residencias, pero cobra tarifas por encima del promedio a los usuarios industriales y comerciales para compensar la diferencia (Quimi, 2022).

Si bien este sistema de subsidios cruzados puede tener buenas intenciones, puede dejar a las empresas menos dispuestas y capaces de servir a la población de bajos ingresos a largo plazo y demasiado débiles para brindar servicios sostenidos a los grupos de ingresos más altos. Por lo tanto, la promoción de prácticas de conservación del agua y la implementación de tecnologías eficientes en el uso del agua pueden ayudar a reducir el consumo de agua y garantizar la disponibilidad de agua para todos.

Agua no contabilizada (ANC). La Asociación Internacional de Agua (2023) dentro de sus muchos conceptos nos menciona:

Los niveles de agua no contabilizada (ANC) corresponden a la diferencia entre la cantidad de agua inyectada al sistema de abastecimiento y la cantidad de agua realmente cobrada a los clientes, debido a fugas (pérdidas reales o físicas), agua no facturada, agua consumida ilegalmente o no medida con la precisión del caso (pérdidas aparentes o comerciales).

Beneficios del mapeo virtual en SIG para la gestión del agua

El uso de tecnologías de mapeo virtual en SIG ofrece numerosos beneficios para la gestión del agua en Guayaquil (Valenzuela, 2020). Estos incluyen la capacidad de analizar y visualizar datos espaciales de manera integrada, identificar patrones y tendencias en la demanda hídrica, evaluar la eficiencia de los sistemas de distribución de agua, y planificar estrategias y medidas de gestión basadas en evidencia científica.

El mapeo de Sistemas de Información Geográfica Virtual (SIG) ofrece numerosos beneficios para la gestión del agua. Al aprovechar las herramientas digitales y el análisis espacial, el mapeo SIG virtual mejora la comprensión, la planificación y los procesos de toma de decisiones relacionados con los recursos hídricos. Los siguientes son beneficios clave del mapeo SIG virtual para la gestión del agua:

Visualización espacial. El mapeo SIG proporciona una representación visual de los datos relacionados con el agua, lo que permite a los administradores del agua analizar y comprender patrones, relaciones y tendencias espaciales. Al superponer varios conjuntos de datos, como fuentes de agua, infraestructura, uso de la tierra y población, los mapas SIG brindan una vista integral del sistema de agua. Según Basheer et al. (2019) esta visualización espacial permite la identificación de áreas con alta demanda de agua, ineficiencias en la distribución de agua, fuentes de agua vulnerables y áreas propensas a riesgos relacionados con el agua.

El mapeo virtual en SIG es una herramienta poderosa para la gestión del agua, ya que proporciona una representación visual de los datos relacionados con el agua en forma de mapas interactivos y temáticos. Esta visualización espacial ofrece una vista completa y detallada del sistema de agua, permitiendo a los administradores y

responsables de la gestión del recurso hídrico analizar y comprender patrones, relaciones y tendencias espaciales de manera eficiente y efectiva. Al superponer múltiples conjuntos de datos en el SIG, como fuentes de agua, infraestructura de distribución, uso del suelo y densidad poblacional, se crea un mapa integrado que muestra la interrelación de estos elementos con el recurso hídrico. Según Hernández - Juárez et al. (2020) de esta manera, se obtiene una visión holística de la disponibilidad y distribución del agua en la ciudad de Guayaquil.

Según Lü et al. (2019) una de las principales ventajas de la visualización espacial en el mapeo SIG es la identificación de áreas con alta demanda de agua. Al analizar los datos sobre consumo de agua en diferentes zonas de la ciudad, se pueden identificar claramente aquellas áreas que presentan una demanda más significativa. Esto es fundamental para establecer estrategias de distribución y asignación de recursos de acuerdo con las necesidades específicas de cada área, garantizando así un suministro adecuado y eficiente de agua potable.

Además, los mapas SIG permiten detectar ineficiencias en la distribución de agua. Al visualizar la infraestructura de distribución en relación con los puntos de consumo y las fuentes de agua, es posible identificar posibles problemas como pérdidas de agua por fugas o problemas de presión en ciertas áreas. Según Coello - Montoya (2022) estas ineficiencias pueden ser abordadas y corregidas mediante la planificación y optimización de la red de distribución.

La visualización espacial también ayuda a identificar fuentes de agua vulnerables y áreas propensas a riesgos relacionados con el agua. Al superponer datos sobre fuentes de agua, como ríos, lagos o acuíferos, con información sobre el uso del suelo y posibles contaminantes, se puede determinar la vulnerabilidad de estas fuentes a la contaminación o sobreexplotación. Según Joo Wang y Párraga Blacio (2019) esto permite tomar medidas preventivas para proteger y preservar estas fuentes esenciales de agua.

En concreto, la visualización espacial mediante el mapeo SIG es una herramienta clave para la gestión eficiente del agua en la ciudad de Guayaquil. Proporciona una visión integral del sistema de agua, permitiendo identificar áreas de

alta demanda, ineficiencias en la distribución, fuentes vulnerables y riesgos relacionados con el agua. Con esta información, los responsables de la gestión del recurso hídrico pueden tomar decisiones informadas y estratégicas para garantizar un suministro sostenible y estable de agua potable a las zonas con alta demanda hídrica.

Integración de datos. El mapeo SIG virtual permite la integración de diversos conjuntos de datos en una sola plataforma, lo que permite a los administradores del agua analizar y explorar múltiples capas de información. Al integrar datos sobre las fuentes de agua, la calidad del agua, la infraestructura del agua, la densidad de población, el uso de la tierra y el clima, el mapeo SIG facilita una comprensión holística del sistema de agua. Según Ershad (2020) este enfoque integrado ayuda a identificar las complejas interrelaciones entre los diferentes factores que influyen en la disponibilidad y calidad del agua.

La integración de datos en el mapeo SIG virtual es una herramienta esencial para la gestión efectiva del agua en la ciudad de Guayaquil. Esta integración permite combinar múltiples conjuntos de datos en una sola plataforma, creando un sistema integral que facilita el análisis y la exploración de diversas capas de información relacionadas con el recurso hídrico. Según Basheer et al. (2019) al integrar datos sobre las fuentes de agua, como ríos, embalses, acuíferos y fuentes superficiales, con información sobre la calidad del agua, como niveles de contaminantes y parámetros de tratamiento, se obtiene una visión completa de la disponibilidad y condiciones del recurso hídrico en diferentes áreas de la ciudad.

La incorporación de datos sobre la infraestructura del agua, como la red de distribución y la capacidad de almacenamiento, permite entender cómo se distribuye y gestiona el agua en la ciudad. Esto es esencial para identificar posibles deficiencias en la distribución y planificar mejoras en la infraestructura para satisfacer la demanda de agua en zonas con alta demanda hídrica. Según Aleixo et al. (2019) la integración de datos sobre la densidad de población y el uso del suelo también es clave para comprender cómo el consumo de agua varía en diferentes áreas de la ciudad y cómo las actividades humanas pueden afectar la disponibilidad y calidad del recurso hídrico.

Además, al incorporar datos climáticos, como precipitaciones y temperaturas, se puede analizar cómo los patrones climáticos influyen en la oferta de agua en la ciudad y cómo se pueden anticipar y gestionar fenómenos climáticos extremos, como sequías o inundaciones. El enfoque integrado del mapeo SIG virtual permite identificar las complejas interrelaciones entre todos estos factores y cómo influyen en la disponibilidad y calidad del agua en la ciudad. Según Afgun et al. (2020) esta comprensión holística es esencial para tomar decisiones informadas y estratégicas en la gestión del recurso hídrico, garantizando un suministro sostenible y estable de agua potable a las zonas con alta demanda hídrica.

Es así como la integración de datos en el mapeo SIG virtual es fundamental para una gestión eficiente del agua en la ciudad de Guayaquil, ya que proporciona una visión completa y detallada de la disponibilidad, calidad y gestión del recurso hídrico, permitiendo identificar interrelaciones y tomar decisiones informadas para garantizar un suministro adecuado de agua a la población y actividades comerciales e industriales.

Apoyo a la toma de decisiones. El mapeo SIG virtual proporciona herramientas de apoyo a las decisiones para los administradores del agua, lo que les permite tomar decisiones informadas y basadas en evidencia. Al visualizar y analizar datos, el mapeo SIG ayuda a evaluar los impactos potenciales de diferentes estrategias de gestión, inversiones en infraestructura y medidas de conservación. Según Basheer et al. (2019) las herramientas de apoyo a la toma de decisiones dentro del mapeo SIG también pueden modelar y simular escenarios para predecir los resultados de diferentes intervenciones, lo que permite a los administradores del agua evaluar la efectividad de varias estrategias antes de su implementación.

El apoyo a la toma de decisiones que brinda el mapeo SIG virtual es un elemento clave en la gestión del agua en la ciudad de Guayaquil. Gracias a esta herramienta, los administradores del agua pueden tomar decisiones fundamentadas y basadas en datos con el objetivo de optimizar la gestión del recurso hídrico y garantizar su disponibilidad a largo plazo (Bashir et al., 2020). Según Basheer et al. (2019) al visualizar y analizar datos sobre fuentes de agua, infraestructura, calidad del agua, densidad de población, uso del suelo y otros factores relevantes, el mapeo

SIG permite a los administradores evaluar los impactos potenciales de diversas estrategias de gestión.

Por ejemplo, pueden identificar áreas de la ciudad con alta demanda hídrica y evaluar cómo diferentes inversiones en infraestructura podrían mejorar la distribución del agua y reducir las pérdidas por fugas. Además, pueden estudiar cómo la reutilización de aguas residuales tratadas podría reducir la presión sobre las fuentes de agua naturales y garantizar un suministro más estable (Ali, 2020). Según Bashir et al. (2020) las herramientas de apoyo a la toma de decisiones dentro del mapeo SIG también permiten modelar y simular escenarios futuros.

Esto es de gran utilidad para predecir los resultados de diversas intervenciones antes de su implementación. Por ejemplo, los administradores pueden simular cómo el cambio en el uso del suelo o el crecimiento de la población afectaría la demanda hídrica en diferentes áreas de la ciudad. Según Ali (2020) estos modelos predictivos facilitan una planificación más efectiva y una toma de decisiones estratégicas al considerar escenarios futuros posibles.

Asimismo, la capacidad de modelar y simular escenarios también permite a los administradores del agua evaluar la efectividad de diversas estrategias de conservación y manejo del agua. Pueden comparar diferentes enfoques y determinar cuál sería más eficiente y sostenible en términos de conservación del recurso y garantía de suministro.

Por lo tanto, el mapeo SIG virtual proporciona un apoyo invaluable a la toma de decisiones en la gestión del agua en Guayaquil. Al visualizar y analizar datos, así como al modelar y simular escenarios futuros, los administradores pueden tomar decisiones informadas y estratégicas para garantizar un uso eficiente y sostenible del recurso hídrico en la ciudad. Esto permite optimizar la distribución del agua, reducir pérdidas, promover la reutilización responsable y planificar para futuros desafíos, asegurando así un suministro adecuado de agua potable a las zonas con alta demanda hídrica.

Optimización de la asignación de agua. El mapeo SIG virtual respalda la optimización de la asignación de agua mediante la identificación de áreas con alta

demanda de agua y el análisis de las redes de distribución de agua. Al integrar datos sobre demanda de agua, infraestructura y población, el mapeo SIG ayuda a identificar áreas que experimentan escasez de agua o ineficiencias. Según Kaya y Görgün (2020) esta información permite a los administradores del agua priorizar inversiones en infraestructura, identificar puntos de fuga y planificar la expansión o redistribución del suministro de agua para garantizar una asignación de agua equitativa y eficiente.

La optimización de la asignación de agua es un aspecto esencial en la gestión hídrica de la ciudad de Guayaquil, y el mapeo SIG virtual desempeña un papel fundamental para lograr este objetivo. Según Junco y Márquez (2021) mediante el uso de esta herramienta, los administradores del agua pueden identificar áreas con alta demanda hídrica y analizar detalladamente las redes de distribución de agua existentes. El mapeo SIG permite integrar datos relacionados con la demanda de agua, la infraestructura de distribución y la población. Al hacerlo, se obtiene una visión completa y detallada de la situación hídrica en diferentes zonas de la ciudad. Según Ali (2020) se pueden identificar áreas que experimentan escasez de agua o que presentan ineficiencias en la distribución, lo que proporciona información valiosa para tomar decisiones informadas.

Una vez identificadas las áreas con alta demanda de agua, los administradores pueden priorizar inversiones en infraestructura para mejorar la distribución del recurso hídrico. La renovación de tuberías obsoletas y la reparación de puntos de fuga en la red de distribución son ejemplos de acciones que podrían abordar las ineficiencias y minimizar las pérdidas de agua (Aguayo & Heras, 2022). Además, el mapeo SIG facilita la planificación de la expansión o redistribución del suministro de agua para garantizar una asignación equitativa y eficiente. Según Basheer et al. (2019) se pueden identificar áreas donde es necesario aumentar la capacidad de almacenamiento de agua potable o establecer nuevos puntos de acceso para satisfacer la demanda creciente.

La integración de datos en el mapeo SIG también permite considerar factores adicionales, como el crecimiento poblacional y los cambios en el uso del suelo, para una planificación a largo plazo. Según Junco y Márquez (2021) al anticipar posibles escenarios futuros, los administradores del agua pueden adoptar medidas proactivas

y tomar decisiones anticipadas para garantizar un suministro adecuado y sostenible de agua.

En conclusión, el mapeo y manejo de SIG virtual es una herramienta esencial para la optimización de la asignación de agua en la ciudad de Guayaquil. Al identificar áreas con alta demanda, analizar la infraestructura de distribución y considerar diversos factores, los administradores pueden priorizar inversiones, mejorar la eficiencia en la distribución y garantizar una asignación equitativa y eficiente del recurso hídrico. Todo esto contribuye a una gestión hídrica más efectiva y sostenible para el beneficio de la comunidad y el medio ambiente.

Monitoreo y gestión. El mapeo SIG permite el monitoreo y la gestión en tiempo real de los sistemas de agua. Al integrar datos de sensores y sistemas de telemetría, los administradores del agua pueden monitorear los niveles, la calidad y las tasas de flujo del agua en tiempo real. Este monitoreo en tiempo real ayuda a detectar anomalías, identificar áreas de preocupación y responder rápidamente a problemas como fugas, eventos de contaminación o fallas de infraestructura. Según Ali (2020) el mapeo SIG también ayuda en la optimización de los programas de mantenimiento, la gestión de activos y la planificación de respuesta a emergencias.

El monitoreo y gestión son aspectos fundamentales en la gestión eficiente del agua, y el mapeo SIG desempeña un papel esencial para lograr estos objetivos. Según Córdoba (2021) al integrar datos de sensores y sistemas de telemetría, el mapeo SIG permite a los administradores del agua monitorear en tiempo real los niveles, la calidad y las tasas de flujo del agua en diferentes puntos del sistema hídrico. El monitoreo en tiempo real proporciona una visión actualizada y detallada del comportamiento del sistema de agua, lo que permite detectar anomalías y áreas de preocupación de manera inmediata. Según Afgun et al. (2020) por ejemplo, se pueden identificar fugas en la red de distribución o eventos de contaminación de manera temprana, lo que facilita una respuesta rápida para evitar pérdidas de agua y proteger la calidad del recurso hídrico.

La detección oportuna de problemas también permite una planificación de respuesta a emergencias más efectiva. Según Ali (5, 2020) los administradores del

agua pueden tomar medidas preventivas para minimizar los impactos de eventos inesperados, como roturas de tuberías o desastres naturales, y garantizar la continuidad del suministro de agua potable a la población. Además del monitoreo en tiempo real, el mapeo SIG también facilita la gestión de los sistemas de agua. Según Aleixo et al. (2019) al contar con una representación visual y actualizada de la infraestructura y los activos relacionados con el agua, los administradores pueden optimizar los programas de mantenimiento y la gestión de activos.

Se pueden programar intervenciones de mantenimiento de manera más eficiente y realizar un seguimiento del estado de la infraestructura para evitar fallas y prolongar la vida útil de los activos. El mapeo SIG también contribuye a una planificación más efectiva de inversiones en infraestructura y mejoras en el sistema de agua. Según Afgan et al. (2020) al tener acceso a datos actualizados sobre el comportamiento del sistema, los administradores pueden identificar áreas que requieren mejoras y priorizar inversiones en proyectos que beneficien directamente a las zonas con alta demanda hídrica.

Sobre este punto, se puede concluir que el mapeo SIG es una herramienta valiosa para el monitoreo y gestión en tiempo real de los sistemas de agua. Al permitir el acceso a datos precisos y actualizados, los administradores del agua pueden detectar problemas de manera temprana, optimizar programas de mantenimiento, gestionar activos de manera eficiente y planificar respuestas efectivas a emergencias. Todo esto contribuye a una gestión hídrica más efectiva, sostenible y resiliente en la ciudad de Guayaquil.

Comunicación con las partes interesadas. El mapeo SIG facilita la comunicación y el compromiso efectivos con las partes interesadas, incluidos los encargados de formular políticas, los usuarios del agua y el público en general. Los mapas visuales y las herramientas interactivas dentro de las plataformas de mapeo SIG permiten la difusión de información, creando conciencia sobre los problemas relacionados con el agua y promoviendo la participación de la comunidad en las iniciativas de gestión del agua. Según Adimalla y Kumar, (2020) el mapeo SIG también puede respaldar los procesos de toma de decisiones en colaboración al

proporcionar una plataforma compartida para que las partes interesadas accedan a los datos y los analicen.

La comunicación efectiva con las partes interesadas es esencial para una gestión exitosa del agua, y el mapeo SIG juega un papel clave al facilitar este proceso. Según Ershad (2020) mediante la creación de mapas visuales y el uso de herramientas interactivas, el mapeo SIG ofrece una forma poderosa de difundir información relacionada con el agua de manera clara y comprensible para diversos públicos. Según Afgun et al. (2020) los mapas visuales generados a partir de datos SIG permiten a los encargados de formular políticas, a los usuarios del agua y al público en general visualizar y comprender patrones, tendencias y problemas relacionados con el recurso hídrico.

Según Afgun et al. (2020) esto ayuda a crear conciencia sobre la importancia de una gestión sostenible del agua y promueve la participación activa de la comunidad en iniciativas de conservación y uso responsable del recurso. Además, la interactividad de las plataformas de mapeo SIG permite una comunicación más dinámica y accesible. Los usuarios pueden explorar la información de manera personalizada, enfocándose en áreas de interés específicas y obteniendo detalles relevantes. Según Coello - Montoya (2022) esta capacidad de interacción mejora la comprensión de los datos y facilita la participación activa de las partes interesadas en el proceso de toma de decisiones.

El mapeo SIG también es una herramienta valiosa para respaldar la toma de decisiones en colaboración. Al proporcionar una plataforma compartida para acceder y analizar datos, se crea un espacio para la colaboración entre diferentes actores involucrados en la gestión del agua. Según Coello - Montoya (2022) los responsables de la planificación y gestión hídrica, las organizaciones comunitarias, los expertos en recursos hídricos y otros interesados pueden trabajar conjuntamente para identificar problemas, evaluar escenarios y definir estrategias de manera informada y basada en evidencia.

La comunicación efectiva con las partes interesadas y la promoción de su participación activa son aspectos fundamentales para lograr una gestión hídrica

exitosa y sostenible. Según Coello - Montoya (2022) el mapeo SIG, al proporcionar herramientas de visualización y análisis de datos, crea una plataforma que fomenta el diálogo, la cooperación y la toma de decisiones informadas para garantizar un uso responsable y equitativo del agua en la ciudad de Guayaquil.

Evaluación de las opciones de programas de SIG disponibles

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han generado una transformación significativa en la comprensión y utilización de la información geoespacial. Estas herramientas de gran potencial permiten la captura, almacenamiento, análisis y visualización de datos relacionados con ubicaciones geográficas, desempeñando un papel esencial en diversas áreas, que abarcan desde la planificación urbana hasta la gestión de recursos naturales y la investigación científica. Según Basheer et al. (2019) la aplicación de los SIG ha posibilitado obtener una percepción más exhaustiva y precisa del entorno, lo que a su vez facilita la toma de decisiones más informadas y efectivas en las interacciones con el mundo circundante.

En el ámbito actual, han surgido diversos programas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) de código abierto como opciones accesibles y funcionales para usuarios con distintos niveles de experiencia. Entre ellos, se destaca "ArcGIS", desarrollado por Esri, que se posiciona como uno de los SIG más populares y abarcadores disponibles en el mercado, siendo ampliamente adoptado en diversas industrias y campos de aplicación (Geoinnova, 2023). Además de este programa existen otras opciones de código abierto con aplicaciones similares. A continuación, se mencionarán algunas de las opciones disponibles en el mercado:

ArcGIS. Creado por *Environmental Systems Research Institute* (Esri), es un destacado Sistema de Información Geográfica (SIG) en la industria que ofrece una extensa variedad de herramientas para la gestión, análisis y representación visual de datos geoespaciales. Su prominencia se fundamenta en su versatilidad y habilidad para abordar de manera efectiva problemas complejos relacionados con la geografía y el medio ambiente.

ArcGIS proporciona una gama completa de software y aplicaciones que abarcan múltiples aspectos, desde el análisis de datos geoespaciales hasta la creación de

mapas y la toma de decisiones fundamentadas en la ubicación. Algunas de sus características más destacadas comprenden:

Recopilación de datos. ArcGIS permite la captura y el almacenamiento de datos geoespaciales provenientes de diversas fuentes, tales como GPS, sensores remotos, encuestas y bases de datos.

Análisis espacial. Ofrece una variada colección de herramientas para llevar a cabo análisis espaciales complejos, como consultas de atributos, análisis de proximidad, interpolación y modelado de redes.

Creación de mapas. Facilita la elaboración de mapas personalizados y visualmente atractivos mediante una amplia gama de estilos y símbolos cartográficos.

Visualización de datos. Posibilita la representación visual de datos geoespaciales mediante mapas interactivos, gráficos y tablas, lo cual favorece la comprensión y comunicación efectiva de la información.

Integración con otras herramientas y formatos. ArcGIS es compatible con una diversidad de formatos de datos y se integra sin problemas con otras aplicaciones y sistemas, lo que promueve la colaboración y el intercambio fluido de información.

Análisis en tiempo real. Algunas versiones de ArcGIS ofrecen la capacidad de realizar análisis en tiempo real, lo que habilita la toma rápida de decisiones basadas en la ubicación en situaciones críticas.

Desarrollo personalizado. ArcGIS provee herramientas para desarrolladores que permiten la creación de aplicaciones personalizadas y la ampliación de la funcionalidad del sistema para atender las necesidades específicas de cada usuario.

ArcGIS se emplea en diversas industrias y campos, incluyendo:

Planificación urbana y regional: Contribuye a la planificación del desarrollo urbano, la gestión de infraestructuras y la toma de decisiones relacionadas con el crecimiento de las ciudades.

Gestión de recursos naturales. Facilita la administración de recursos naturales, tales como bosques, agua, suelos y áreas protegidas, promoviendo así su conservación y uso sostenible.

Agricultura y silvicultura. Se aplica en la gestión de cultivos, la monitorización de parcelas agrícolas y la planificación forestal.

Medio ambiente y conservación. Ayuda en la evaluación y seguimiento del medio ambiente, la identificación de áreas de conservación y la gestión de desastres naturales.

Cartografía y geología. Es ampliamente utilizado para la creación de mapas temáticos y geológicos de alta precisión.

QGIS. Quantum GIS, también conocido como QGIS, es un software de Sistemas de Información Geográfica (SIG) de código abierto y gratuito que ha experimentado un notable aumento en su popularidad en los últimos años. En calidad de alternativa de código abierto a ArcGIS, QGIS ha ganado reconocimiento debido a su flexibilidad, capacidad analítica y la existencia de una amplia comunidad de usuarios y desarrolladores que lo respaldan.

El objetivo primordial de QGIS es ofrecer una interfaz amigable y accesible para usuarios con diversos niveles de experiencia en Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esta característica posibilita que tanto profesionales como principiantes puedan trabajar de manera efectiva con datos geoespaciales. La comunidad de desarrolladores y usuarios de QGIS ha desempeñado un papel fundamental en el continuo crecimiento del software, mejorando su funcionalidad y añadiendo características a lo largo del tiempo. Algunas de las características clave de QGIS son las siguientes:

Interfaz de usuario intuitiva. QGIS proporciona una interfaz gráfica fácil de usar, con herramientas y menús bien organizados, lo que facilita la navegación y el acceso a las funciones.

Compatibilidad con múltiples formatos de datos. QGIS es capaz de leer y procesar una amplia variedad de formatos de datos geoespaciales, lo que permite importar y exportar datos de manera fluida.

Herramientas de análisis avanzadas. QGIS ofrece una amplia gama de herramientas para el análisis espacial, el modelado y la generación de informes, lo que permite a los usuarios llevar a cabo análisis geoespaciales complejos.

Personalización y extensibilidad. QGIS permite a los usuarios ampliar su funcionalidad mediante la instalación de complementos y extensiones desarrolladas por la comunidad.

Visualización de datos. Ofrece opciones de visualización avanzadas para la creación de mapas temáticos y personalizados con símbolos y etiquetas.

Soporte para sistemas operativos. QGIS es compatible con Windows, macOS, Linux y otros sistemas operativos, lo que lo hace accesible para una amplia gama de usuarios.

Debido a su versatilidad y robustez, QGIS se utiliza en una variedad de aplicaciones, incluyendo:

Investigación científica. QGIS es ampliamente utilizado en investigaciones que involucran datos geoespaciales, como estudios de cambio climático, evaluación de recursos naturales y análisis de biodiversidad.

Educación. Es una herramienta valiosa para la enseñanza y el aprendizaje en cursos de geografía, medio ambiente y análisis espacial en instituciones educativas.

Proyectos comunitarios. QGIS es utilizado por organizaciones comunitarias para la planificación local, la gestión de recursos y la toma de decisiones basadas en la ubicación.

MapInfo Professional. Es un Sistema de Información Geográfica (SIG) comercial ampliamente reconocido por su facilidad de uso y herramientas especializadas para la creación y análisis de mapas. Desarrollado por Pitney Bowes, este software ha sido diseñado para satisfacer las necesidades específicas de

empresas y organizaciones que requieren una solución geoespacial efectiva y accesible.

Las características clave de MapInfo Professional son las siguientes:

Interfaz de usuario intuitiva. MapInfo Professional ofrece una interfaz gráfica fácil de usar que permite a los usuarios navegar rápidamente a través de las herramientas y funciones del programa.

Creación de mapas. Con una amplia variedad de símbolos y estilos cartográficos, MapInfo Professional facilita la creación de mapas temáticos y personalizados, lo que ayuda a visualizar y comunicar información geoespacial de manera efectiva.

Análisis espacial. El software proporciona herramientas para realizar análisis espaciales complejos, como consultas de atributos, superposición de capas, análisis de proximidad y modelado de redes.

Gestión de datos. MapInfo Professional permite la administración eficiente de datos geoespaciales, incluyendo la importación, exportación y edición de información.

Integración con datos empresariales. Es popular en el ámbito empresarial debido a su capacidad para integrar datos geoespaciales con información de negocios, como datos de clientes, puntos de venta y datos demográficos.

Planificación de rutas. MapInfo Professional facilita la planificación de rutas y optimización de trayectos, lo que es útil para empresas de logística y transporte.

Análisis de mercados. Es utilizado para el análisis de mercados, permitiendo a las empresas identificar oportunidades y tomar decisiones estratégicas basadas en la ubicación.

MapInfo Professional ha encontrado aplicación en diversas industrias y sectores, incluyendo:

Negocios y marketing. Es utilizado para la gestión de ubicaciones de clientes, análisis de datos de mercado y planificación de expansión empresarial.

Gobierno y planificación urbana. Se aplica en la gestión del territorio, planificación urbana y toma de decisiones relacionadas con el desarrollo urbano.

Transporte y logística. Es útil en la planificación de rutas, gestión de flotas y optimización de la distribución.

SAGA GIS. SAGA es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código abierto reconocido por su énfasis en capacidades avanzadas de análisis geoespacial. Este software ha sido especialmente diseñado para aplicaciones en el campo de las geociencias y ofrece una diversidad de algoritmos para el procesamiento de datos geoespaciales. Su nombre, "SAGA", proviene del acrónimo "*System for Automated Geoscientific Analyses*".

Las características clave de SAGA GIS comprenden:

Análisis avanzado de datos geoespaciales. SAGA GIS ofrece una amplia gama de herramientas y algoritmos que permiten a los usuarios llevar a cabo análisis espaciales complejos. Esto incluye análisis hidrológicos, análisis de terrenos, análisis de visibilidad, interpolación y más.

Procesamiento de datos geoespaciales. El software facilita el procesamiento eficiente de grandes conjuntos de datos geoespaciales, lo cual es fundamental para la investigación y el análisis en geociencias.

Modelado y simulación. SAGA GIS incluye herramientas para el modelado y simulación de fenómenos geoespaciales, lo que resulta valioso para predecir escenarios y comprender la dinámica de sistemas naturales.

Visualización. Ofrece opciones para visualizar los resultados de análisis geoespaciales mediante mapas y gráficos, lo que facilita la comprensión y comunicación de los hallazgos.

Interfaz gráfica de usuario. A pesar de su enfoque en análisis avanzados, SAGA GIS proporciona una interfaz gráfica de usuario accesible y de fácil uso.

SAGA GIS se emplea ampliamente en investigaciones y aplicaciones geoespaciales en diversos campos de las geociencias, incluyendo:

Hidrología. Se utiliza para el análisis de cuencas hidrográficas, modelado de flujos de agua y simulación de inundaciones.

Geomorfología y topografía. SAGA GIS es útil en el análisis de terrenos, modelado del relieve y caracterización topográfica.

Climatología y cambio climático. Se aplica en el análisis de datos climáticos y modelado de cambios climáticos.

Ecología y conservación. SAGA GIS es utilizado en la identificación y análisis de patrones ecológicos y la planificación de áreas de conservación.

gvSIG. El software en cuestión es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código abierto reconocido por su interfaz amigable y sus herramientas especialmente diseñadas para atender a usuarios del sector público y medioambiental. Su desarrollo se ha centrado en facilitar el acceso a la información geoespacial y proporcionar a los usuarios las capacidades necesarias para llevar a cabo análisis y visualización de datos de manera efectiva.

Las características sobresalientes de gvSIG son:

Interfaz gráfica de usuario intuitiva. gvSIG ofrece una interfaz amigable y fácil de usar, permitiendo a los usuarios navegar eficazmente a través de las

herramientas y funcionalidades del programa sin requerir un profundo conocimiento técnico en SIG.

Amplia variedad de herramientas de análisis. Proporciona una diversa gama de herramientas para llevar a cabo análisis espaciales, tales como análisis de proximidad, interpolación, análisis de redes y más.

Visualización de datos. gvSIG ofrece opciones avanzadas para la visualización y representación de datos geoespaciales en forma de mapas temáticos y gráficos.

Integración con otras herramientas y formatos. Es compatible con múltiples formatos de datos geoespaciales y se integra con otras aplicaciones, lo que facilita el intercambio de datos y la colaboración con otros sistemas.

Personalización y extensibilidad. gvSIG permite a los usuarios personalizar la interfaz y ampliar la funcionalidad mediante la instalación de complementos y extensiones.

gvSIG ha encontrado aplicaciones en diversas áreas, incluyendo:

Administración pública. Es ampliamente utilizado por administraciones públicas para la gestión de infraestructuras, planificación urbana, análisis territorial y toma de decisiones basadas en la ubicación.

Proyectos de investigación geoespacial. gvSIG es empleado en proyectos de investigación que requieren el análisis y la visualización de datos geoespaciales, como estudios ambientales, estudios de recursos naturales y análisis de patrones espaciales.

Educación. Es utilizado en entornos educativos para enseñar conceptos de SIG y análisis espacial a estudiantes y profesionales.

Global Mapper. El software en cuestión es una herramienta geoespacial que proporciona una amplia gama de funcionalidades para visualizar y procesar datos geoespaciales. Desarrollado por *Blue Marble Geographics*, este programa ha ganado reconocimiento por su versatilidad y capacidad para manejar diversas tipologías de datos y aplicaciones. Debido a su interfaz intuitiva y potentes características, se ha convertido en una opción popular en varios campos, como cartografía, agricultura de precisión y planificación de proyectos.

Las características destacadas de Global Mapper comprenden:

Visualización de datos geoespaciales. Global Mapper permite la visualización de datos geoespaciales mediante mapas interactivos y gráficos, lo que facilita la comprensión y comunicación de la información.

Procesamiento de datos. El software ofrece herramientas para importar, exportar y procesar una amplia variedad de formatos de datos geoespaciales, incluyendo imágenes, modelos digitales de elevación, datos LiDAR, entre otros.

Herramientas de análisis. Global Mapper proporciona diversas herramientas de análisis espacial para llevar a cabo mediciones, análisis de terrenos, interpolación, superposición de capas y cálculos de volúmenes, entre otros.

Creación de mapas temáticos. Facilita la generación de mapas temáticos con símbolos personalizados, etiquetas y leyendas, lo que permite elaborar mapas atractivos y adecuados para diversos propósitos.

Cartografía avanzada. *Global Mapper* cuenta con herramientas para la producción de mapas de alta calidad y cartografía avanzada, lo que resulta valioso para profesionales del ámbito cartográfico y de SIG.

Aplicaciones específicas. Es utilizado en agricultura de precisión para el análisis de suelos y cultivos, en planificación de proyectos para la gestión de recursos, y en diversas aplicaciones que requieren el manejo de datos geoespaciales.

Global Mapper ha destacado como una opción popular en diversas industrias y campos debido a su facilidad de uso, eficiencia y funcionalidad. Algunas de las aplicaciones en las que se utiliza incluyen:

Cartografía y topografía. Global Mapper es empleado por cartógrafos, topógrafos y profesionales geoespaciales para la producción de mapas y la generación de modelos digitales de elevación.

Agricultura de precisión. Se aplica en el análisis de suelos, la planificación de cultivos y la gestión de recursos agrícolas.

Planificación de proyectos. Global Mapper es utilizado en la planificación de proyectos de construcción, gestión de recursos naturales y análisis de sitios.

Whitebox GAT. El (*Geospatial Analysis Toolbox*) es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código abierto que se concentra en el análisis avanzado de datos geoespaciales, centrándose particularmente en el modelado de cuencas hidrográficas y la manipulación de terrenos. El desarrollo de este software se ha orientado hacia la provisión de un conjunto de herramientas especializadas para la investigación y el análisis en diversas aplicaciones geoespaciales.

Las características clave de Whitebox GAT son las siguientes:

Análisis avanzado de cuencas hidrográficas. Whitebox GAT ofrece herramientas especializadas para el análisis hidrológico, que incluye la delimitación de cuencas, la generación de curvas de nivel, la identificación de corrientes y la estimación de caudales.

Modelado de terrenos. El software proporciona una amplia gama de algoritmos para el modelado y análisis del relieve, incluyendo la generación de modelos digitales de elevación (DEM), interpolación y caracterización topográfica.

Procesamiento de datos LiDAR. *Whitebox GAT* es capaz de procesar datos LiDAR y realizar análisis avanzados en nubes de puntos, lo que es valioso para estudios topográficos y de vegetación.

Herramientas de análisis espacial. Ofrece diversas herramientas para llevar a cabo análisis espaciales, como análisis de visibilidad, análisis de pendientes y exposiciones, entre otros.

Visualización de datos. *Whitebox GAT* permite la visualización de datos geoespaciales mediante mapas y gráficos, facilitando la comprensión y comunicación de los resultados del análisis.

Procesamiento de imágenes. Es capaz de procesar imágenes satelitales y aéreas, lo que permite la extracción de información útil y el análisis de cambios en el paisaje.

Whitebox GAT ha sido ampliamente utilizado en diversas aplicaciones, incluyendo:

Hidrología y recursos hídricos. Es utilizado para el análisis de cuencas hidrográficas, la evaluación de recursos hídricos y la gestión de recursos naturales relacionados con el agua.

Geomorfología y geología. *Whitebox GAT* es útil en el análisis del relieve, la caracterización topográfica y la identificación de estructuras geológicas.

Análisis ambiental. Es aplicado en estudios de cambio climático, evaluación de impacto ambiental y análisis de vegetación.

Kosmo GIS. es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código abierto que se destaca por su interfaz intuitiva y funcionalidades avanzadas para el manejo y análisis de datos espaciales. Este software ha sido desarrollado para proporcionar a los usuarios una herramienta accesible y efectiva para trabajar con información geoespacial.

Las características clave de Kosmo GIS incluyen:

Interfaz intuitiva. Kosmo GIS ofrece una interfaz gráfica fácil de usar, lo que permite a los usuarios acceder a las funcionalidades y herramientas del programa de manera rápida y sencilla.

Manejo de datos espaciales. El software permite importar, exportar y administrar diferentes tipos de datos geoespaciales, incluyendo datos vectoriales y ráster.

Herramientas de análisis. Kosmo GIS proporciona herramientas avanzadas para realizar análisis espaciales, como análisis de proximidad, análisis de terrenos, superposición de capas y cálculos de áreas y volúmenes.

Visualización de datos. Permite visualizar datos geoespaciales en forma de mapas interactivos y gráficos, lo que facilita la comprensión y presentación de la información.

Personalización y extensibilidad. Kosmo GIS permite a los usuarios personalizar la interfaz y extender la funcionalidad mediante la instalación de complementos y extensiones.

Kosmo GIS ha sido utilizado en diversas aplicaciones geoespaciales, incluyendo:

Planificación urbana y territorial. Es aplicado en la gestión de recursos territoriales, planificación de proyectos urbanos y análisis de infraestructuras.

Gestión de recursos naturales. Kosmo GIS es utilizado en estudios de recursos naturales, análisis de suelos y vegetación, y gestión de áreas protegidas.

Investigación científica. Es aplicado en investigaciones que involucran datos geoespaciales, como estudios ambientales, análisis de cambio climático y modelado de fenómenos naturales.

uDig. (*User-friendly Desktop Internet GIS*) es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código abierto que se destaca por su interfaz de usuario amigable y su enfoque en la facilidad de uso. Este software ha sido desarrollado para proporcionar a los usuarios una experiencia intuitiva al trabajar con datos geoespaciales y ofrece una amplia variedad de complementos que permiten extender sus capacidades y funcionalidades.

Las características destacadas de uDig son las siguientes:

Interfaz de usuario amigable. uDig ha sido diseñado con una interfaz gráfica intuitiva que facilita la navegación y el acceso a las herramientas y funcionalidades del programa.

Manejo de datos espaciales. El software permite importar, visualizar y administrar datos geoespaciales en diferentes formatos, incluyendo datos vectoriales y raster.

Herramientas de análisis. uDig proporciona herramientas básicas de análisis espacial, como consultas de atributos, superposición de capas y análisis de proximidad.

Complementos y extensiones. Una de las fortalezas de uDig es su capacidad para extender sus capacidades a través de una amplia variedad de complementos y extensiones desarrolladas por la comunidad de usuarios.

Conectividad a servicios web. uDig está diseñado para trabajar con servicios web geoespaciales, lo que permite acceder a datos e imágenes en línea y realizar análisis en tiempo real.

uDig ha sido utilizado en diversas aplicaciones geoespaciales, incluyendo:

Planificación urbana y territorial. Es aplicado en proyectos de planificación urbana, gestión de infraestructuras y análisis de usos del suelo.

Gestión de recursos naturales. uDig es utilizado en estudios de recursos naturales, monitoreo de vegetación y análisis de cambios en el paisaje.

Educación. Es utilizado en entornos educativos para enseñar conceptos de SIG y análisis espacial a estudiantes y profesionales.

MapWindow. *Map Window* es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código abierto que se ha desarrollado con un enfoque específico en la cartografía y el análisis de datos geoespaciales. El propósito de este software es brindar a los usuarios una plataforma accesible y funcional para trabajar con información geográfica y llevar a cabo diversas tareas relacionadas con la representación cartográfica y el análisis espacial.

Las características destacadas de MapWindow GIS son las siguientes:

Cartografía. *MapWindow* GIS ofrece herramientas para la creación y diseño de mapas temáticos, con opciones para agregar símbolos, etiquetas, escalas gráficas y otros elementos cartográficos.

Análisis geoespacial. El software proporciona una variedad de herramientas para realizar análisis espaciales, incluyendo superposición de capas, análisis de proximidad, cálculos de áreas y volúmenes, entre otros.

Manejo de datos. *MapWindow* GIS permite importar y exportar datos geoespaciales en varios formatos, lo que facilita la gestión y la integración de diferentes fuentes de datos.

Visualización de datos. Permite visualizar datos geoespaciales en forma de mapas interactivos y gráficos, lo que facilita la comprensión y comunicación de la información.

Personalización y extensibilidad. *MapWindow* GIS es extensible a través de complementos y módulos desarrollados por la comunidad de usuarios, lo que permite personalizar la funcionalidad según las necesidades específicas de cada usuario.

MapWindow GIS ha sido utilizado en diversas aplicaciones geoespaciales, incluyendo:

Cartografía y representación. Es aplicado en la creación de mapas temáticos para diferentes propósitos, como planificación urbana, gestión de recursos naturales y presentación de resultados de investigación.

Análisis espacial. MapWindow GIS es utilizado en la realización de análisis geoespaciales para estudios de territorio, medio ambiente, planificación y evaluación de recursos.

Educación y capacitación. Es utilizado en entornos educativos para enseñar conceptos de SIG y técnicas de análisis espacial.

GeoDa. La herramienta mencionada es un software de código abierto centrado en el análisis y exploración de datos espaciales, con especial énfasis en la estadística espacial. Su desarrollo proviene del Center for Spatial Data Science de la Universidad de Chicago y ha sido ampliamente adoptado en investigaciones y aplicaciones que involucran datos geoespaciales y análisis estadístico.

Las características principales de GeoDa son las siguientes:

Análisis de estadística espacial. GeoDa proporciona una amplia gama de técnicas estadísticas espaciales para analizar patrones espaciales, identificar agrupamientos y evaluar la dependencia espacial entre variables.

Exploración de datos geoespaciales. El software permite visualizar datos espaciales en forma de mapas temáticos y gráficos interactivos, lo que facilita la identificación de patrones y tendencias espaciales.

Análisis de autocorrelación espacial. GeoDa ofrece herramientas para calcular índices de autocorrelación espacial, como el índice de Moran, lo que ayuda a evaluar la existencia de patrones de agrupamiento o dispersión espacial.

Modelado espacial. *GeoDa* es capaz de realizar análisis de regresión espacial y modelado geoespacial, lo que permite explorar la relación entre variables y su distribución espacial.

Interfaz gráfica interactiva. *GeoDa* cuenta con una interfaz gráfica amigable y fácil de usar, lo que facilita el acceso a las funcionalidades del programa incluso para usuarios con poca experiencia en estadística espacial.

GeoDa ha sido utilizado en diversas aplicaciones, entre ellas:

Economía y ciencias sociales. Es aplicado en estudios económicos y sociales que requieren el análisis de datos espaciales y la evaluación de patrones espaciales.

Urbanismo y planificación. *GeoDa* es utilizado en proyectos de planificación urbana para el análisis de patrones de uso del suelo, la evaluación de desigualdades espaciales y la identificación de áreas de interés.

Salud pública y epidemiología. Es aplicado en estudios de salud pública para analizar la distribución espacial de enfermedades y evaluar la accesibilidad a servicios de salud.

OpenJUMP. El software mencionado es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código abierto, que se destaca por su enfoque en la visualización y edición de datos geoespaciales. Su desarrollo se ha orientado a brindar a los usuarios una plataforma accesible y funcional para trabajar con información geográfica y llevar a cabo diversas tareas relacionadas con la visualización y edición de datos espaciales.

Las características distintivas de *OpenJUMP* comprenden:

Visualización de datos geoespaciales. *OpenJUMP* permite a los usuarios representar información geoespacial en forma de mapas interactivos y gráficos, lo que facilita la comprensión y comunicación de la información.

Edición y manipulación de datos. Este software proporciona herramientas para editar y manipular datos geoespaciales, permitiendo modificaciones en geometrías, atributos y relaciones espaciales.

Importación y exportación de datos. *OpenJUMP* es compatible con una variedad de formatos de datos geoespaciales, lo que facilita la importación y exportación de información desde y hacia otras fuentes.

Herramientas de análisis básicas. Aunque el análisis espacial no es su enfoque principal, *OpenJUMP* proporciona algunas herramientas básicas para realizar consultas y análisis en datos geoespaciales.

Interfaz gráfica interactiva. *OpenJUMP* dispone de una interfaz gráfica intuitiva y de fácil uso, lo que permite acceder a las funcionalidades del programa de manera eficiente.

OpenJUMP ha sido utilizado en diversas aplicaciones geoespaciales, tales como:

Cartografía y representación. Se emplea en la creación de mapas temáticos para distintos propósitos, como planificación urbana, gestión de recursos naturales y presentación de resultados de investigación.

Edición de datos geoespaciales. *OpenJUMP* es utilizado para editar y modificar datos geoespaciales en proyectos de cartografía y análisis espacial.

Visualización de datos. Es empleado para la visualización interactiva de datos espaciales, lo que permite analizar patrones y tendencias.

ILWIS. El Sistema Integrado de Información de Tierras y Aguas (ILWIS) es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código abierto que se centra en aplicaciones para la gestión y análisis de recursos naturales y datos espaciales. Fue desarrollado por el Instituto Internacional para el Manejo del Agua y la Tierra (ITC) en los Países Bajos y es ampliamente utilizado en proyectos relacionados con la gestión de recursos naturales, la planificación del uso del suelo y la investigación en ciencias ambientales.

Las características clave de ILWIS (Sistema Integrado de Información de Tierras y Aguas) incluyen:

Gestión de recursos naturales. ILWIS proporciona herramientas para gestionar y analizar recursos naturales, incluyendo la evaluación de suelos, gestión de aguas, planificación forestal y monitoreo de cambios en el paisaje.

Análisis de datos espaciales. El software ofrece una amplia variedad de herramientas para el análisis espacial, como análisis hidrológicos, modelado de terrenos, análisis de proximidad y superposición de capas.

Visualización de datos. ILWIS permite visualizar datos geoespaciales a través de mapas temáticos y gráficos interactivos, lo que facilita la comprensión y presentación de información.

Modelado y simulación. Es capaz de realizar modelado y simulación de fenómenos naturales, lo que resulta útil en estudios ambientales y de recursos hídricos.

Interfaz gráfica interactiva. ILWIS cuenta con una interfaz gráfica amigable y fácil de usar, lo que facilita el acceso a las funcionalidades del programa.

ILWIS ha sido utilizado en diversas aplicaciones geoespaciales, incluyendo:

Gestión de recursos hídricos. Es aplicado en proyectos de gestión de cuencas hidrográficas, monitoreo de calidad del agua y evaluación de recursos hídricos.

Planificación del uso del suelo. ILWIS es utilizado en estudios de ordenamiento territorial, planificación urbana y gestión de áreas protegidas.

Ciencias ambientales. Es aplicado en investigaciones relacionadas con la evaluación de impacto ambiental, análisis de cambio climático y modelado de procesos ecológicos.

Estudios de la implementación de SIG para la gestión del agua

Adimalla & Kumar (2020) evaluaron la calidad del agua subterránea en el terreno de roca dura de Medak, estado de Telangana, sur de la India, utilizando técnicas del Sistema de Información Geográfica (GIS) y del índice de calidad del agua subterránea (GWQI). El análisis reveló que las muestras de agua subterránea exhibieron una amplia gama de valores para diferentes parámetros. La clasificación TDS indicó que 182 lugares de agua subterránea eran aptos para beber. Especialmente, se observaron altas concentraciones de fluoruro en el este y algunas partes de la región occidental, mientras que se encontraron altas concentraciones de nitrato en las regiones agrícolas del norte y sur.

Bashir et al. (2020) evaluaron la calidad del agua del Canal Bajo del Jhelum (LJC, por sus siglas en inglés) y determinar su idoneidad para fines de riego. Los autores propusieron desarrollar un método que integre el índice de calidad del agua con un sistema de información geográfica (SIG) para una interpretación efectiva de la calidad del agua del LJC. Se realizaron mediciones de diferentes parámetros físico-químicos y biológicos para estimar el estado de contaminación del LJC. Utilizando el SIG, se preparó un mapa de distribución espacial de los parámetros seleccionados. Se aplicó la técnica de ponderación inversa de la distancia (IDW, por sus siglas en inglés), una técnica de interpolación, para preparar una capa temática de parámetros en cada estación del Canal Bajo del Jhelum.

Los resultados de los análisis mostraron que las concentraciones de contaminantes estaban dentro de los límites permisibles establecidos por las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Pakistán (NEQS, por sus siglas en inglés), excepto para E. coli. En general, la mayoría del agua se clasificó como de excelente calidad, lo que indica su idoneidad para fines de riego. Sin embargo, se sugiere que el agua no debe utilizarse directamente para consumo humano sin tratamiento.

Verma et al. (2020) evaluaron la idoneidad del agua subterránea para consumo humano en el distrito de Bokaro, estado de Jharkhand, India. Se analizaron muestras de agua subterránea recolectadas durante las temporadas de pre y post-monzón, y se utilizó un modelo de índice de calidad del agua (WQI, por sus siglas en inglés) basado en un sistema de información geográfica (SIG). Se recolectaron 102 muestras de agua subterránea y los resultados del análisis se compararon con los estándares de calidad del agua establecidos por la Oficina de Normas de la India (BIS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Se utilizó un modelo de WQI basado en SIG para evaluar la calidad del agua. Los resultados del análisis indicaron que el agua subterránea en el área de estudio tenía una naturaleza ligeramente ácida a ligeramente alcalina.

González-Ramírez & Bejarano-Salazar (2019) analizaron la demanda de agua calculando parámetros como presiones, gradientes hidráulicos, caudales, etc. Para el propósito aplicaron el uso de SIG es la de asignación de demandas. Entre los principales resultados se mencionó que la demanda de agua fue dinámica, es decir, varió con el tiempo diariamente dado que los hábitos de consumo fueron variables y cambiaron según la actividad del sector geográfico. Los autores recalcaron la sinergia existente entre los SIG y los métodos de modelado hidráulico.

Valenzuela (2020) analizó la cuenca hidrográfica del río Totare desde la perspectiva de los fenómenos amenazantes por actividad antrópica. Por esa razón su enfoque se enfocó sobre la variabilidad climática y la transformación del paisaje usando herramientas como los SIG y teledetección. Mientras, las condiciones hídricas fueron determinadas a través de un balance hídrico espacial así también calculó la demanda hídrica por actividades económicas y la oferta hídrica neta. Sus resultados

demonstraron que en general la oferta hídrica tuvo capacidad para abastecer la demanda hídrica la cual era mayormente de origen agrícola.

Otro trabajo en la que se aplicó SIG para la clasificación/identificación de zonas hídricas fue el de (Hernández - Juárez et al., 2020) quienes buscaron las zonas de recarga y descarga hídrica subterránea que drenaba en la cuenca hidrográfica del río Ayuquila-Armería. Los SIG permitieron a los autores identificar aquellos lugares con alto potencial de recarga y descarga mediante el análisis de índice topográfico de humedad, vegetación, pendiente, suelo, topofomas y geología. De esta forma obtuvieron como resultados el área superficial con mayor potencial de recarga estuvo entre 21% a 80%, mientras que por otro lado la superficie de descarga estuvo entre 4% a 30%.

Coello - Montoya (2022) estudió la asignación de demanda hídrica independiente de la presión a través de un método matemático llamado "Polígonos de Thiessen" para mapear la demanda y generar los resultados. Cabe recalcar que dichos resultados no habrían sido obtenidos sin previamente tener información de consumo de los usuarios y sus ubicaciones georreferencias. Esto implica que existió un proceso de levantamiento previo de información detallada y muestra una guía útil para establecer métodos de procesamiento y presentación de resultados a través de SIG.

Sánchez - Tapiero et al. (2021) se enfocaron en la determinación de la demanda base a través de la implementación del SIG ARC - GIS en el cálculo. Primero establecieron el área de cada nodo de conexión a través del método ya antes mencionado "Polígonos de Thiessen". Dado que es muy común usar softwares informáticos como AutoCAD para el trazado de redes, en su metodología explicaron que fue necesario verificar que los nodos no presenten errores por desfases al momento de trazar las líneas en las redes con el CAD y transportar los datos al SIG.

Marco Legal

***Constitución de la República del Ecuador* (2008)**

En primer lugar, la Constitución de la República del Ecuador (2008) en su Título II referente a los derechos, capítulo segundo que relaciona los derechos del buen vivir, en la sección primera se estipula sobre el derecho al agua y a la alimentación y en la sección sexta se menciona específicamente el derecho al agua. El Art. 3 se menciona los deberes primordiales del Estado garantizar el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución, entre los que se menciona el agua.

El Art. 12 señala que el derecho humano al agua es esencial e inalienable, constituyendo un patrimonio nacional estratégico de uso público. El agua es imprescriptible, inembargable y fundamental para la vida. El Art. 15 señala que el Estado fomentará el uso de tecnologías ambientalmente amigables y energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto, tanto en el sector público como en el privado. La búsqueda de soberanía energética no se llevará a cabo en detrimento de la soberanía alimentaria ni comprometerá el derecho al agua.

En la sección séptima de la Constitución relacionada a la Salud, en el Art. 32 se menciona al agua, señalando que la salud es un derecho garantizado por el Estado, cuya realización está estrechamente relacionada con el ejercicio de otros derechos, como el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los entornos saludables y otros que contribuyen al bienestar integral. El capítulo sexto también la menciona como uno de los derechos de libertad, en el Art. 66 2. El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable (...).

En la Constitución también se establecen las competencias de los gobiernos municipales para prestar los servicios públicos de agua potable (...). El agua también se contempla en el Título VI sobre el Régimen de Desarrollo. El Art. 276 establece que uno de los objetivos del régimen de desarrollo será recuperar y conservar la naturaleza (...) el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua (...). En el Art. 281 también se lo considera parte de la soberanía alimentaria para lo cual el Estado deberá promover políticas redistributivas que permitan el acceso del campesinado a la tierra, al agua (...) y en el Art. 282 se señala que el Estado prohíbe el acaparamiento

o privatización del agua y sus fuentes (...) y que el Estado regulará el uso y manejo del agua de riego para la producción de alimentos, bajo los principios de equidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental, lo cual se reafirma en el Art. 318 en donde se prohíbe toda forma de privatización del agua.

La Constitución también considera al agua como un sector estratégico. El Art. 313 señala que se consideran sectores estratégicos (...) el agua, y los demás que determine la ley. El Art. 314 señala que el Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable. En el Art. 375 se señala que el Estado, en todos sus niveles de gobierno, garantizará el derecho al hábitat y a la vivienda digna, para lo cual: (6) garantizará la dotación ininterrumpida de los servicios públicos de agua potable y electricidad a las escuelas y hospitales públicos. En la sección sexta desde los Art. 411 al Art. 415 se especifica el rol del Estado respecto a la conservación, recuperación y manejo integral y eficiente del agua.

Ley Orgánica de Recursos Hídricos usos y aprovechamiento del agua (2014).

En el Art. 1 La naturaleza jurídica de los recursos hídricos establece que forman parte del patrimonio natural del Estado y son de su competencia exclusiva. Esta competencia se ejercerá de manera conjunta entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, en cumplimiento de lo establecido por la ley. En el Art. 2 se señala que esta ley tiene un ámbito de aplicación en todo el territorio nacional.

En general, el Título I referente a las disposiciones preliminares, el capítulo I donde se mencionan los principios se puede resumir lo siguiente:

- Naturaleza jurídica de los recursos hídricos como parte del patrimonio natural del Estado y su competencia exclusiva, ejercida conjuntamente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados.
- El agua como patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.
- El alcance de aplicación de la ley en todo el territorio nacional, aplicable a personas nacionales y extranjeras en el país.

- El objetivo de la ley de garantizar el derecho humano al agua, regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación y uso de los recursos hídricos, así como promover la gestión integral y su recuperación.
- Los principios de la ley, incluyendo la integración de todas las aguas en el ciclo hidrológico, la conservación y protección del agua, la prohibición de propiedad privada sobre el agua, el acceso equitativo al agua como derecho humano, la gestión integral y participativa del agua, entre otros.
- El agua como sector estratégico de decisión y control exclusivo del Estado, orientado al interés público y su influencia social, comunitaria, cultural, política, ambiental y económica.
- La prohibición de privatización del agua y de cualquier forma de apropiación o posesión individual o colectiva sobre el agua.
- La prestación del servicio público del agua como exclusivamente pública o comunitaria, con la posibilidad de participación privada y de economía popular y solidaria en casos excepcionales.
- La responsabilidad de la Autoridad Única del Agua en la gestión integrada e integral de los recursos hídricos, con enfoque ecosistémico y por cuenca hidrográfica.
- La asignación equitativa y solidaria del presupuesto público para la ejecución de políticas y prestación de servicios públicos relacionados con el agua.

El Título II sobre los recursos hídricos, en el capítulo uno relacionado a la definición, infraestructura y clasificación de los recursos hídricos se destaca lo siguiente:

- El dominio hídrico público comprende elementos naturales como ríos, lagos, acuíferos, fuentes de agua, entre otros, y las obras o infraestructura hidráulica de titularidad pública.
- La protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua es responsabilidad compartida entre el Estado, sistemas comunitarios, juntas de agua potable, juntas de riego, consumidores y usuarios.
- Se establecen formas de conservación y protección de fuentes de agua, como las servidumbres de uso público, zonas de protección hídrica y zonas de restricción.

- El cambio de uso del suelo está regulado para evitar afectaciones a la cantidad y calidad del agua y al equilibrio de los ecosistemas en áreas de protección hídrica.

En la Sección Primera, referente al Sistema Nacional Estratégico y Autoridad Única del Agua, se destaca lo siguiente:

- Se crea el Sistema Nacional Estratégico del Agua, que incluye la Autoridad Única del Agua, el Consejo Intercultural y Plurinacional del Agua, las instituciones de la Función Ejecutiva, la Agencia de Regulación y Control del Agua, los Gobiernos Autónomos Descentralizados y los Consejos de Cuenca.
- Los objetivos del Sistema Nacional Estratégico del Agua son articular a los actores involucrados en la gestión integral de los recursos hídricos y coordinar la planificación y aplicación de la política pública del agua.
- La Autoridad Única del Agua es la entidad responsable de la rectoría, planificación y gestión de los recursos hídricos, y su gestión se desconcentra en el territorio.
- La Autoridad Única del Agua tiene competencias como dirigir el sistema, ejecutar las políticas públicas, coordinar con las autoridades ambientales y sanitarias, elaborar planes y otorgar autorizaciones, entre otras.
- El Consejo Intercultural y Plurinacional del Agua participa en la formulación y control de las políticas de los recursos hídricos, promueve debates públicos, fomenta los saberes ancestrales y contribuye a la resolución de controversias.
- La Agencia de Regulación y Control del Agua es responsable de regular y controlar la gestión integral de los recursos hídricos, la calidad del agua y los servicios relacionados.
- El Registro Público del Agua está a cargo de la Autoridad Única del Agua y se inscriben en él autorizaciones, planes, inventarios, entre otros.
- Los Consejos de Cuenca Hidrográfica son órganos consultivos liderados por la Autoridad Única del Agua y participan en la formulación, planificación y control de los recursos hídricos en cada cuenca.

Los puntos clave de la Sección Segunda (Planificación Hídrica) son:

- La Autoridad Única del Agua es responsable de la ejecución de la planificación hídrica basada en el Plan Nacional de Recursos Hídricos y los Planes de Gestión Integral de Recursos Hídricos por cuenca hidrográfica.

- El Estado, los Gobiernos Autónomos Descentralizados y los usuarios deben cumplir con la planificación hídrica en el ejercicio de sus competencias y acciones relacionadas con el agua.
- Los planes hídricos incluirán el Plan Nacional de Recursos Hídricos, que contendrá balances hídricos nacionales, obras hidráulicas necesarias, factores de conservación y protección del agua, y previsiones de trasvases entre cuencas.
- Los planes de gestión integral por cuenca hidrográfica describirán los usos del agua presentes y futuros, necesidades hídricas, elementos de preservación, prioridad de aprovechamientos, fuentes de agua y áreas de protección hídrica.
- La Autoridad Única del Agua formulará el Plan Nacional de Recursos Hídricos, con la participación del Consejo Intercultural y Plurinacional del Agua, y los planes de gestión integral serán aprobados por la Autoridad Única del Agua después de la consideración de los consejos de cuenca respectivos.
- Los trasvases entre cuencas hidrográficas podrán realizarse si están contemplados en la planificación hídrica, no afectan el abastecimiento de agua para consumo humano y riego, y cumplen con requisitos técnicos, económicos y ambientales. Su autorización requerirá evaluación y licenciamiento ambiental, y se coordinará con los Gobiernos Autónomos Descentralizados involucrados.

Los puntos clave de la Sección Tercera (Gestión y Administración de los Recursos Hídricos) son:

- La gestión del agua es exclusivamente pública o comunitaria. La gestión pública incluye la planificación, formulación y ejecución de políticas, regulación, control y administración de la infraestructura hídrica a cargo del Estado. La gestión comunitaria la realizan comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y juntas de organizaciones de usuarios del servicio.
- La gestión pública de los recursos hídricos comprende la planificación, formulación de políticas, autorizaciones de uso y aprovechamiento del agua, determinación de caudales ecológicos, preservación de fuentes y zonas de recarga hídrica, cooperación con autoridades ambientales, y control y sanción de infracciones.
- La Autoridad Única del Agua es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos a nivel de cuencas hidrográficas, coordinándose con los

diferentes niveles de gobierno. Las cuencas hidrográficas se definen como unidades territoriales delimitadas por la línea divisoria de aguas.

- Los principios de la gestión de los recursos hídricos incluyen la consideración de la cuenca hidrográfica como unidad de planificación y gestión, la integración de la planificación hídrica en los planes de ordenamiento territorial y gestión ambiental, y la prestación de servicios de agua potable, riego y drenaje de manera pública o comunitaria.
- El Estado tiene el deber de promover y garantizar el derecho humano al agua, regular los usos y aprovechamientos del agua, conservar los ecosistemas que almacenan agua, promover la participación de las organizaciones de usuarios y fortalecer los saberes ancestrales y la investigación científica del ciclo hidrológico.

Los puntos más importantes de la Sección Cuarta (Servicios Públicos) son:

- Los servicios públicos básicos relacionados con el agua son el agua potable y el saneamiento ambiental. La provisión de estos servicios requiere una autorización de uso y comprende diferentes procesos y actividades relacionados con el agua.
- El agua potable debe cumplir con los estándares de calidad establecidos por la autoridad nacional de salud. El saneamiento ambiental incluye el alcantarillado sanitario (recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales) y el alcantarillado pluvial (recolección y disposición de aguas pluviales). Estos sistemas son independientes y no deben interconectarse.
- Se prohíbe la autorización de uso y aprovechamiento de aguas residuales que obstruyan o limiten proyectos de saneamiento público o incumplan con los parámetros establecidos.
- Las disposiciones de la ley aplican también a los servicios de riego y drenaje. El riego parcelario es responsabilidad de los productores, mientras que la planificación y ejecución del servicio público de riego y drenaje corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales.
- La gestión del riego y drenaje se rige por principios como redistribución, participación, equidad y solidaridad, con responsabilidad ambiental. Los objetivos incluyen ampliar la cobertura y mejorar la eficiencia de los sistemas de riego, fortalecer la gestión pública y comunitaria, y garantizar la calidad y cantidad de agua para riego.

- La infraestructura de los sistemas públicos de riego y drenaje es de dominio hídrico público y no puede transferirse. La gestión de estos sistemas es responsabilidad compartida entre el Gobierno Central, los gobiernos autónomos descentralizados y los usuarios, incluyendo la participación en la operación, mantenimiento y manejo sustentable de las fuentes y zonas de recarga.

Los puntos destacables de la Sección Quinta (El Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados) son:

- Los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) deben coordinar, planificar y controlar la gestión integral del agua de acuerdo con las directrices establecidas por la autoridad única. Esto implica colaborar y complementarse entre los diferentes niveles de gobierno y los sistemas comunitarios, en concordancia con la Constitución y la ley.
- Se reconoce la figura de las juntas administradoras de agua potable y las juntas de riego como organizaciones comunitarias sin fines de lucro. Estas juntas tienen la responsabilidad de prestar los servicios de agua potable y riego, respectivamente, siguiendo principios de eficiencia económica, sostenibilidad del recurso hídrico, calidad en la prestación de servicios y equidad en la distribución del agua.
- Las juntas administradoras de agua potable tienen deberes y atribuciones como establecer y administrar tarifas, operar y mantener la infraestructura, gestionar la construcción de nueva infraestructura, proteger las fuentes de abastecimiento, remitir información requerida, resolver conflictos internos y participar en los consejos de cuenca, entre otros.
- La prestación de servicios comunitarios de agua potable y riego se realiza exclusivamente a través de juntas administradoras, las cuales deben inscribirse en el registro público del agua.
- En las localidades rurales donde el gobierno autónomo descentralizado municipal no preste el servicio de agua potable, se puede constituir una junta administradora de agua potable. La autorización para su conformación se realiza a través de un proceso que involucra la solicitud y verificación respectiva.
- Las juntas de riego tienen atribuciones similares a las juntas administradoras de agua potable, pero se enfocan en la gestión del servicio de riego y drenaje. También participan en los consejos de cuenca.

- Se reconoce y respeta el derecho propio o consuetudinario de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades en el acceso, uso y distribución del agua. Estas prácticas consuetudinarias son obligatorias para sus integrantes y se registra su aplicación.
- Los sistemas comunitarios de gestión del agua mantienen autonomía administrativa, financiera y de gestión para cumplir con la prestación efectiva del servicio. El Estado, en sus diferentes niveles de gobierno, fortalece y apoya a los prestadores de servicios de agua, ya sean públicos o comunitarios.
- En caso de incumplimiento de la normativa técnica, se establece un proceso de plan de mejora y, en caso de persistir el incumplimiento, intervención por parte del gobierno autónomo descentralizado municipal.
- Se promueve la gestión comunitaria integrada de los servicios de abastecimiento de agua potable y riego cuando sea adecuado.
- Se garantizan los derechos constitucionales y se promueven iniciativas comunitarias y alianzas entre entidades públicas y comunitarias para la eficiente prestación de los servicios públicos relacionados con el agua.

Justificación de la normativa legal

La concordancia entre los artículos referentes al agua de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2014) con la Constitución de la República del Ecuador es un tema de relevancia en el contexto de la gestión sostenible y equitativa de este recurso vital. La Constitución ecuatoriana de 2008 establece principios y derechos fundamentales que garantizan la protección, conservación y uso responsable del agua como un derecho humano y un bien público de interés estratégico para el desarrollo del país.

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, en concordancia con la Constitución, regula el acceso, uso y manejo del agua, promoviendo la equidad, la participación ciudadana y el respeto por los derechos de la naturaleza. La presente investigación tiene como objetivo analizar la coherencia y armonización de los preceptos contenidos en ambas normativas, identificando su alcance y las implicaciones prácticas en la gestión hídrica del Ecuador.

La vinculación entre la Constitución de la República del Ecuador, la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2014) y el Código

Orgánico Integral Penal (COIP) es esencial para garantizar una gestión sostenible y responsable del agua, así como para proteger este recurso estratégico de los delitos y acciones que puedan afectar su disponibilidad y calidad.

La Constitución ecuatoriana de 2008, en su Artículo 15, reconoce el agua como un derecho humano fundamental, estableciendo que todas las personas tienen derecho al acceso, uso y disfrute del agua para consumo humano, así como para actividades productivas y ambientales. Asimismo, la Constitución reconoce los derechos de la naturaleza y establece la obligación del Estado de garantizar la conservación y recuperación de los ecosistemas acuáticos.

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos (LORH) se fundamenta en los principios y derechos establecidos en la Constitución, buscando promover el uso racional, equitativo y sostenible del agua, así como la participación ciudadana en su gestión. La LORH regula la planificación, administración y control del agua, estableciendo criterios para la asignación y uso eficiente de los recursos hídricos, con énfasis en la protección de cuencas y acuíferos.

En este contexto, el Código Orgánico Integral Penal (COIP) es otra pieza clave en la protección del agua, ya que incluye una sección específica dedicada a los delitos contra los recursos naturales y el ambiente, donde se abordan los delitos relacionados con el agua y su contaminación. El COIP establece sanciones para acciones que afecten negativamente la calidad y disponibilidad del agua, como la contaminación de fuentes hídricas, el vertido de sustancias tóxicas o peligrosas, y la usurpación ilegal de aguas, entre otros.

La articulación entre la Constitución, la Ley Orgánica de Recursos Hídricos y el Código Orgánico Integral Penal crea un marco legal integral y coherente para la protección y gestión responsable del agua en Ecuador. Esto implica que la vulneración de los principios y normativas establecidos en la LORH y la Constitución relacionados con el agua puede ser sancionada penalmente según lo establecido en el COIP.

Asimismo, esta vinculación fortalece la importancia de la gobernanza del agua y la promoción de la participación ciudadana en la toma de decisiones relacionadas con el recurso hídrico. Además, esta coherencia legal proporciona herramientas para enfrentar los desafíos que enfrenta el país en términos de la protección del agua frente a posibles impactos negativos derivados de actividades humanas, el cambio climático y otros factores ambientales.

A lo largo de este estudio, se examinaron los fundamentos legales que sustentan la política hídrica nacional, destacando la importancia de garantizar el acceso al agua como un derecho humano fundamental para todos los ciudadanos. Asimismo, se evaluará cómo la Ley Orgánica de Recursos Hídricos ha sido diseñada para promover la sostenibilidad y la eficiencia en el uso del agua, reconociendo su valor económico, social y ambiental en el marco de un desarrollo sostenible. Así también las vinculaciones existentes con el Código Integral Penal (COIP)

Con base en el análisis de ambas normativas, se buscó determinar la coherencia de los principios y objetivos establecidos en la Ley de Recursos Hídricos con los mandatos y principios constitucionales, y cómo estos se traducen en la implementación de políticas y programas para una adecuada gestión del agua en el Ecuador. Asimismo, se abordará la relevancia de la participación ciudadana y la inclusión de los pueblos y nacionalidades indígenas en la toma de decisiones relacionadas con el uso y aprovechamiento del agua, como una expresión del respeto a la diversidad y los derechos colectivos establecidos en la Constitución.

En el Art. 3 de la Constitución del Ecuador sobre los deberes primordiales del Estado se vincula con el Art 123 del COIP sobre el ataque a bienes protegidos, que establece una pena privativa de 13 años. El artículo 12 de la Constitución vincula de igual manera a la Ley de Recursos Hídricos en sus artículos 2 y 3 referentes al objeto y ámbito de aplicación. De igual manera se vincula al Art. 15 de la Ley de aguas en cuanto a la creación del Sistema Nacional Estratégico y Autoridad Única del Agua. Otras concordancias con la Ley de Recursos Hídricos se encuentran en los Art. 5, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 27, 47.

Plan de uso y gestión de suelos del Cantón Guayaquil

Respecto al agua el Plan de uso y gestión de suelos del Cantón Guayaquil señala que la competencia de los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial del Cantón de Guayaquil ha sido otorgada al Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal desde 2007. Para este fin, en 2012 se creó la "Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil, EP" (EMAPAG, EP), a través de una ordenanza publicada en la Gaceta Oficial No. 42. El objetivo de esta empresa es asumir el rol de control y regulación de los servicios de agua potable y saneamiento en Guayaquil, de acuerdo con el contrato de concesión establecido.

Se ha realizado una ampliación de la infraestructura del sistema de agua potable, logrando la ejecución completa de todas las obras planificadas para el periodo actual. Actualmente, la cabecera cantonal cuenta con una cobertura de aproximadamente el 97% del servicio de agua potable a través de tuberías. Se espera alcanzar el 100% de cobertura para fines de 2025, dentro del marco del quinquenio de concesión a la empresa Interagua. Se ha dado prioridad a los sectores consolidados tanto dentro de los límites urbanos como en las zonas de expansión urbana.

El complejo "La Toma", situado al norte de Guayaquil, recibe el agua del río Daule a través de cuatro estaciones de bombeo. Estas estaciones transportan el agua cruda a las tres plantas de tratamiento presentes en el complejo Rafael Guerrero Valenzuela La Toma: la Planta Convencional, la Planta Lurgi y la Planta Nueva. Además, el sistema cuenta con cuatro acueductos encargados de distribuir el agua a la ciudad de Guayaquil. Para garantizar el abastecimiento, se han establecido tres reservorios de almacenamiento ubicados en lugares estratégicos: el Cerro Santa Ana, Tres Cerritos en Lomas de Urdesa y la Ciudadela Bellavista.

Respecto al almacenamiento de agua potable, se dispone del Reservorio Aguas Claras con una capacidad de 2.000 m³, el cual se encuentra junto a la Planta de Tratamiento San Juan. Además, existe otro Reservorio Posorja con una capacidad de 1.500 m³, ubicado cerca de la localidad de Posorja. Este último suministra agua a través de tuberías de aducción a la población de Posorja y Data de Posorja. En cuanto a las conexiones domiciliarias, se han realizado las respectivas instalaciones y se han

colocado medidores de registro y control del consumo en cada vivienda. En términos de cobertura del servicio, actualmente se estima que alrededor del 90% de la población se encuentra cubierta por el sistema de agua potable.

Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente

El Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente en su artículo menciona que la calidad de agua debe ser mejorada y esto a partir de las cuencas hidrográficas.

TITULO PRELIMINAR

DE LAS POLITICAS BASICAS AMBIENTALES DEL ECUADOR

Art. 3.- OBJETIVOS DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: Los objetivos estratégicos institucionales son los siguientes:

3. Mantener y mejorar la cantidad y calidad del agua, manejando sustentablemente las cuencas hidrográficas.

Capítulo III

Marco Metodológico

Enfoque de la investigación

Según Hernández – Sampieri et al. (2014) se selecciona un enfoque cuantitativo para este estudio. El enfoque cuantitativo de investigación utiliza herramientas de análisis matemático y estadístico para describir, explicar y predecir fenómenos. Según Creswell (2009) se centra en la recolección y análisis de datos numéricos y cuantificables, y busca establecer relaciones de causa y efecto entre las variables. Según Hernández et al. (2014) el enfoque cuantitativo se caracteriza por la objetividad en la recolección de datos y la aplicación rigurosa de distintas técnicas estadísticas. El enfoque cuantitativo permitirá analizar datos numéricos y realizar cálculos estadísticos para identificar las áreas con mayor demanda de agua.

El enfoque cuantitativo se utilizó en la investigación "Análisis de zonas con alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG)" debido a varias razones que están relacionadas con la naturaleza del problema de investigación y los objetivos planteados:

Medición Objetiva. El enfoque cuantitativo permite obtener mediciones objetivas y precisas de la demanda hídrica en diferentes zonas de la ciudad. Al utilizar datos numéricos y métricas cuantitativas, es posible obtener resultados con mayor nivel de precisión y replicabilidad.

Análisis Espacial. Al utilizar Sistemas de Información Geográfica (SIG), se puede aprovechar la capacidad de análisis espacial de esta herramienta para analizar la distribución geográfica de la demanda hídrica. El enfoque cuantitativo se adapta bien a la representación y manipulación de datos geográficos y permite identificar patrones espaciales y tendencias.

Comparación y Relación de Variables. Mediante métodos cuantitativos, es posible comparar diferentes variables de manera sistemática y establecer relaciones estadísticas entre variables, como la relación entre la demanda hídrica y factores como la densidad poblacional, el uso del suelo, la distancia a fuentes de agua, entre otros.

Toma de Decisiones Basada en Evidencia. Al recopilar datos cuantitativos y realizar análisis estadísticos, se pueden tomar decisiones informadas y basadas en evidencia. Los resultados cuantitativos proporcionan una base sólida para desarrollar estrategias y políticas de gestión de recursos hídricos en la ciudad de Guayaquil.

Replicabilidad y Generalización. El enfoque cuantitativo permite que otros investigadores repliquen el estudio utilizando los mismos métodos y herramientas para validar los resultados. Además, los hallazgos cuantitativos pueden tener aplicaciones más amplias y generalizables en otros contextos similares.

Rigor Metodológico. La utilización de enfoques cuantitativos suele estar acompañada de un rigor metodológico más estricto en términos de diseño de la investigación, selección de muestras, recolección y análisis de datos. Esto contribuye a la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos.

En resumen, el enfoque cuantitativo se eligió para esta investigación porque permite abordar de manera sistemática y precisa el análisis de zonas con alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil, aprovechando las capacidades de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y proporcionando resultados objetivos y basados en evidencia para la toma de decisiones en la gestión de recursos hídricos.

Alcance de la investigación

Según Bernal (2010) el alcance de la investigación se refiere a la extensión o rango de un proyecto de investigación, incluidos sus objetivos, métodos y resultados. El alcance de la investigación se refiere al nivel de profundidad y detalle con el que se abordará el tema de estudio (Hernández et al., 2014). Según Creswell (2009) los alcances más comunes son exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo.

En un alcance exploratorio, se busca explorar y familiarizarse con un tema o fenómeno poco conocido o estudiado. El objetivo principal es obtener una comprensión inicial y generar hipótesis o ideas para futuras investigaciones. Según Hernández et al. (2014) se utilizan métodos como la revisión bibliográfica, entrevistas exploratorias y observaciones preliminares.

En un alcance descriptivo, se busca describir y caracterizar detalladamente un fenómeno o situación específica. El objetivo es proporcionar una imagen clara y precisa de los elementos, características y variables involucrados en el tema de estudio. Según Hernández et al. (2014) se utilizan métodos como la recopilación de datos, encuestas, observación directa y análisis estadístico descriptivo. En el contexto de los resultados de búsqueda proporcionados, el alcance de la investigación está relacionado con la indagación de competencias de investigación de manera descriptiva, sin la intención de buscar relaciones entre variables. El alcance de la investigación puede ser determinado por la pregunta de investigación, el diseño de investigación y la metodología de investigación (Creswell, 2009).

En un alcance correlacional, se busca determinar la relación entre dos o más variables. El objetivo es identificar la existencia y la fuerza de la relación entre las variables, sin establecer una relación causal (Creswell, 2009). Según Hernández et al. (2014) se utilizan métodos estadísticos para analizar la correlación entre las variables y se utilizan técnicas como el coeficiente de correlación.

En un alcance explicativo, se busca identificar y explicar las relaciones causales entre variables. El objetivo es comprender las causas y efectos de un fenómeno o situación particular. Según Hernández et al. (2014) se utilizan métodos que permiten establecer relaciones de causa y efecto, como estudios experimentales o análisis de regresión. De acuerdo a Bernal (2010) es importante definir el alcance de la investigación al comienzo de un proyecto de investigación para garantizar que la investigación esté enfocada y sea factible dentro de los recursos y el tiempo disponibles.

En el caso de este estudio sobre zonas con alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil, el enfoque es descriptivo, ya que implica recopilar datos sobre el consumo de agua en diferentes sectores y describir las características socioeconómicas y ambientales de estas zonas. El objetivo es obtener una imagen clara y detallada de las áreas con alta demanda hídrica, identificando patrones y tendencias en el uso del agua en función de los diferentes sectores y factores socioeconómicos y ambientales.

Esta investigación descriptiva busca responder a preguntas como: ¿Cuáles son las áreas con mayor consumo de agua en la ciudad de Guayaquil? ¿Qué sectores (residencial, comercial, industrial, público) contribuyen más a la demanda hídrica en estas áreas? ¿Cuáles son las características socioeconómicas de las zonas con alta demanda hídrica? ¿Cuál es el impacto ambiental asociado a estas áreas?

Se busca caracterizar y analizar las zonas con alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil. Se recopilarán datos sobre el consumo de agua en diferentes sectores (residencial, comercial, industrial, público) y se describirán las características socioeconómicas y ambientales de estas zonas. Además, se examinarán los patrones espaciales de la demanda hídrica y se identificarán las áreas con mayor necesidad de intervención y gestión del agua.

El enfoque descriptivo es apropiado en este caso, ya que se busca obtener un panorama completo y detallado de las zonas con alta demanda hídrica en Guayaquil. A través de la recopilación y análisis de datos, se busca proporcionar una descripción precisa de las características y patrones relacionados con el uso del agua en estas áreas. Esta información será fundamental para comprender mejor las necesidades y desafíos en la gestión del agua, así como para identificar áreas prioritarias que requieren intervención y medidas de gestión del agua más efectivas.

Técnica e instrumentos para obtener los datos

Para obtener los datos necesarios, se utilizarán múltiples técnicas e instrumentos de recopilación de datos, que pueden incluir:

- a) Análisis de datos existentes: Se recopilarán y analizarán datos secundarios de fuentes confiables, como informes gubernamentales, estudios previos, registros de consumo de agua, datos demográficos y económicos, y datos espaciales disponibles.
- b) Encuestas: Se realizarán encuestas a los usuarios de agua en las áreas seleccionadas para obtener información sobre sus patrones de consumo, comportamientos y percepciones sobre el agua. Las encuestas pueden ser administradas en forma impresa o en línea.
- c) Observación directa y mapeo: Se realizará una observación directa en el campo para recopilar información sobre el uso del agua, las infraestructuras existentes y

las características físicas de las zonas con alta demanda hídrica. Se utilizarán dispositivos de geolocalización y herramientas de mapeo geoespacial para registrar y visualizar los datos recopilados en forma de mapas temáticos.

- d) Análisis espacial y estadístico: Se utilizarán técnicas de análisis espacial y estadístico en un software de SIG para analizar y visualizar los datos recopilados. Esto incluirá la superposición de capas de datos para identificar áreas con alta demanda hídrica, realizar análisis de proximidad y patrones espaciales, y generar estadísticas descriptivas. Para el propósito se utilizará ArcGIS, desarrollado por Esri, el cual es una suite completa de software de SIG que ofrece una amplia gama de herramientas para la captura, gestión, análisis y visualización de datos geoespaciales. ArcGIS cuenta con módulos específicos para análisis hidrológico y modelado de cuencas, lo que lo convierte en una opción muy adecuada para el análisis de zonas con alta demanda hídrica.

Población y muestra

Según Hernández – Sampieri et al. (2014) la población se refiere al conjunto total de elementos que son relevantes para el estudio. En este caso, la población estaría compuesta por todas las áreas geográficas dentro de la ciudad de Guayaquil que presentan una demanda hídrica significativa. La determinación de la población es importante, ya que debe ser precisa y ajustarse al objeto de estudio. De manera específica en este estudio hay que tomar en cuenta varios criterios para la selección de las distintas muestras, en vista de los diferentes métodos de recolección y análisis de datos.

En primer lugar, el levantamiento de datos utilizados para el análisis mediante SIG, la población se limita a las zonas específicas en la ciudad de Guayaquil, las cuales se estratificaron geográficamente por parroquias y macrosectores, identificando las zonas con alta demanda hídrica. En segunda instancia se levantó una encuesta a usuarios de la ciudad de Guayaquil, para lo cual se realizó una encuesta con la finalidad de determinar su percepción respecto al suministro y calidad del agua en la ciudad.

Es importante tener en cuenta que la población seleccionada fue representativa y reflejó adecuadamente las características y la variabilidad de las zonas con alta demanda hídrica en la ciudad. En cuanto a la encuesta, se aplicó un

muestreo por conveniencia que permitió recopilar datos de una muestra adecuada de áreas dentro de la población (Creswell, 2009). Según (Hernández – Sampieri et al., 2014) el muestreo es una técnica que selecciona un subconjunto de elementos de la población para realizar el análisis, y es esencial para reducir costos y tiempos en investigaciones que involucran poblaciones grandes y dispersas geográficamente.

Dado que el tema de investigación implica el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el análisis, el muestreo se realizó de manera espacialmente estratificada. Esto significa dividir la población en áreas geográficas más pequeñas y luego seleccionar una muestra representativa de estas áreas para el análisis de la demanda hídrica. El muestreo espacialmente estratificado aseguró que se incluyan en la muestra áreas representativas de diferentes características de demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil, lo que permitió obtener resultados más precisos y generalizables al conjunto de la población estudiada.

Para el desarrollo de la investigación se aplicó un muestreo estratificado, técnica que implica dividir la población en subgrupos homogéneos llamados estratos y luego seleccionar una muestra aleatoria de cada estrato (Lind, Marchal., & Wathen, 2012). Es útil cuando hay subpoblaciones que varían significativamente entre sí, lo que permite obtener estimaciones más precisas para cada grupo. Para este caso se estratificó la muestra por uso de suelo en residencial, comercial e industrial. Se subclasificó también el uso de agua para piletas, las cuentas exoneradas y oficiales. Finalmente, se estratificó el consumo de agua por uso de suelo residencial según cada parroquia.

El informe titulado "Ajuste y Revisión del Plan Maestro Agua Potable; Alcantarillado Sanitario y Alcantarillado Pluvial" elaborado por INTERAGUA, será una fuente fundamental de información para el estudio. Dicho informe, preparado por la entidad especializada en suministro y gestión del agua en la ciudad, proporcionó datos y análisis relevantes relacionados con la infraestructura de agua potable, alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial en Guayaquil.

Dado que el objetivo del estudio es analizar las áreas con alta demanda hídrica, este informe fue esencial para identificar las zonas y sectores donde se proporcionan los servicios de abastecimiento y saneamiento. En el informe, se describe información sobre el consumo y distribución de agua potable en diferentes áreas de la ciudad, así

como datos sobre la cobertura y capacidad del alcantarillado sanitario y pluvial. Además, se incluyen proyecciones de la demanda de agua potable y evaluaciones de la infraestructura actual en función del crecimiento urbano y las necesidades futuras.

La incorporación de datos específicos del informe de INTERAGUA garantizó la validez y confiabilidad de los hallazgos y permitió ofrecer una perspectiva sólida y fundamentada sobre la demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil. En cuanto a la encuesta fue importante utilizar técnicas estadísticas apropiadas para calcular el tamaño de muestra necesario y garantizar que los resultados sean confiables y representativos de la población de interés.

En cuanto a la encuesta, el muestreo realizado fue por conveniencia. El muestreo por conveniencia se eligió debido a la naturaleza del estudio y la disponibilidad de recursos y acceso a la información. El muestreo por conveniencia es apropiado cuando el objetivo es obtener datos de manera eficiente y práctica, especialmente en investigaciones exploratorias o descriptivas (Bernal, 2010).

El tamaño de muestra de 143 encuestados fue determinado en función de consideraciones prácticas, como el tiempo y los recursos disponibles para llevar a cabo el estudio, así como la factibilidad de obtener datos de calidad en un periodo razonable. El tamaño muestral corresponde a un intervalo de confianza del 95% y un margen de error del 8,20%. Para la determinación de la muestra se aplicó la fórmula para poblaciones infinitas, tomando en cuenta que Guayaquil tiene una población de 2'698.077 habitantes (INEC, 2021).

$$n = \frac{Z^2 P \cdot Q}{e^2}$$

$$n = \frac{1,96^2 0,5 \cdot 0,5}{8,20^2}$$

n= 143 encuestados.

En conclusión, la elección del muestreo por conveniencia y el tamaño de muestra de 143 encuestados, junto con el enfoque espacialmente estratificado y la integración del informe de INTERAGUA, demuestran una aproximación práctica y rigurosa para abordar la investigación sobre zonas con alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estas

decisiones metodológicas permiten obtener resultados relevantes y confiables dentro de las limitaciones y objetivos de la investigación.

Proceso metodológico

El proceso metodológico para realizar un mapeo mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) implica varias etapas que permiten capturar, analizar y visualizar información geoespacial de manera efectiva. Los pasos generales involucrados en el proceso son los siguientes:

1. Definición del Objetivo

El objetivo de este trabajo fue analizar la demanda hídrica en Guayaquil para comprender patrones de consumo y relaciones espaciales. Se busca identificar áreas con mayores necesidades de suministro de agua y áreas de posible escasez.

2. Recolección de Datos

Se obtuvo información secundaria de INTERAGUA, como datos de consumo de agua, infraestructura de distribución y características geográficas. También se recopilaron los resultados de encuestas a los usuarios, que pueden proporcionar información sobre patrones de uso y hábitos de consumo.

3. Preparación de Datos

Los datos de INTERAGUA y los resultados de las encuestas se organizan y transforman para que sean compatibles con el software SIG. Se asegura que la información esté georreferenciada y tenga atributos claros y consistentes.

4. Creación de Capas Temáticas

Se generaron capas temáticas que representan información clave, como la infraestructura de distribución, áreas de uso residencial, comercial e industrial, y los datos de consumo por zonas.

5. Georreferenciación

Se aseguró que los datos estén georreferenciados adecuadamente, asignando coordenadas geográficas precisas a los elementos y áreas correspondientes.

6. Análisis Espacial

Utilizando la herramienta Arcgis, se realizó un análisis espacial de las capas generadas y los datos de consumo. Se pueden identificar áreas con altos niveles de consumo y patrones de concentración de demanda.

7. Integración de Datos

Se combinaron los datos de INTERAGUA con los resultados de las encuestas para enriquecer el análisis.

8. Diseño de Mapa

Se diseñaron mapas para destacar las zonas de alta demanda hídrica en Guayaquil. Se seleccionaron símbolos y colores adecuados para comunicar claramente la información.

9. Validación y Verificación

Se verificó la precisión de los datos y el análisis. Esto incluyó la comparación de los resultados del análisis con los datos históricos de consumo y la validación de la coherencia entre los datos de INTERAGUA y los resultados de las encuestas.

Este proceso metodológico, adaptado al tema y los datos mencionados, permite analizar de manera efectiva las zonas con alta demanda hídrica en Guayaquil utilizando sistemas de información geográfica, combinando información de la empresa de suministro de agua y resultados de encuestas para obtener una visión integral de los patrones de consumo y las áreas críticas de abastecimiento.

Capítulo IV

Propuesta

El capítulo representa un importante apartado que tiene como objetivo presentar los resultados y análisis derivados de la investigación realizada, en estrecha concordancia con el marco metodológico establecido y los objetivos previamente definidos. Además, se diseñó una propuesta de solución para abordar la problemática identificada.

Durante el desarrollo del trabajo, se ha realizado un exhaustivo análisis de las zonas con alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil, empleando para ello la potente herramienta de Sistemas de Información Geográfica (SIG), específicamente ARCGIS. Mediante esta plataforma, se han proyectado las futuras demandas hídricas hasta el año 2041, revelando un significativo incremento en la demanda de agua para el futuro.

Los resultados obtenidos han permitido identificar de manera precisa y detallada la demanda hídrica, lo que constituye un aporte valioso para la comprensión de la distribución espacial de los requerimientos de agua en la ciudad de Guayaquil. Esta información resulta relevante para la toma de decisiones en cuanto a la planificación y gestión sostenible de los recursos hídricos. En virtud de los hallazgos obtenidos, se ha reconocido la necesidad de plantear una propuesta que permita abordar y resolver el creciente problema de la demanda hídrica en la ciudad.

El capítulo constituye, por tanto, un aporte significativo en la investigación, al ofrecer un análisis detallado de la demanda hídrica y proponer soluciones viables y pertinentes para asegurar el suministro y uso sostenible del agua en la ciudad de Guayaquil. Los resultados y propuestas presentadas sean de utilidad para futuras investigaciones en el ámbito de los recursos hídricos, y contribuyan a la adopción de políticas y acciones que garanticen el acceso y uso adecuado del agua, un recurso vital para el desarrollo y bienestar de la población.

Presentación y análisis de resultados

Los resultados se han estructurado cuidadosamente según los instrumentos y herramientas utilizadas en la investigación, lo que permite una comprensión más clara y precisa de los datos obtenidos. Con el fin de facilitar la interpretación, se han empleado distintos recursos visuales, tales como tablas, gráficos, esquemas y otros elementos pertinentes, que contribuyen a visualizar de manera más efectiva los patrones y tendencias identificadas.

Cabe destacar que, la presentación de los resultados, este capítulo se complementó con en el análisis profundo y detallado que realiza el investigador de cada hallazgo. A través de este análisis, se busca dar sentido e interpretación a los datos obtenidos, identificando relaciones causales, explicando posibles fenómenos y evaluando su significancia en relación con los objetivos de la investigación. El análisis crítico y reflexivo de cada resultado es un aspecto esencial en la interpretación de los datos, ya que permite extraer conclusiones fundamentadas y respaldadas por la evidencia empírica recopilada. De esta manera, se garantiza la solidez y fiabilidad de las conclusiones generadas a partir de los resultados obtenidos.

Para entender el análisis a continuación es necesario entender que la ciudad de Guayaquil está dividida en Zona Norte, Centro y Sur y cada zona, a su vez, se encuentra sub clasificada por territorios. Fernández y Molestina (2016) presentan la nomenclatura de cada subestructura:

SGU (Sur Guasmo)

SRO (Sur alimentado del Reservoirio Oeste)

S72 (Sur alimentado del acueducto de 1800mm)

CTC (Centro alimentado del Reservoirio Tres Cerritos)

CRO (Centro alimentado del Reservoirio Oeste)

CTP (Centro Portete alimentado del Reservoirio Tres Cerritos)

CSA (Centro alimentado del Reservoirio Santa Ana)

N50 (Norte alimentado del acueducto de 1250mm)

N72 (Norte alimentado del acueducto de 1800mm)

N42 (Norte alimentado del acueducto de 1050mm)

NRO (Norte alimentado del Reservoirio Oeste)

NTC (Norte alimentado del Reservoirio Tres Cerritos)

N80 (Norte alimentado del acueducto de 2000mm).

Tabla 2.

Conexiones y Consumo Medio Residencial por Sector de Macromedición agrupado y Zona de Planificación Urbana A (sur)

Sector de Macromedición Agrupado	Conexiones Residenciales	Consumo Promedio estimado m ³ /mes	% conexiones por sector	% consumo por sector	Indicador
S72 (Sur alimentado del acueducto de 1800mm)	52.432	17,3	50,0%	32,3%	0,03
SGU (Sur Guasmo)	35.135	16,3	33,5%	30,4%	0,05
SRO (Sur alimentado del Reservorio Oeste)	17.333	20	16,5%	37,3%	0,12
TOTAL, Zona Planificación Urbana (ZPU) "A"	104.900	53,6	100,0%	100,0%	

Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P (2023)

Del análisis de la tabla de consumo de agua en diferentes zonas agrupadas, se pueden inferir varias conclusiones:

Variabilidad en el consumo

Se observa que cada zona agrupada tiene una cantidad diferente de conexiones residenciales y, por lo tanto, un consumo de agua distinto. Por ejemplo, la zona agrupada SRO (Sur alimentado del Reservorio Oeste) tiene la menor cantidad de conexiones residenciales (17,333), mientras que SGU (Sur Guasmo) tiene más conexiones residenciales (35,135) y el mayor consumo promedio estimado (16.3 m³/mes). Las zonas con mayor densidad poblacional tienden a tener más conexiones residenciales y, por ende, un mayor consumo total de agua, lo cual podría explicar la diferencia en la cantidad de conexiones residenciales y el consumo promedio.

Así también, las características demográficas de las zonas, como la cantidad de hogares por conexión y el tamaño promedio de las familias, pueden influir en el consumo promedio estimado, esto podría aumentar el consumo promedio. Finalmente, las zonas con actividades económicas comerciales pueden tener una mayor demanda hídrica debido a la necesidad de agua para procesos productivos y

servicios. A pesar de que el uso de suelo puede ser considerado como residencial, existen varios hogares que tienen comercios como tiendas, lavanderías, restaurantes, entre otros, lo que podría elevar su consumo promedio.

Diferencias en el consumo promedio

Las zonas agrupadas también presentan variaciones en el consumo promedio estimado de agua por conexión residencial. La zona agrupada SRO (Sur alimentado del Reservorio Oeste) muestra el consumo promedio más alto (20.0 m³/mes), mientras que SGU (Sur Guasmo) tiene el segundo consumo promedio más alto (16.3 m³/mes). S72 (Sur alimentado del acueducto de 1800mm) tiene el consumo promedio más bajo (17.3 m³/mes).

Demanda total de agua

El total general para todas las zonas agrupadas bajo la denominación "TOTAL ZPU A" indica que hay un total de 104,900 conexiones residenciales y un consumo total estimado de 53,6 m³/mes. Las dos últimas columnas de la tabla muestran el porcentaje de conexiones residenciales y el porcentaje de consumo de agua para cada sector de macromedición agrupado en relación al total de la Zona de Planificación Urbana (ZPU) "A". Estos porcentajes indican la proporción de conexiones y consumo que cada sector contribuye al panorama general de la ZPU "A". Por ejemplo, el sector S72 tiene el 50,0% de todas las conexiones y representa el 32,3% del consumo total estimado en la ZPU "A".

Tabla 3.*Conexiones y Consumo Medio Residencial por Sector de Macromedición agrupado y Zona de Planificación Urbana B (OESTE)*

Sector de Macromedición Agrupado	Conexiones Residenciales	Consumo Promedio estimado m ³ /mes	% conexiones por sector	% consumo por sector	Indicador
CRO (Centro alimentado del Reservoirio Oeste)	13.326	23,1	21,0%	32,2%	0,17
CTC (Centro alimentado del Reservoirio Tres Cerritos)	5.226	27,9	8,2%	38,9%	0,53
CTP (Centro Portete alimentado del Reservoirio Tres Cerritos)	44.993	20,8	70,8%	29,0%	0,05
TOTAL ZPU "B"	63.545	71,8	100,0%	100,0%	

Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P (2023)

Del análisis de la tabla de consumo de agua en diferentes sectores de macromedición, se pueden inferir las siguientes conclusiones:

Consumo promedio más alto

El sector de macromedición CTC (Centro alimentado del Reservoirio Tres Cerritos) tiene el mayor consumo promedio estimado de agua por conexión residencial, con un valor de 27.9 m³/mes, que representa el 38,9%. Esto indica que los usuarios en esta zona consumen una cantidad significativamente mayor de agua en promedio en comparación con las otras áreas.

Variabilidad en el consumo

Los sectores de macromedición presentan diferentes números de conexiones residenciales y, en consecuencia, una variabilidad en el consumo promedio. Por ejemplo, CRO (Centro alimentado del Reservoirio Oeste) tiene la menor cantidad de conexiones residenciales (13,326) pero un consumo promedio relativamente alto

(23.1 m³/mes). Por otro lado, CTP (Centro Portete alimentado del Reservoirio Tres Cerritos) tiene una mayor cantidad de conexiones residenciales (44,993) pero un consumo promedio más bajo (20.8 m³/mes) en comparación con CRO.

Demanda total de agua

El total general para todos los sectores de macromedición agrupados bajo la denominación "TOTAL ZPU B" indica que hay un total de 63,545 conexiones residenciales y un consumo total estimado de 71,8 m³/mes. Esto refleja la demanda total de agua para la población atendida en estos sectores y es útil para evaluar las necesidades generales de suministro de agua. Esto revela cómo se distribuyen las conexiones y el consumo entre los sectores en esta zona. Por ejemplo, el sector CTP tiene el 70,8% de las conexiones, pero representa el 29,0% del consumo total, mientras que el sector CTC tiene solo el 8,2% de conexiones, pero contribuye con el 38,9% del consumo. Esto se puede inferir a la infraestructura de las residencias y el número de habitantes en las edificaciones de la zona.

Tabla 4.

Conexiones y Consumo Medio Residencial por Sector de Macromedición Zona de Planificación Urbana C (CENTRO)

Sector de Macromedición Agrupado	Conexiones Residenciales	Consumo Promedio estimado m ³ /mes	% conexiones por sector	% consumo por sector	Indicador
CSA (Centro alimentado del Reservoirio Santa Ana)	4.224	23,1	19,8%	45,3%	0,55
CTC (Centro alimentado del Reservoirio Tres Cerritos)	17.144	27,9	80,2%	54,7%	0,16
TOTAL ZPU "C"	21.368	51	100,0%	100,0%	

Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturalde, P (2023)

El sector de macromedición CTC (Centro alimentado del Reservoirio Tres Cerritos) tiene el mayor consumo promedio estimado de agua por conexión residencial, con un valor de 27.9 m³/mes. Esto indica que los usuarios en esta zona consumen una cantidad significativamente mayor de agua en promedio en comparación con los otros sectores. La suma de conexiones residenciales en los sectores de macromedición CSA (Centro alimentado del Reservoirio Santa Ana) y CTC (Centro alimentado del Reservoirio Tres Cerritos), agrupados bajo la denominación "TOTAL ZPU C", indica que hay un total de 21,368 conexiones residenciales y un consumo total estimado de 51,0 m³/mes.

Esto refleja la demanda total de agua para la población atendida en estos sectores y es útil para evaluar las necesidades generales de suministro de agua en el área. Aunque ambos sectores, CSA (Centro alimentado del Reservoirio Santa Ana) y CTC (Centro alimentado del Reservoirio Tres Cerritos), tienen un consumo promedio estimado alto, se observa que el sector CTC (Centro alimentado del Reservoirio Tres Cerritos) tiene un consumo aún más alto en comparación con el sector CSA (Centro alimentado del Reservoirio Santa Ana). A pesar de que el sector CSA tiene solo el 19,8% de conexiones, representa el 45,3% del consumo total en la ZPU "C". Por otro lado, el sector CTC, con el 80,2% de conexiones, contribuye con el 54,7% del consumo.

Esto puede deberse a diferentes factores, como el tamaño de los hogares, la densidad de población, la presencia de industrias o actividades comerciales que requieran un mayor uso de agua, entre otros. El análisis de la tabla sugiere que el sector de macromedición CTC (Centro alimentado del Reservoirio Tres Cerritos) podría ser un área de atención para implementar medidas de conservación y promover un uso más eficiente del agua.

Tabla 5.*Conexiones y Consumo Medio Residencial por Sector de Macromedición agrupado y Zona de Planificación Urbana D (NORTE)*

Sector de Macromedición Agrupado	Conexiones Residenciales	Consumo Promedio estimado m ³ /mes	% conexiones por sector	% consumo por sector	Indicador
CTC (Centro alimentado del Reservoirio Tres Cerritos)	644	27,9	0,72%	18,93%	4,33
CTP (Centro Portete alimentado del Reservoirio Tres Cerritos)	3.867	20,8	4,34%	14,11%	0,54
N50 (Norte alimentado del acueducto de 1250mm)	13.038	24,5	14,64%	16,62%	0,19
N72 (Norte alimentado del acueducto de 1800mm)	59.740	19,5	67,09%	13,23%	0,03
NRO (Norte alimentado del Reservoirio Oeste)	6.793	29,1	7,63%	19,74%	0,43
NTC (Norte alimentado del Reservoirio Tres Cerritos)	4.962	25,6	5,57%	17,37%	0,52
TOTAL ZPU "O"	89.044	147,4	100,00%	100,00%	

Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P (2023)

Los diferentes sectores de macromedición presentan consumos promedio estimados de agua que varían considerablemente entre sí. Los sectores con mayor consumo promedio son CTC (Centro alimentado del Reservoirio Tres Cerritos) y NRO (Norte alimentado del Reservoirio Oeste), con valores de 27.9 m³/mes y 29.1 m³/mes, respectivamente, mientras que los sectores con menor consumo promedio es N72 (Norte alimentado del acueducto de 1800mm), con valores de 18.3 m³/mes y 19.5 m³/mes, respectivamente. Los sectores N4Z, N50 (Norte alimentado del acueducto de 1250mm), N72 y NRO tienen una cantidad significativamente mayor de conexiones residenciales en comparación con los sectores CTC y CTP (Centro Portete

alimentado del Reservorio Tres Cerritos). Esto puede indicar una mayor densidad de población o una mayor cantidad de hogares en esos sectores.

La suma de conexiones residenciales en todos los sectores de macromedición agrupados bajo "TOTAL ZPU O" indica que hay un total de 89,044 conexiones residenciales con un consumo promedio estimado de 147,4 m³/mes. Esto representa la demanda total de agua para la población atendida en estos sectores y es útil para evaluar las necesidades generales de suministro de agua en el área. El sector N72 lidera en conexiones con el 67,09%, seguido por N50 con el 14,64%. Aunque el sector CTC solo tiene el 0,72% de conexiones, contribuye significativamente al consumo con un 18,93%. NRO lidera el consumo con un 19,74%. Los sectores N4Z y CTP presentan consumos promedio estimados más bajos. Sin embargo, también es importante considerar que un bajo consumo puede deberse a factores como el tamaño de los hogares o la presencia de actividades comerciales o industriales que requieran un mayor uso de agua.

Tabla 6.

Cuadro resumen de consumo residencial

ZPU	Conexiones Residenciales	Consumo promedio (m ³ /mes)	Consumo total estimado (m ³ /mes)	% conexiones	% consumo
A	104.900	17,4	1.826.434	22,8%	13,9%
B	63.545	21,9	1.389.490	13,8%	17,4%
C	21.368	27	575.892	4,6%	21,5%
D	118.834	20,6	2.452.623	25,8%	16,4%
E	121.925	16,5	2.014.932	26,5%	13,1%
F	30.225	22,2	671.226	6,6%	17,7%
Total	460.797	125,6	8.930.597	100,0%	100,0%

Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P (2023)

La Tabla 6 muestra la cantidad de conexiones residenciales en cada ZPU. Se puede observar que las Zonas D y E tienen la mayor cantidad de conexiones residenciales, con 118,834 y 121,925 respectivamente, lo que indica una mayor densidad poblacional en estas áreas. Por otro lado, las Zonas C y F tienen la menor cantidad de conexiones residenciales, con 21,368 y 30,225 respectivamente, lo que

sugiere una menor densidad poblacional en esas áreas. Las Zonas de Planeamiento Urbano (ZPU) presentan consumos promedio estimados de agua que varían considerablemente entre sí. Las Zonas C y D tienen los consumos promedio más altos, con valores de 27.0 m³/mes y 20.6 m³/mes, respectivamente, mientras que la Zona E tiene el consumo promedio más bajo, con un valor de 16.5 m³/mes.

La tabla también muestra el consumo total estimado de agua en cada ZPU, que es el resultado de multiplicar el número de conexiones residenciales por el consumo promedio por conexión. La Zona D tiene el mayor consumo total estimado, con 2,452,623 m³/mes, seguida de cerca por la Zona E con 2,014,932 m³/mes. Por otro lado, las Zonas F y C tienen los consumos totales estimados más bajos, con 671,226 m³/mes y 575,892 m³/mes respectivamente. La suma de los consumos totales estimados de todas las ZPU, bajo la categoría "Total", muestra que el consumo total estimado para el área urbana es de 8,930,598 m³/mes. Esto es útil para evaluar la demanda total de agua en la ciudad y planificar la disponibilidad y distribución adecuada del recurso hídrico.

El análisis en las dos últimas columnas revela que, aunque la ZPU "C" tiene solo el 4,6% de conexiones, representa el 21,5% del consumo total estimado. Mientras tanto, la ZPU "B" presenta un menor consumo promedio por conexión, pero debido a su tamaño, contribuye con el 17,4% del consumo total. En general, la distribución de conexiones y consumo varía en cada ZPU, destacando la importancia de la eficiencia del consumo y el tamaño de la zona en el cálculo del consumo total.

En resumen, la tabla proporciona información importante sobre el consumo de agua en diferentes Zonas de Planeamiento Urbano, lo que permite identificar áreas con diferentes demandas de agua y la necesidad de adaptar estrategias de gestión del recurso hídrico para garantizar un uso sostenible y eficiente del agua en la ciudad. También destaca la importancia de considerar las diferencias en densidad poblacional y patrones de consumo al desarrollar políticas y programas relacionados con la provisión de agua en la ciudad.

Tabla 7.*Conexiones y Consumo Medio Comercial por Sector de Macromedición Agrupado y Zona de Planificación Urbana A (SUR)*

Sector de Macromedición Agrupado	Conexiones Comerciales	Consumo Promedio estimado m ³ /mes	% conexiones por sector	% consumo por sector	Indicador
S72 (Sur alimentado del acueducto de 1800mm)	1.707	44,1	41,0%	40,0%	2,58
SGU (Sur Guasmo)	1.307	26,6	31,4%	24,1%	2,04
SRO (Sur alimentado del Reservoirio Oeste)	1.154	39,6	27,7%	35,9%	3,43
TOTAL ZPU A	4.168	110,3	100,0%	100,0%	

Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P (2023)

La Tabla 7 presenta información sobre conexiones comerciales y el consumo promedio estimado de agua en diferentes sectores de macromedición agrupados en la Zona de Planificación Urbana (ZPU) "A". El análisis de los datos revela patrones interesantes en términos de conexiones y consumo: En primer lugar, en términos de porcentaje de conexiones comerciales, el sector S72 (Sur alimentado del acueducto de 1800 mm) lidera con un 41,0%, seguido por SRO (Sur alimentado del Reservoirio Oeste) con un 27,7%, y SGU (Sur Guasmo) con un 31,4%.

Esto sugiere que S72 tiene la mayor proporción de conexiones comerciales, lo que podría indicar un mayor desarrollo comercial en esta zona en comparación con las otras. Sin embargo, a pesar de tener la menor proporción de conexiones comerciales, el sector SGU contribuye significativamente al consumo total con un 24,1%. Por otro lado, SRO, que tiene una proporción intermedia de conexiones comerciales, representa un 35,9% del consumo total, lo que podría indicar un mayor consumo promedio en este sector en comparación con los otros dos. Estas diferencias entre porcentajes de conexiones y consumo resaltan la importancia de evaluar tanto la cantidad de conexiones como el consumo promedio para comprender completamente los patrones de uso de agua en cada sector de la ZPU "A".

Resumiendo, el análisis de la Tabla 7, se puede observar cómo las conexiones comerciales y el consumo promedio varían en los diferentes sectores de la ZPU "A". Aunque el sector S72 tiene la mayor proporción de conexiones comerciales, los sectores SGU y SRO tienen un impacto significativo en el consumo total de agua, lo que sugiere diferentes niveles de demanda y uso de agua en cada uno de estos sectores.

Tabla 8.

Conexiones y Consumo Medio Comercial por Sector de Macromedición Agrupado y Zona de Planificación Urbana B (OESTE)

Sector de Macromedición Agrupado	Conexiones Comerciales	Consumo Promedio estimado m ³ /mes	% conexiones por sector	% consumo por sector	Indicador
CRO (Centro alimentado del Reservoirio Oeste)	843	29	25,6%	31,6%	3,44
CTC (Centro alimentado del Reservoirio Tres Cerritos)	660	39,4	20,0%	42,9%	5,97
CTP (Centro Portete alimentado del Reservoirio Tres Cerritos)	1.795	23,5	54,4%	25,6%	1,31
TOTAL ZPU B	3.298	91,9	100,0%	100,0%	

Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P (2023)

La Tabla 8 presenta información sobre conexiones comerciales y el consumo promedio estimado de agua en distintos sectores de macromedición agrupados en la Zona de Planificación Urbana (ZPU) "B". Al analizar los datos, se destacan patrones significativos en términos de conexiones y consumo: En primer lugar, el sector CTP (Centro Portete alimentado del Reservoirio Tres Cerritos) sobresale con un 54,4% de conexiones comerciales y un 25,6% de consumo, lo que sugiere que este sector tiene una concentración particularmente alta de negocios o actividades comerciales en comparación con los otros.

Por otro lado, a pesar de tener el menor porcentaje de conexiones comerciales, el sector CTC (Centro alimentado del Reservoirio Tres Cerritos) contribuye de manera significativa al consumo total con un 42,9%. Esto podría indicar que, a pesar de tener

menos conexiones comerciales, los establecimientos comerciales en este sector tienen un consumo promedio mayor en comparación con los otros sectores. El sector CRO (Centro alimentado del Reservoirio Oeste) tiene una proporción intermedia de conexiones comerciales y un consumo promedio más bajo en comparación con los otros dos sectores. En general, esta distribución entre porcentajes de conexiones y consumo en la ZPU "B" resalta la diversidad en los patrones de uso de agua en cada sector.

En resumen, la Tabla 8 refleja cómo las conexiones comerciales y el consumo promedio varían en los distintos sectores de la ZPU "B". Aunque el sector CTP tiene la mayor proporción de conexiones comerciales, los sectores CTC y CRO tienen un impacto significativo en el consumo total de agua, mostrando cómo diferentes áreas comerciales pueden tener diferentes niveles de demanda y uso de agua en la ZPU "B".

Tabla 9.

Conexiones y Consumo Medio Comercial por Sector de Macromedición Agrupado y Zona de Planificación Urbana C (CENTRO)

Sector de Macromedición Agrupado	Conexiones Comerciales	Consumo Promedio estimado m ³ /mes	% conexiones por sector	% consumo por sector	Indicador
CSA (Centro alimentado del Reservoirio Santa Ana)	5.075	41,3	50,08%	51,18%	0,81
CTC (Centro alimentado del Reservoirio Tres Cerritos)	5.058	39,4	49,92%	48,82%	0,78
TOTAL ZPU "C"	10.133	80,7	100,00%	100,00%	

Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturalde, P. (2023)

La Tabla 9 muestra información sobre conexiones comerciales y el consumo promedio estimado de agua en los sectores de macromedición agrupados en la Zona de Planificación Urbana (ZPU) "C". Al analizar los datos, se destacan patrones interesantes en términos de conexiones y consumo:

En esta ZPU, los sectores CSA (Centro alimentado del Reservoirio Santa Ana) y CTC (Centro alimentado del Reservoirio Tres Cerritos) presentan una distribución bastante equitativa tanto en conexiones como en consumo, con un 50,08% y 49,92% de conexiones y 51,18% y 48,82% de consumo respectivamente. Esta similitud en los porcentajes sugiere que estos dos sectores tienen características comerciales y de consumo relativamente parejas. El alto consumo promedio de ambos sectores (41,3 y 39,4 m³/mes por conexión) podría indicar que hay una concentración de actividades comerciales que utilizan más agua en estas áreas. En conjunto, la ZPU "C" muestra una paridad en términos de porcentajes de conexiones y consumo, resaltando un equilibrio en la distribución de uso de agua en estos dos sectores.

En resumen, la Tabla 9 evidencia cómo las conexiones comerciales y el consumo promedio están distribuidos en los sectores de la ZPU "C". Los sectores CSA y CTC tienen una distribución equitativa de conexiones y consumo, indicando que las características comerciales y de uso de agua son comparables entre ambos. En esta ZPU, la distribución uniforme de conexiones y consumo refleja una distribución equilibrada en los patrones de uso de agua en la ZPU "C".

Tabla 10.

Conexiones y Consumo Medio Comercial por Sector de Macromedición Agrupado y Zona de Planificación Urbana D (NORTE)

Sector de Macromedición Agrupado	Conexiones Comerciales	Consumo Promedio estimado m /mes	% conexiones por sector	% consumo por sector	Indicador
CTC (Centro alimentado del Reservoirio Tres Cerritos)	459	39,4	4,88%	11,33%	8,58
CTP (Centro Portete alimentado del Reservoirio Tres Cerritos)	194	23,5	2,06%	6,76%	12,11
N42 (Norte alimentado del acueducto de 1050mm)	1.775	59,5	18,86%	17,12%	3,35
N72 (Norte alimentado del acueducto de 1800mm)	5.654	45,9	60,08%	13,20%	0,81
NRO (Norte alimentado del Reservoirio Oeste)	236	95,5	2,51%	27,47%	40,47
NTC (Norte alimentado del Reservoirio Tres Cerritos)	1.093	83,8	11,61%	24,11%	7,67
TOTAL ZPU "O"	9.411	347,6	100,00%	100,00%	

Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P. (2023)

La Tabla 10 proporciona información sobre conexiones comerciales y consumo promedio estimado de agua en distintos sectores agrupados en la Zona de Planificación Urbana (ZPU) "O". Un análisis de los datos revela los siguientes patrones: En primer lugar, el sector N72 (Norte alimentado del acueducto de 1800 mm) destaca con la mayor proporción de conexiones comerciales (60,08%) en la ZPU "O", aunque su consumo promedio es moderado (45,9 m³/mes por conexión). Contrariamente, el sector NRO (Norte alimentado del Reservoirio Oeste) muestra el

mayor consumo promedio por conexión (95,5 m³/mes), lo que indica que las conexiones comerciales en este sector utilizan significativamente más agua. Aunque tiene la menor proporción de conexiones comerciales, el sector NTC (Norte alimentado del Reservoirio Tres Cerritos) presenta un alto consumo promedio (83,8 m³/mes por conexión). Por otro lado, los sectores CTC y CTP tienen una menor proporción tanto de conexiones comerciales como de consumo en comparación con los otros sectores.

En resumen, la distribución de conexiones comerciales y el consumo promedio varían en cada sector de la ZPU "O", reflejando diferentes niveles de demanda y patrones de uso de agua. En conclusión, la tabla muestra cómo las conexiones comerciales y el consumo promedio se distribuyen en los sectores de la ZPU "O". Los sectores N72, NRO y NTC exhiben diferentes proporciones de conexiones y consumos comerciales, lo que sugiere una variedad en la demanda y en los patrones de uso de agua en esta ZPU. Estos datos son relevantes para la toma de decisiones y el diseño de estrategias para el uso eficiente y responsable del agua en el área de estudio, especialmente en aquellos sectores con una alta demanda de agua como el NRO.

Tabla 11.*Resumen Conexiones v Consumos Industriales por ZPU*

ZPU	Conexiones Industriales	Consumo promedio (m ³ /mes)	Consumo total estimado (m ³ /mes)	% conexiones	% consumo promedio
A	22	2.113,80	46.505	4,18%	32,37%
B	3	134,4	403	0,57%	2,06%
C	19	550,9	10.467	3,61%	8,44%
D	191	1292,1	246.784	36,31%	19,79%
E	213	1640,1	349.336	40,49%	25,12%
F	78	798	62.246	14,83%	12,22%
Total	526	6.529,30	715.741	100,00%	100,00%

Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturalde, P. (2023)

La Tabla 11 muestra que hay un total de 526 conexiones industriales en todas las Zonas de Protección de Usuarios (ZPU) consideradas. La ZPU E tiene el mayor número de conexiones industriales con 213, seguida de cerca por la ZPU D con 191 conexiones industriales. Por otro lado, las ZPUs B y F tienen el menor número de conexiones industriales con solo 3 y 78, respectivamente. Esto sugiere que las ZPUs E y D son áreas con una mayor actividad industrial en comparación con las demás.

Las ZPUs E y D presentan los consumos promedio más altos en el sector industrial, con 1,640.1 m³/mes y 1,292.1 m³/mes, respectivamente. Estos valores son significativamente más altos en comparación con el consumo promedio en otras ZPUs. Esto indica que las ZPUs E y D son áreas con una alta demanda de agua para fines industriales y que la industria en estas áreas está consumiendo una cantidad considerable de agua.

El consumo total estimado para cada ZPU se calcula multiplicando el número de conexiones industriales por el consumo promedio por conexión. El total para todas las ZPUs es de 715,741 m³/mes. Este valor representa la demanda total de agua en todas las ZPUs para fines industriales. La ZPU E contribuye significativamente al

consumo total estimado debido a su alto número de conexiones industriales y su alto consumo promedio.

Tabla 12.

Consumos Medios por Conexión y Totales por Categoría de Usuarios

Categoría	Cuentas Facturables	Consumo Medio (m ³ /mes / Cx)	Consumo Total (m ³ /mes) 2020	Consumo Total (m ³ /anual) 2020	Tasa Interanual de variación 2020 - 2031	Proyección de consumo mensual a 2031	Proyección de consumo anual a 2031	Tasa Interanual de variación 2031 - 2041	Proyección de consumo anual a 2041
Residencial	460.796	19,4	8.930.598	107.167.176	0,24%	8.952.031		0,25%	
Comercial	33.300	47,3	1.574.850	18.898.200	0,13%	1.576.897	107.424.377	0,13%	107.692.938,17
Industrial	526	1.360,7	715.741	8.588.892	0,00%	1061346	18.922.768	0,00000%	18.947.367,26
Piletas	174	297,1	51.695	620.340	0,68%	52.047	12.736.152	0,68%	14.287.356,00
Bocatomas	8	10.056,4	80.452	965.424	2,74%	82.656	624.558	2,74%	628.805,31
Exonerados	484	250,1	121.043	1.452.516	3,04%	124.723	991.877	3,04%	1.019.054,04
Oficiales	3.226	357,7	1.154.069	13.848.828	1,20%	1.167.918	1.496.672	1,20%	1.542.171,33
Subtotal sin cantones	498.514		12.628.448	151.541.376	7,50%	13.017.618	14.015.014	7,50%	14.183.194,10
Agua en Bloque	3		1.504.204	18.050.448	1,76%	1.530.678	156.211.418	1,76%	158.300.886,20
Total			14.132.652	169.591.824		14.548.296	174.579.554		176.992.301

Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturalde, P. (2023)

Según el “Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial TOMO II, de INTERAGUA, (2022) se pueden inferir las siguientes conclusiones:

1. Consumo promedio y consumo total: El consumo promedio (m³/mes por conexión) y el consumo total estimado para diferentes categorías de usuarios en el año 2020. La categoría residencial tiene el consumo promedio más bajo con 19,4 m³/mes por conexión, mientras que la categoría industrial tiene el consumo promedio más alto con 1.360,7 m³/mes por conexión. El consumo total estimado para todas las categorías de usuarios en 2020 es de 169.591.824 m³/mes. Pese a que el consumo

de agua del sector industrial es mayor, su crecimiento promedio dependerá del incremento en el tiempo del número de industrias. Se puede observar que el crecimiento de las industrias es prácticamente nulo, por lo que en el tiempo el consumo promedio se mantendría, mientras que el consumo promedio del sector residencial y comercial aumentarían.

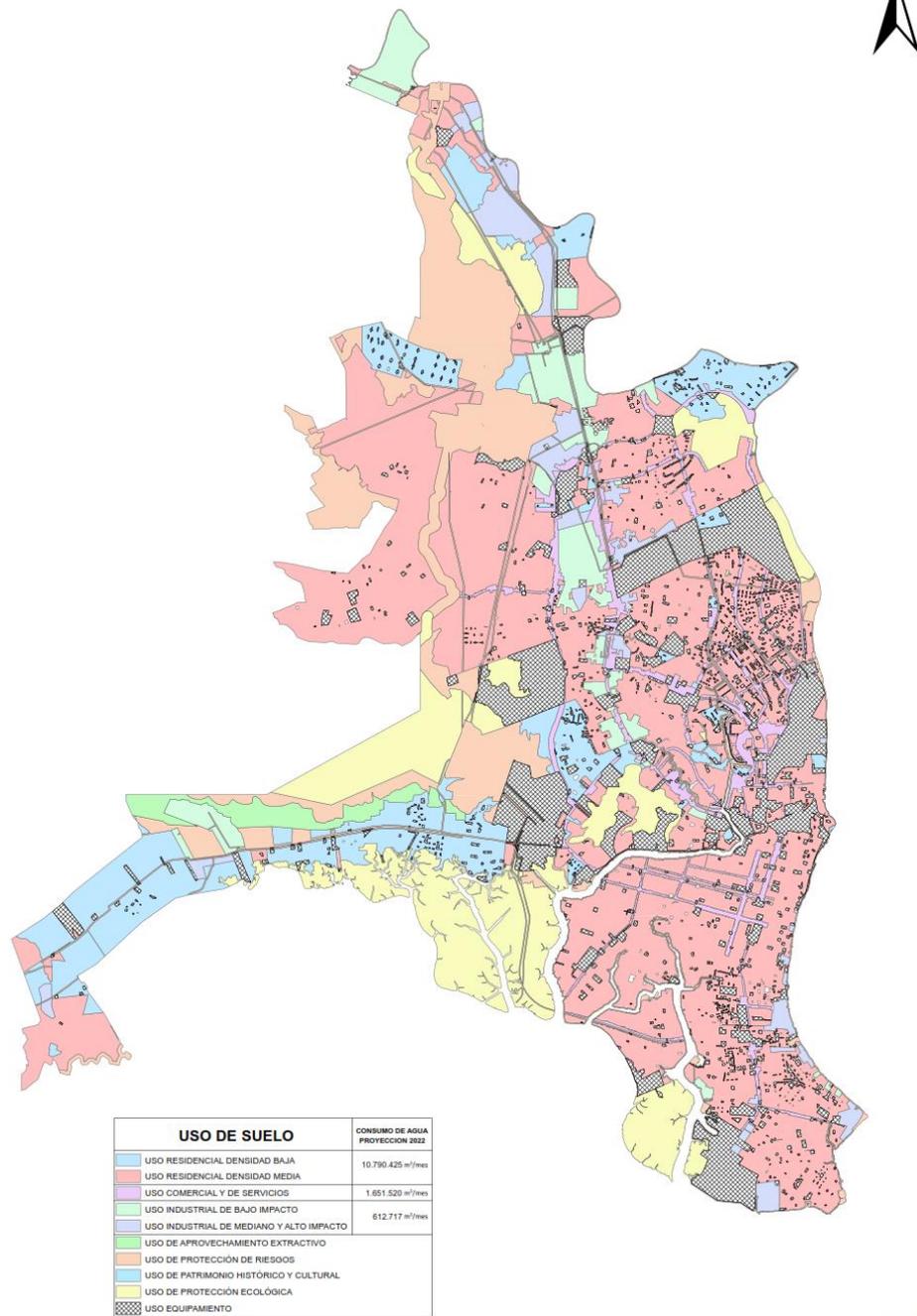
2. Tasa interanual de variación: La tasa interanual de variación para el período 2020-2031 y 2031-2041. La tasa de variación muestra el cambio porcentual en el consumo total estimado de agua entre cada período. Se observa que en general, las tasas de variación son bajas, lo que indica una estabilidad en el consumo de agua a lo largo del tiempo en estas categorías de usuarios.

3. Proyección de consumo a futuro: La proyección del consumo mensual y anual de agua para los años 2031 y 2041. Se proyecta un aumento gradual en el consumo total para todas las categorías de usuarios a lo largo de los años. Es importante destacar que las proyecciones están sujetas a cambios en función de diversos factores como el crecimiento demográfico, cambios en las actividades económicas, políticas de conservación del agua, entre otros.

En resumen, la tabla proporciona información valiosa sobre el consumo de agua en diferentes categorías de usuarios y su proyección a futuro. Estos datos son fundamentales para la planificación y gestión adecuada del recurso hídrico, así como para la implementación de medidas de conservación y uso eficiente del agua en la ciudad o región considerada. Además, las tasas de variación indican la estabilidad general en el consumo de agua en estas categorías de usuarios a lo largo del tiempo, lo que puede ser relevante para la toma de decisiones en políticas públicas relacionadas con el agua.

Figura 1.

Consumo de agua por usos de suelo año 2022



Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturalde, P. (2023)

En la Figura 1 muestra el uso del suelo del consumo de agua en la ciudad de Guayaquil en el año 2022. En ella se puede observar que la proyección del consumo de agua de 10.790.425 metros cúbicos por mes corresponde al uso residencial con densidad baja y densidad media, siendo la de mayor consumo de agua en el año de estudio. El consumo de agua destinado al uso comercial y de servicios llega a 1.651.520 metros cúbicos por mes. Y el consumo de uso industrial de bajo, mediano y alto impacto corresponde a 612.717 metros cúbicos al mes.

Tabla 13.

Proyecciones estratificadas de consumo de agua

Categoría	2020	2031	2041
Residencial	107.167.176	107.424.377	107.692.938,17
Comercial	18.898.200	18.922.768	18.947.367,26
Industrial	8.588.892	12.736.152	14.287.356,00
Piletas	620.340	624.558	628.805,31
Bocatomas	965.424	991.877	1.019.054,04
Exonerados	1.452.516	1.496.672	1.542.171,33
Oficiales	13.848.828	14.015.014	14.183.194,10
Total	169.591.824	170.432.294	171.293.837,28

Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturalde, P. (2023)

La Tabla 13 presenta proyecciones estratificadas del consumo de agua en la ciudad para los años 2020, 2031 y 2041, desglosado por diferentes categorías. A continuación, se explican los datos correspondientes a cada categoría:

1. Residencial: El consumo de agua en la categoría residencial se proyecta de la siguiente manera: para el año 2020, se estima que se consumieron 107.167.176 metros cúbicos de agua, mientras que para el año 2031, la proyección indica un aumento a 107.424.377 metros cúbicos y para el año 2041, se espera un consumo de aproximadamente 107.692.938,17 metros cúbicos.

2. Comercial: En la categoría comercial, se proyecta un consumo de agua de 18.898.200 metros cúbicos en el año 2020, mientras que para el año 2031, se prevé un ligero incremento a 18.922.768 metros cúbicos y para el año 2041, se estima que el consumo alcance los 18.947.367,26 metros cúbicos.

3. Industrial: Para la categoría industrial, la proyección de consumo de agua indica que en el año 2020 se utilizaron 8.588.892 metros cúbicos. Sin embargo, se observa un aumento significativo en el año 2031, alcanzando los 12.736.152 metros cúbicos y una ligera alza en el año 2041, llegando a 14.287.356 metros cúbicos.

4. Piletas: En el caso de las piletas, se proyecta un consumo de 620.340 metros cúbicos de agua en el año 2020, mientras que para el año 2031, se estima un consumo de 624.558 metros cúbicos y para el año 2041, la proyección llega a 628.805,31 metros cúbicos.

5. Bocatomas: Para la categoría de bocatomas, la proyección muestra que se consumieron 965.424 metros cúbicos de agua en el año 2020, aumentando a 991.877 metros cúbicos en el año 2031 y alcanzando los 1.019.054,04 metros cúbicos en el año 2041.

6. Exonerados: En el caso de los usuarios exonerados, se estima un consumo de agua de 1.452.516 metros cúbicos en el año 2020, aumentando a 1.496.672 metros cúbicos en el año 2031 y llegando a 1.542.171,33 metros cúbicos en el año 2041.

7. Oficiales: Para la categoría de usuarios oficiales, se proyecta un consumo de 13.848.828 metros cúbicos de agua en el año 2020, aumentando a 14.015.014 metros cúbicos en el año 2031 y llegando a 14.183.194,10 metros cúbicos en el año 2041.

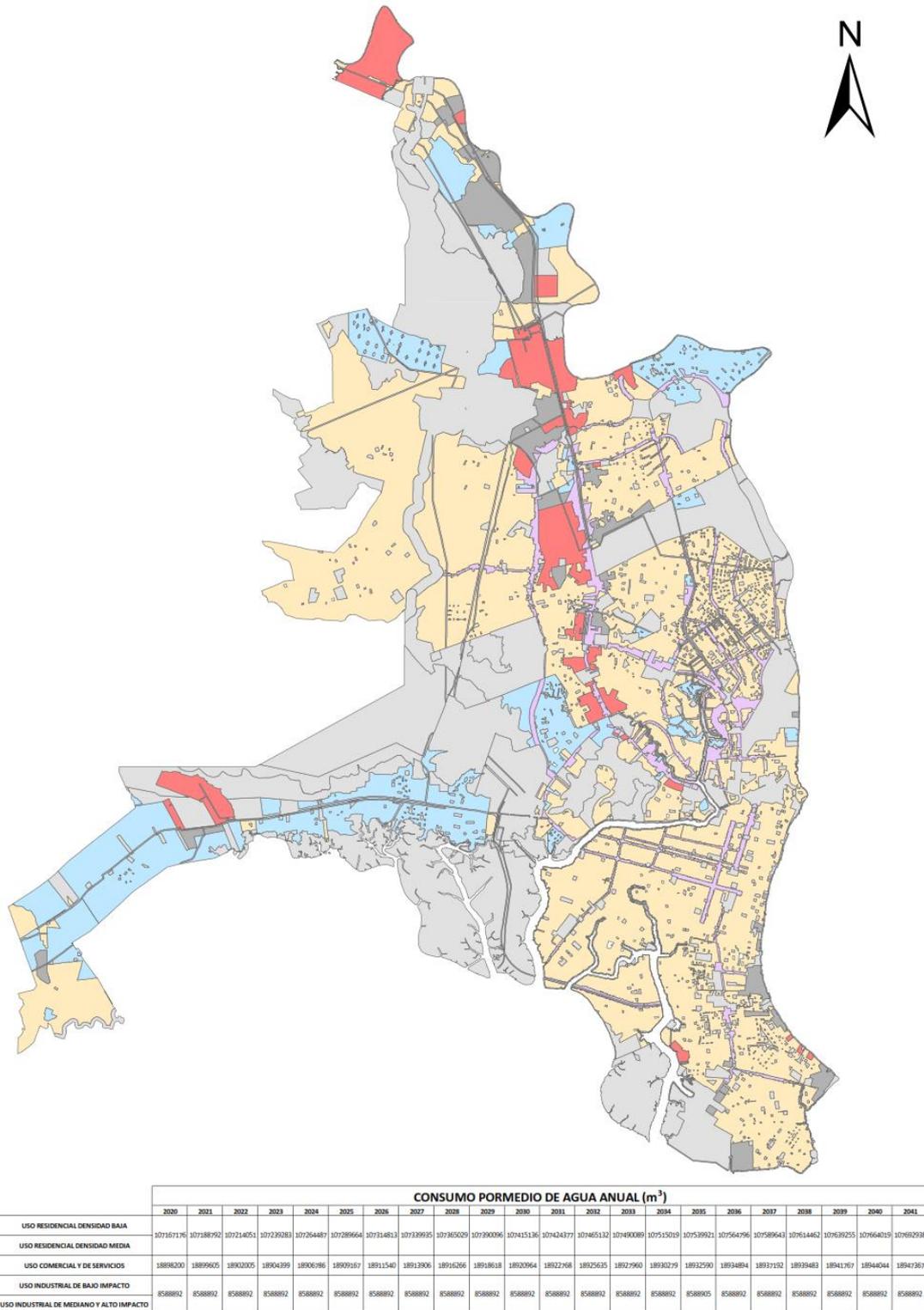
8. Total: La suma total de los consumos proyectados para todas las categorías de usuarios en la ciudad se presenta en la última columna. Para el año 2020, se consumieron 169.591.824 metros cúbicos de agua, y se espera que esta cifra alcance

los 170.432.294 metros cúbicos en el año 2031 y los 171.293.837,28 metros cúbicos en el año 2041.

Estas proyecciones son fundamentales para la planificación y gestión adecuada del recurso hídrico en la ciudad, permitiendo anticipar y preparar medidas para abastecer la creciente demanda de agua de manera sostenible y eficiente en el futuro.

Figura 2.

Consumo de agua por usos de suelo proyección año 2041



Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

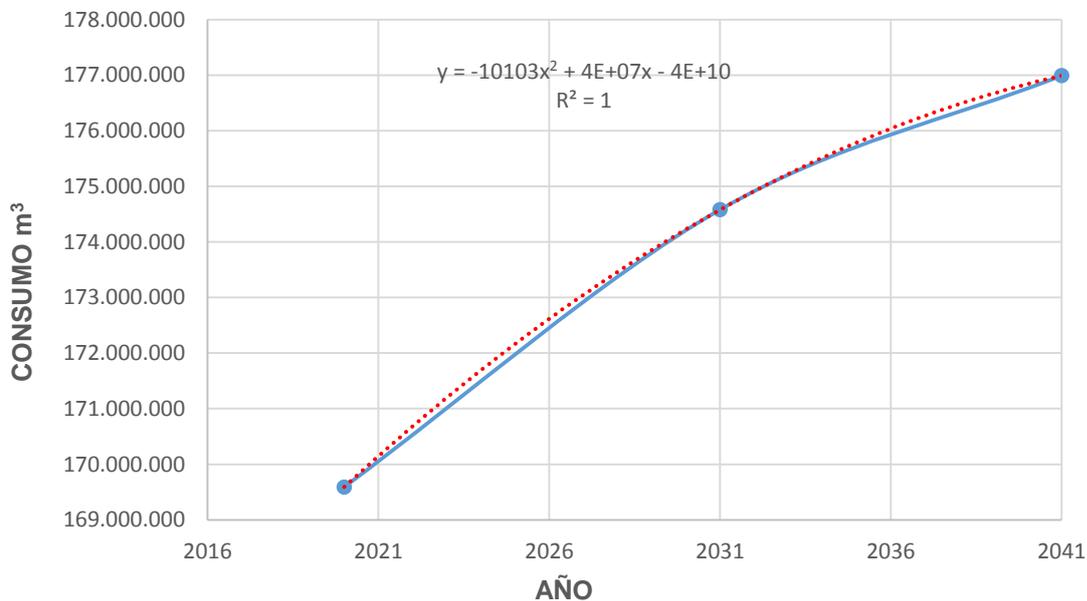
Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturalde, P. (2023)

En la Figura 2 se observa una notable tendencia creciente en cada uno de los distintos usos que se le da al consumo de agua. Dentro de 10 años (2033) el consumo promedio de agua anual de uso residencial con densidad baja y media será de 107.490.089 m³, para su uso comercial y de servicio llegará a 18.927.960 m³, y como uso industrial de bajo, mediano y alto impacto será de 8.588.892 m³. Para el año 2041 el consumo promedio de agua de uso residencial llegará a 107.692.938 m³, y 18.947.367 m³ se destinará al uso industrial.

Figura 3.

Proyección del consumo de agua total en la ciudad Guayaquil hasta el año 2041



Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

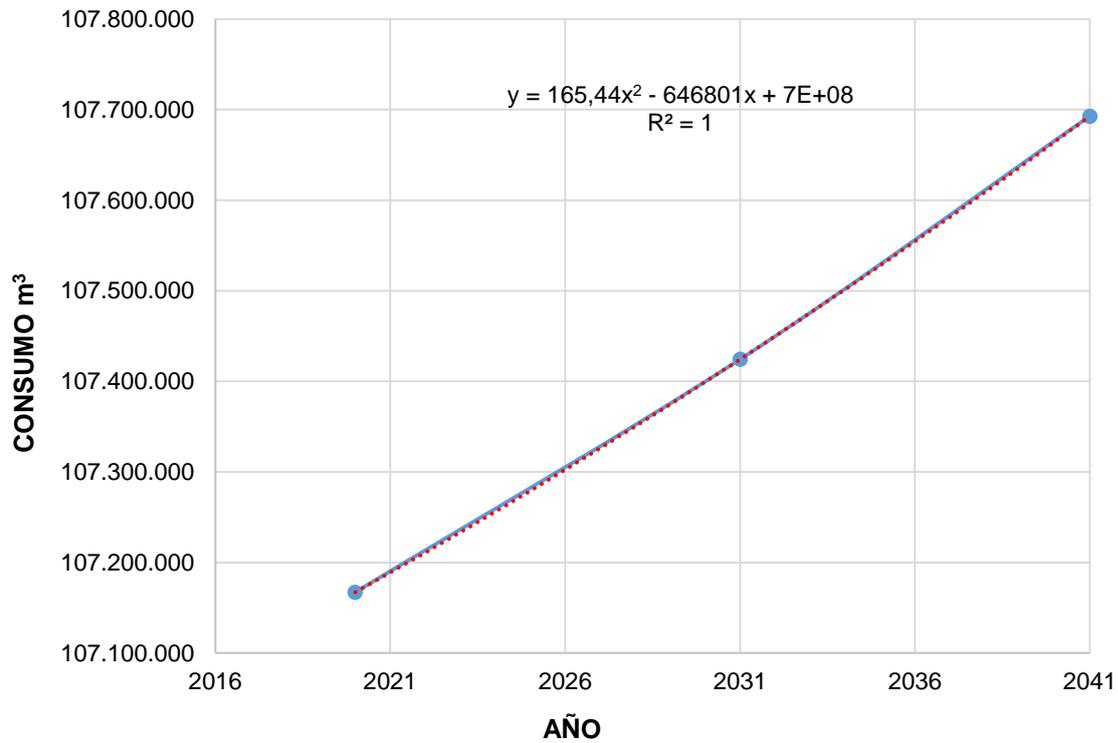
Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturalde, P. (2023)

La Figura 3 es la representación gráfica de la proyección del consumo total de agua en la ciudad de Guayaquil hasta el año 2041. Tal y como se lo había mencionado antes, a medida que pasen los años, el consumo total de agua irá creciendo positivamente (demostrado por la pendiente de la gráfica). Los datos para tomar en cuenta son los de los años 2033 y 2041 que llegan a casi los 175 millones de m³ y 177 millones de m³ de consumo anual correspondientemente.

Figura 4.

Proyección del consumo de agua en el sector residencial hasta el año 2041



Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

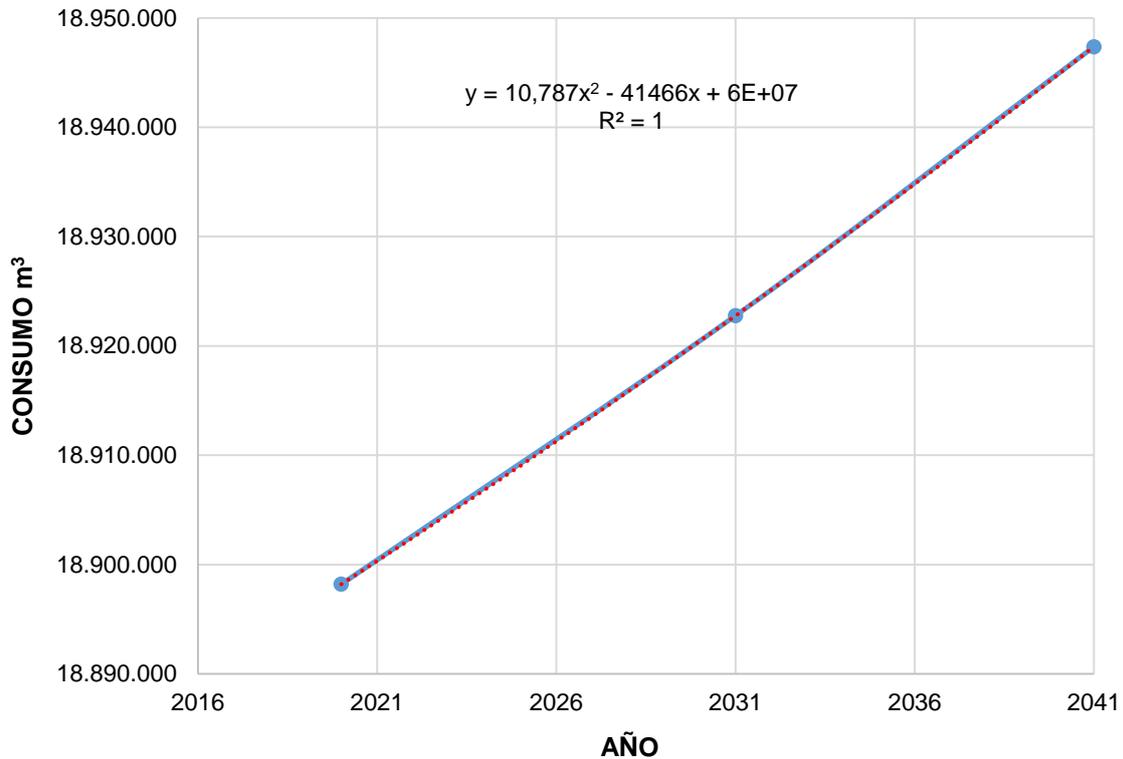
Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P. (2023)

En la Figura 4 muestra la proyección de consumo de agua anual en el sector residencial hasta el año 2041. Como ya lo habíamos analizado en la Figura 2, en diez años el consumo de agua para ese sector sobrepasará los 107.4 millones de m³ y para el año 2041 llegará a casi a los 107.7 millones de m³ de consumo de agua anual. El R² señala un buen ajuste del modelo de regresión.

Figura 5.

Proyección del consumo de agua en el sector comercial hasta el año 2041



Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

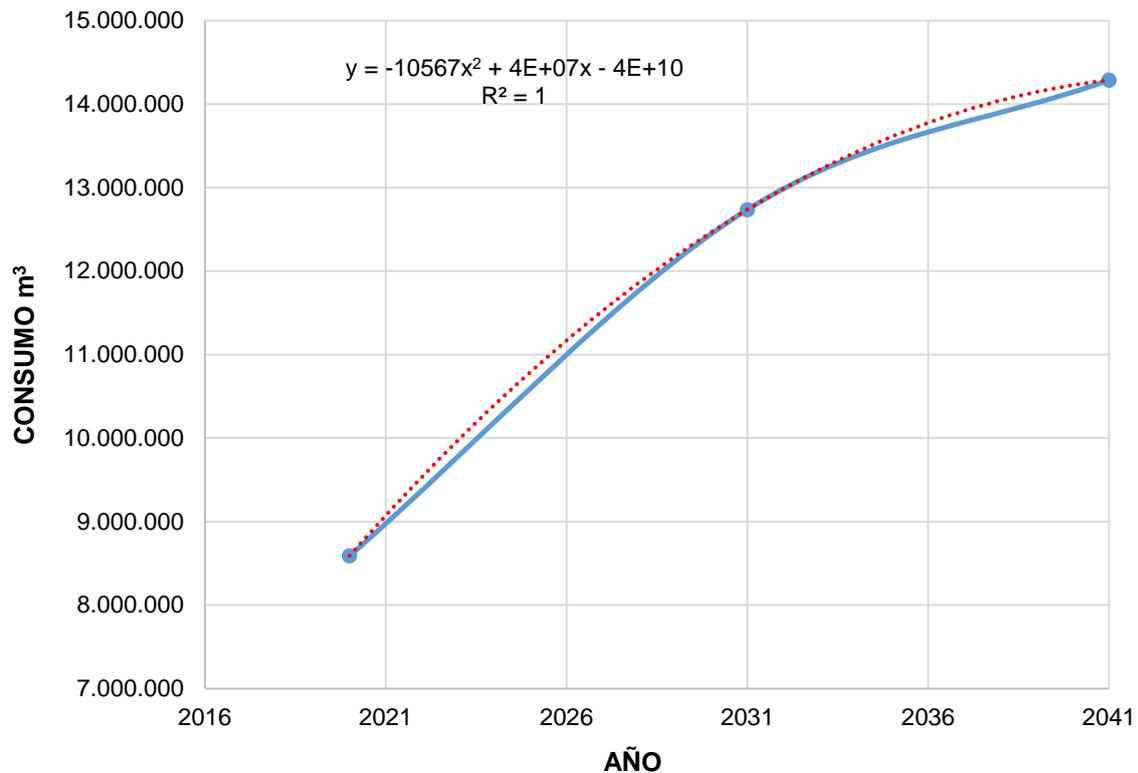
Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P. (2023)

En la Figura 5 se observa que para el año 2031 el consumo de agua anual destinado al uso en el sector comercial y de servicio llegará a poco más de 18.92 millones de metros cúbicos, y en el año 2041 será de casi 18.95 millones de metros cúbicos. Se observa una tendencia positiva en el consumo industrial hasta el 2041, lo cual está acompañado al crecimiento del sector.

Figura 6.

Proyección del consumo de agua en el sector industrial hasta el año 2041



Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

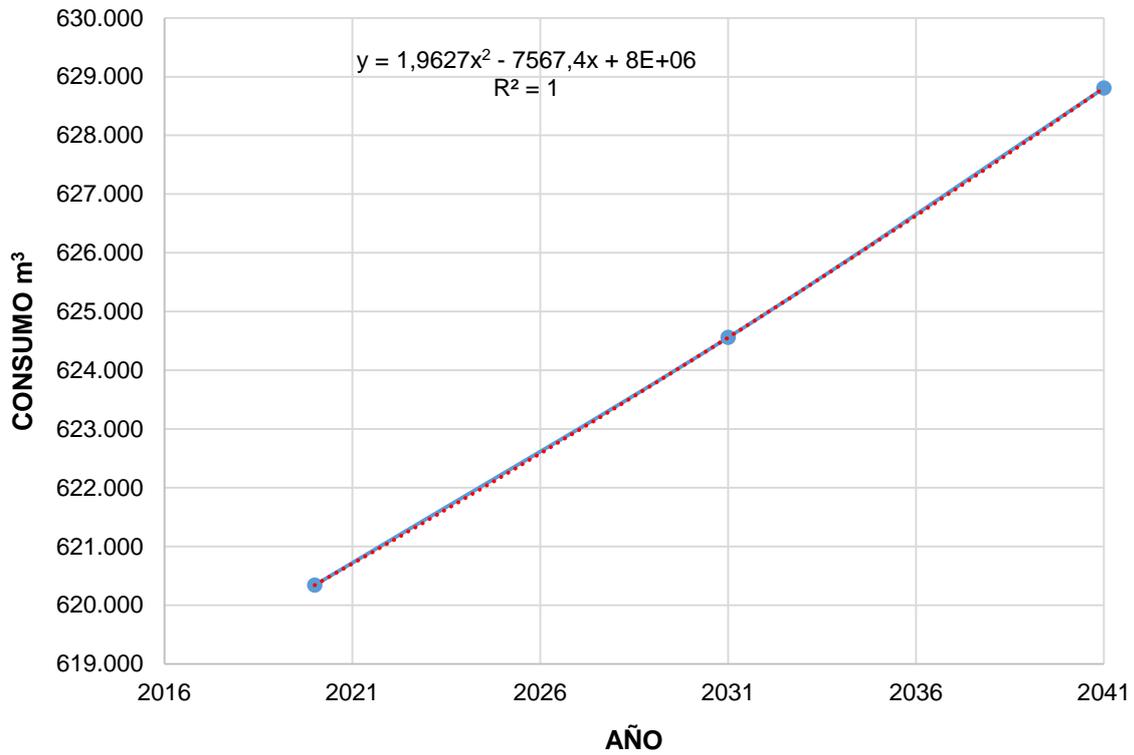
Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P. (2023)

La Figura 6 muestra la proyección de consumo de agua anual en el sector industrial hasta el año 2041 de manera gráfica. La línea de tendencia indica que el crecimiento es prácticamente nulo, si bien el consumo de agua del sector industrial es mayor, se puede concluir que debido a que el sector industrial se desarrolla de manera más lenta que el sector residencial y comercial, la tendencia de crecimiento es menor que los otros dos sectores, lo cual se puede observar en la inclinación de su pendiente.

Figura 7.

Proyección del consumo de agua en piletas hasta el año 2041



Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

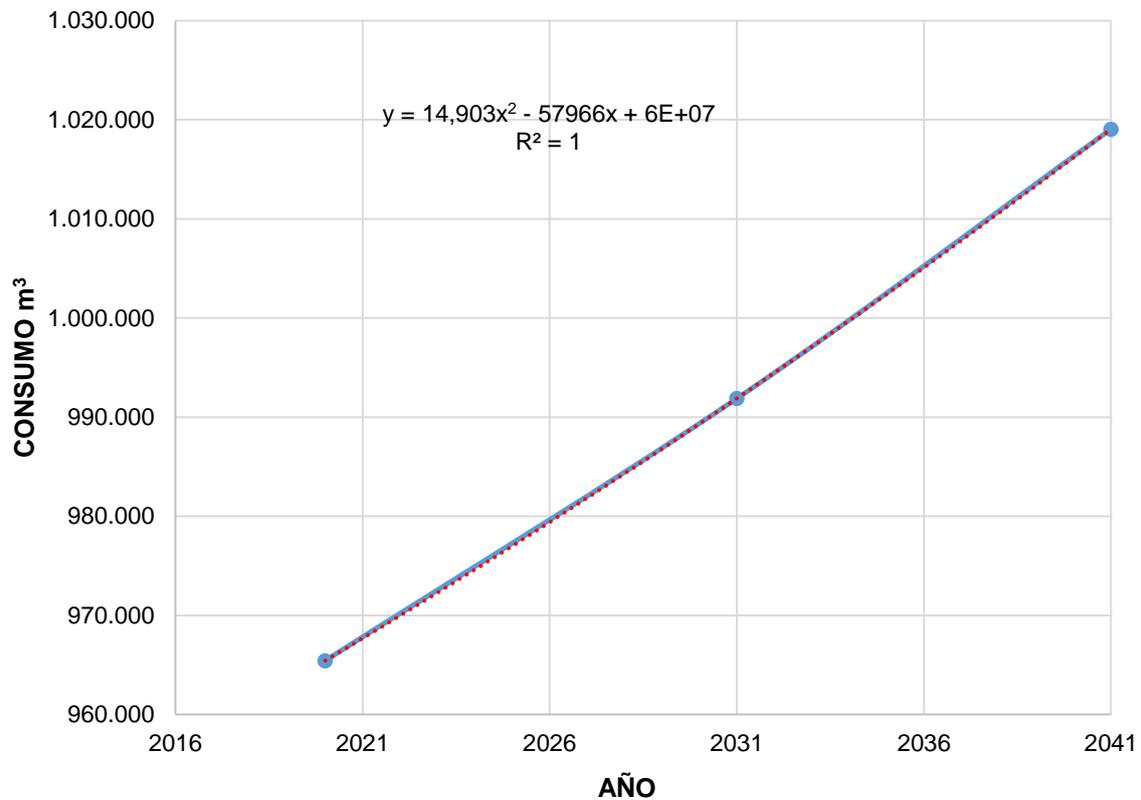
Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturalde, P. (2023)

La Figura 7 es la representación gráfica de la proyección del consumo de agua en piletas hasta el año 2041. En ella se muestra una tendencia creciente y una relación positiva fuerte entre el consumo de agua en metros cúbicos y los años proyectados. En el año 2031 sobrepasa los 624 miles de metros cúbicos de consumo de agua en piletas, y para el año 2041 llegará a casi 629 miles de metros cúbicos.

Figura 8.

Proyección del consumo de agua en bocatomas hasta el año 2041



Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

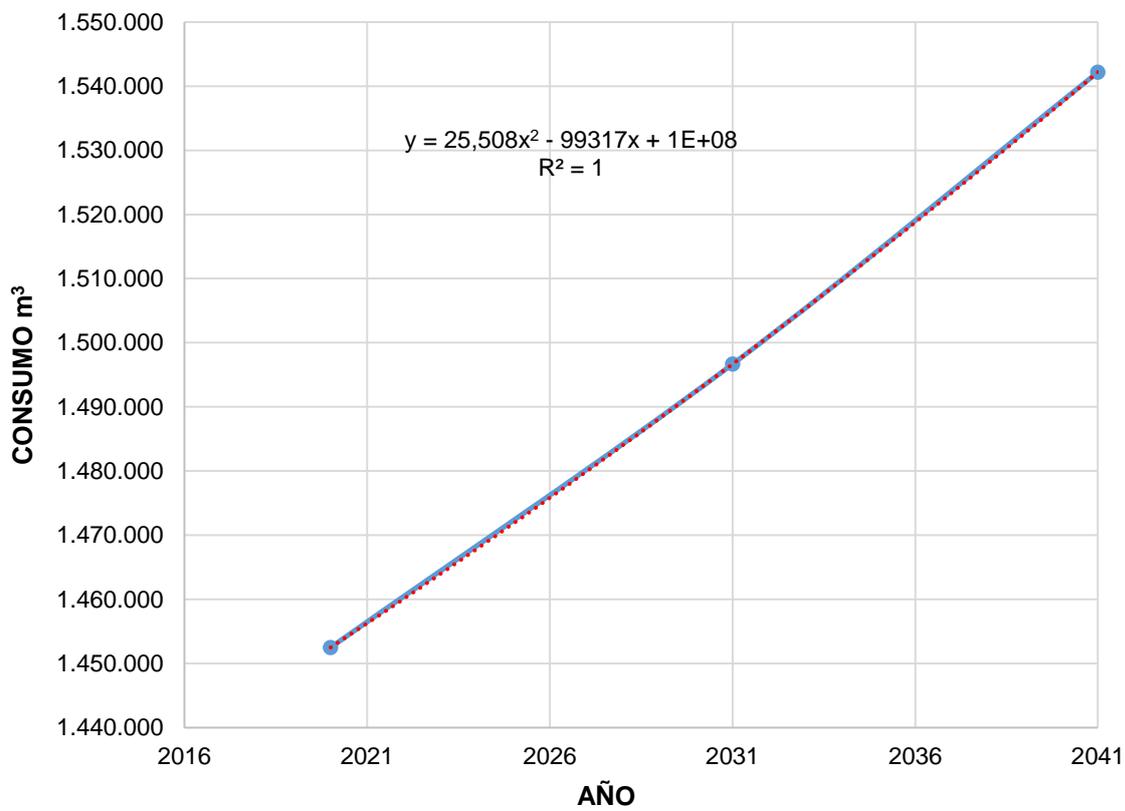
Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P. (2023)

En la Figura 8 se puede observar la proyección de consumo de agua en bocatomas hasta el año 2041. Las cifras a recalcar son las del año 2031 que el consumo de agua en metros cúbicos pasará los 990.000 y el del año 2041 que casi será de 1.02 millones de metros cúbicos en consumo de agua destinados a bocatomas. El valor de R^2 permite concluir un buen ajuste del modelo de regresión, es decir que las proyecciones son muy ajustadas a la realidad.

Figura 9.

Proyección del consumo de agua exonerados hasta el año 2041



Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

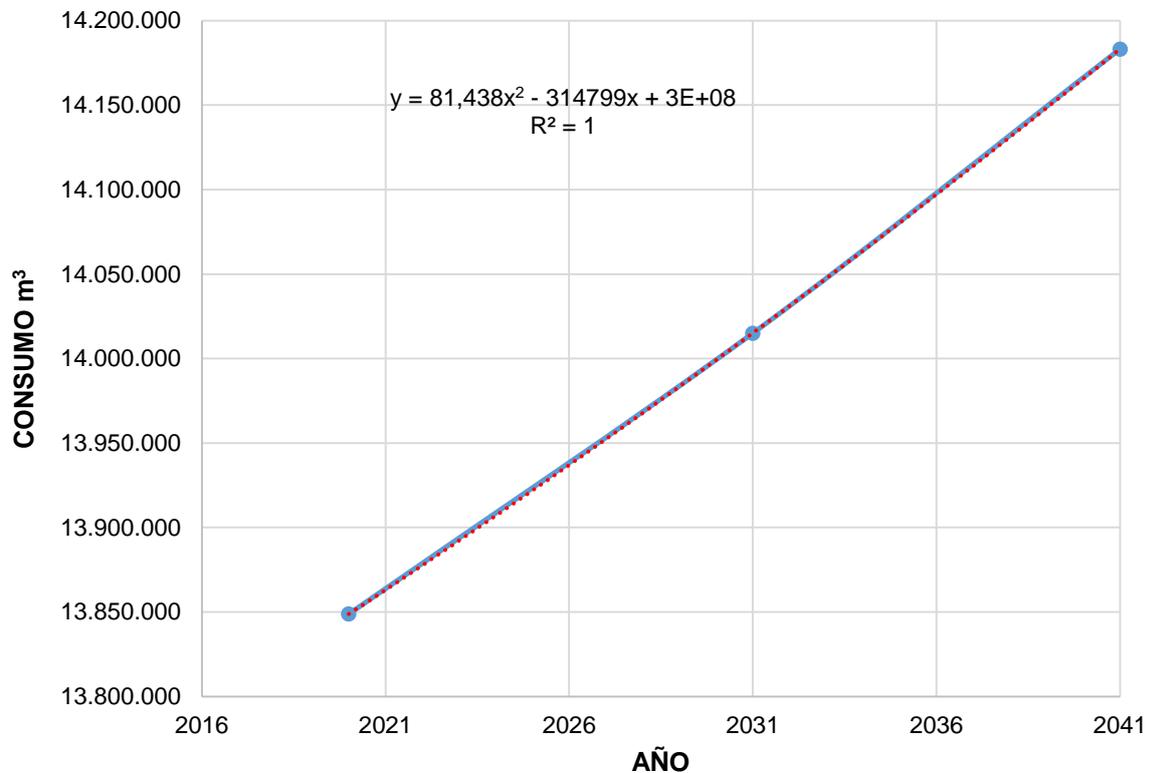
Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P. (2023)

En la figura 9 se presenta una tendencia creciente del consumo de agua a personas exoneradas (tercera edad, discapacitados, etc). Como se puede observar cada 10 años crece alrededor de 40.000 a 50.000 el consumo exonerado. Se estima un consumo de agua superior a 1.580.000 m³ para el año 2041. El aumento de las cuentas exoneradas, se puede vincular al incremento de programas sociales que exoneran a personas de tercera edad, con enfermedades terminales o discapacitadas.

Figura 10.

Proyección del consumo de agua oficiales hasta el año 2041



Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

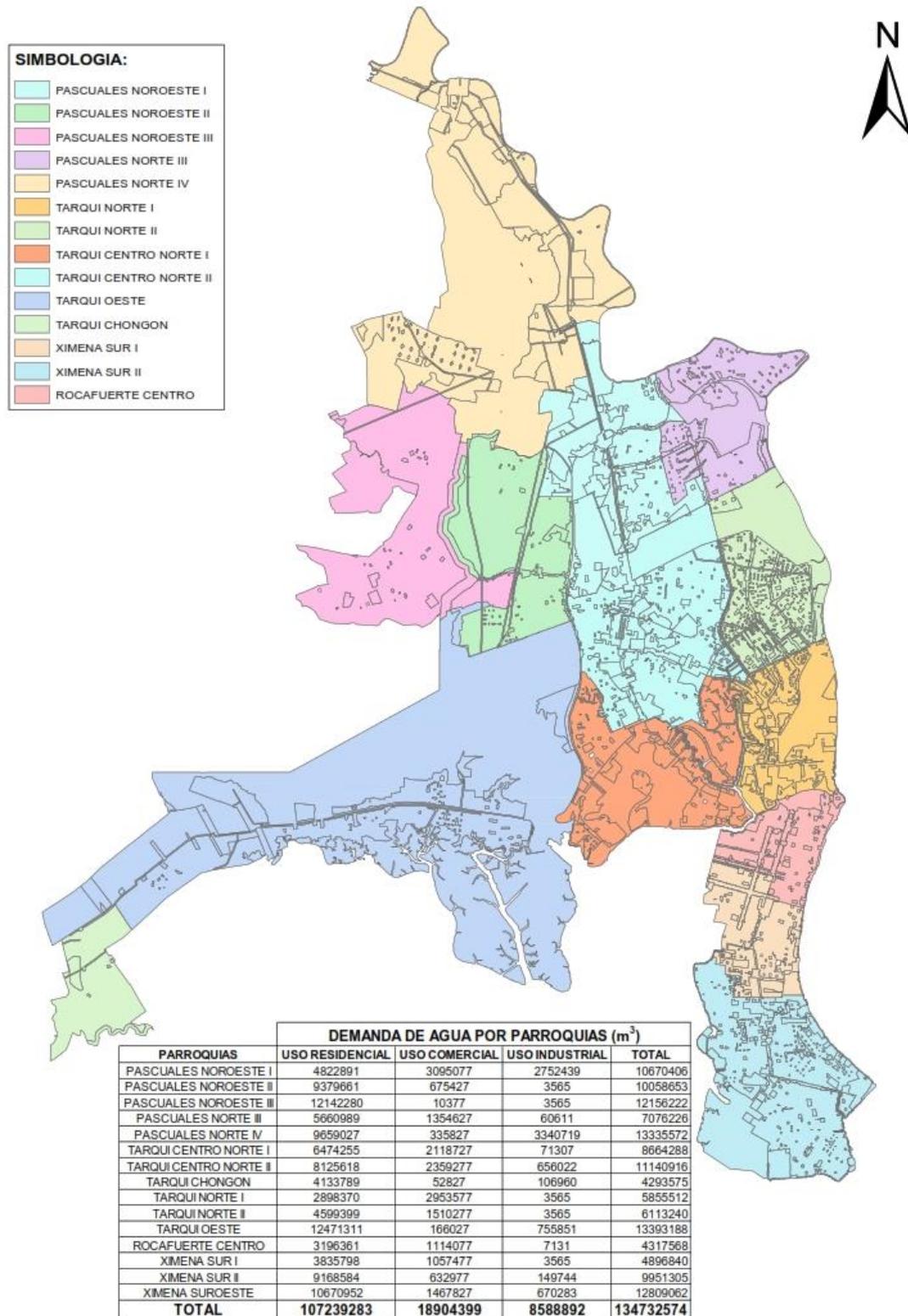
Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturalde, P. (2023)

La Figura 10 muestra una proyección en m³ de agua a la categoría oficial. Esta categoría oficial son aquellos entes que pertenecen al estado o son gubernamentales de alguna forma. Este gráfico presenta una proyección del consumo al año 2041 en el cual se estima que a medida que pasan los años se espera que el volumen de la categoría oficial incremente. Y el coeficiente de determinación que es cercano a uno indica que es una proyección certera, con valores estimados de alrededor de 14.500.000 m³ al año 2041.

Figura 11.

Demanda hídrica por parroquias año 2022



Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

Fuente: (INTERAGUA, 2022).

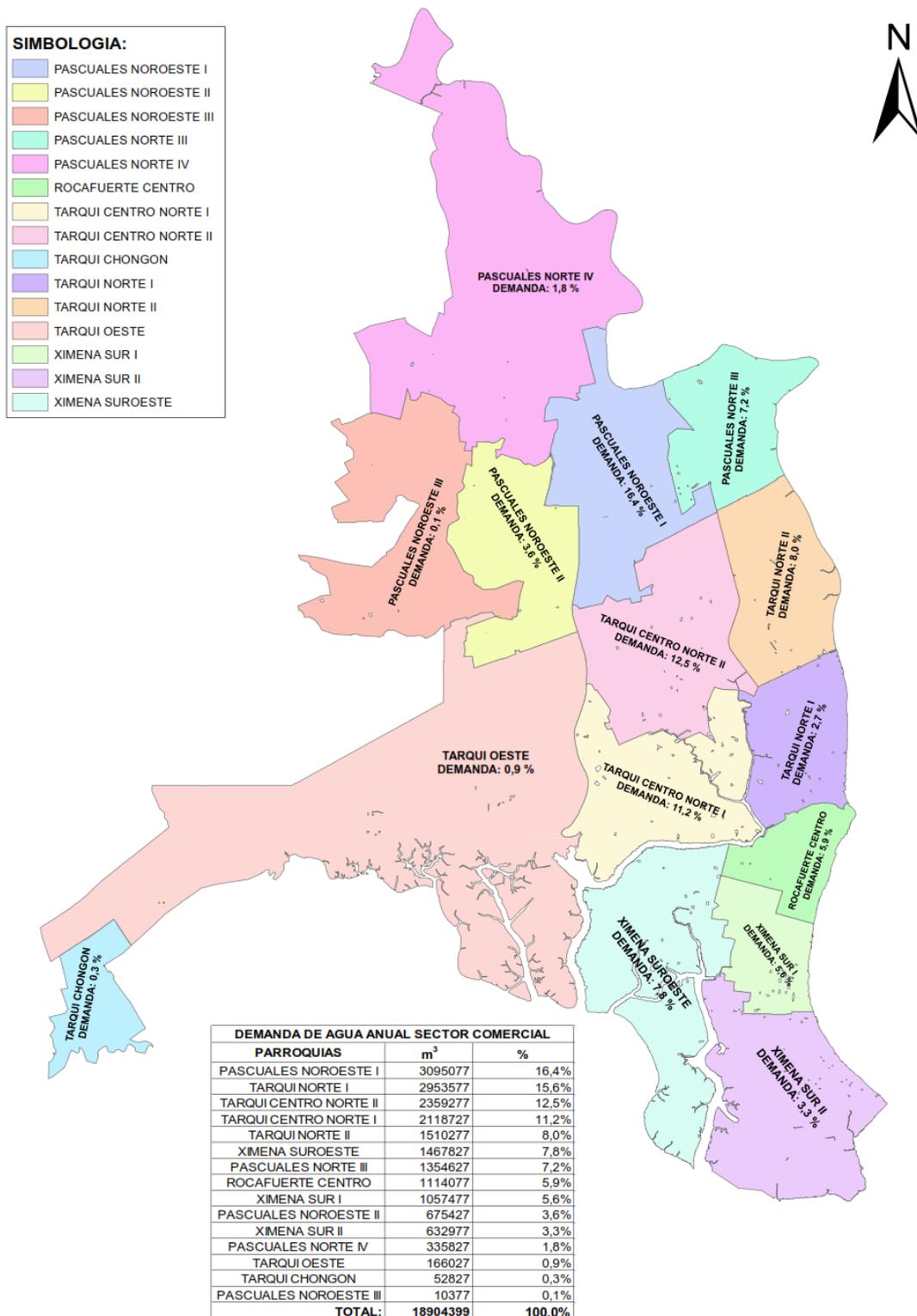
Elaborado por: Minango, L. & Yturalde, P. (2023)

La Figura 11 presenta los valores en metros cúbicos de agua consumida durante el año 2022 por las diferentes parroquias de la zona. El informe muestra los datos del consumo de agua por sectores en el último año. Según el informe, el sector residencial consumió 107239283 metros cúbicos de agua, lo que representa cerca del 79,6% del total. El sector comercial consumió 18904399 metros cúbicos de agua, lo que equivale a cerca del 14% del total.

El sector industrial consumió 8588892 metros cúbicos de agua, lo que corresponde al 6,4% del total. El consumo total de agua fue de 134732574 metros cúbicos, lo que supone un aumento del 3,2% respecto al año anterior. El evidente crecimiento de consumo de agua puede tener consecuencias negativas para el medio ambiente. Por eso es importante adoptar hábitos de consumo responsable de agua que permitan satisfacer las necesidades básicas sin comprometer las de las generaciones futuras.

Figura 12.

Demanda hídrica anual por parroquias, uso de suelo comercial año 2022



Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturalde, P. (2023)

La Figura 12 presenta la distribución de las parroquias y su porcentaje de consumo de agua para uso comercial. Se observa que las parroquias como Pascuales Noroeste I, y Tarqui Norte I, Tarqui Centro Norte II y Centro Norte Tarqui Norte I son las que más consumo en metros cúbicos de agua registran. Estos porcentajes de 16,4%, 15,6%, 12,5% y 11,2% respectivamente, evidencia que ha crecido el comercio en estas zonas del norte de la ciudad.

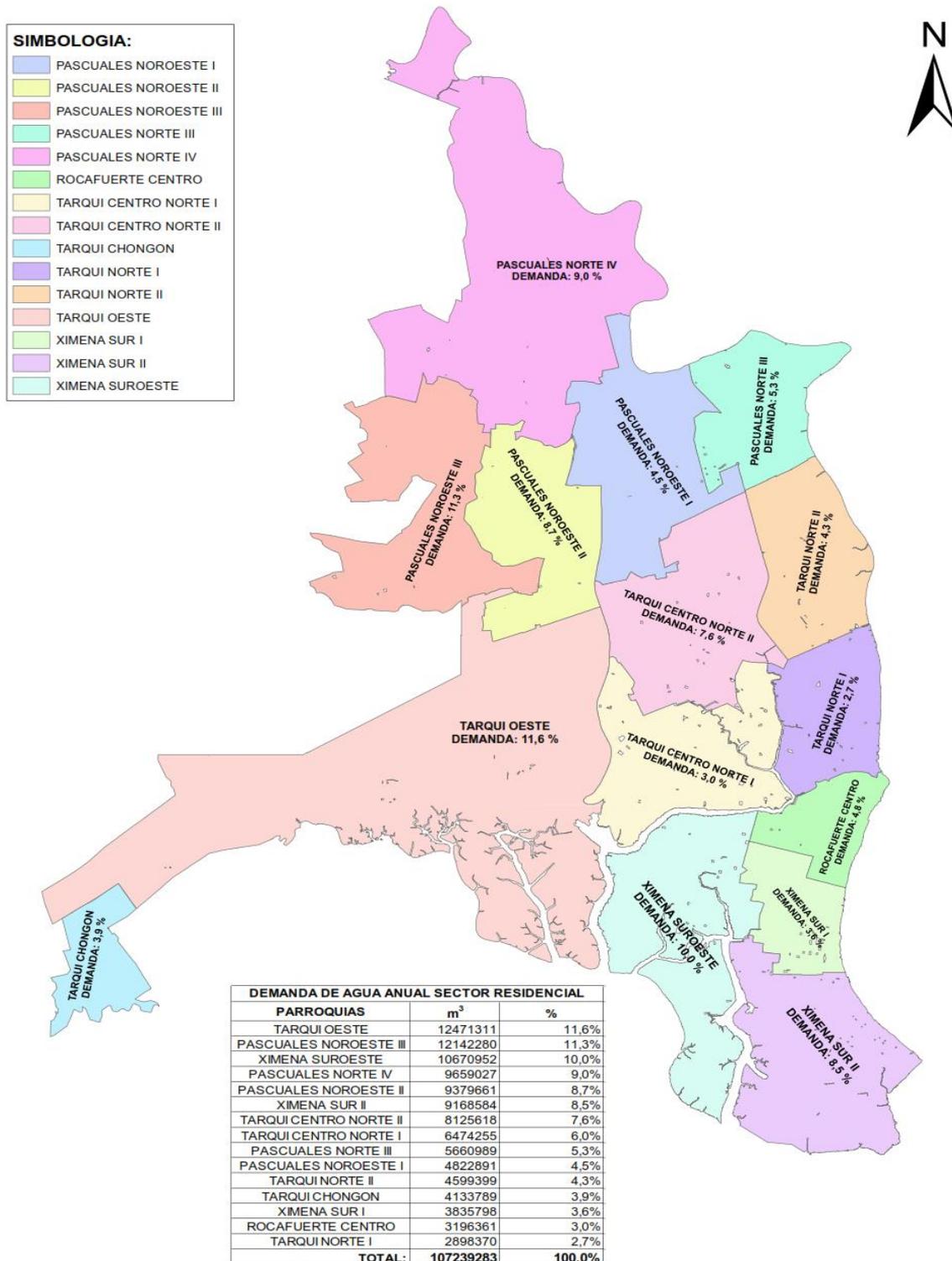
Mientras, las demás parroquias, tales como, Ximena Suroeste, Pascuales Norte III, y Rocafuerte Centro, Ximena Sur I, reflejan un consumo moderado de entre 7% y 5%. Por otra parte, las demás parroquias se encuentran por debajo del 3% del consumo total de agua para uso del sector comercial. Se concluye entonces, que el consumo total de 18904399 metros cúbicos de agua destinados para el sector comercial en el año 2022, representan un aumento con respecto al año anterior. Este incremento se debe principalmente al crecimiento de la actividad económica y la demanda de servicios en el país.

En la Figura 13, se observa los valores en metros cúbicos de agua que demandan las parroquias para el su uso industrial. Como se puede observar, las parroquias Pascuales Norte IV y Pascuales Noroeste I tienen una alta demanda de agua para uso industrial. Estas parroquias representan el 38,9% y el 32% del total de la demanda hídrica industrial, respectivamente. Este dato es relevante para el análisis de la gestión y el uso eficiente de los recursos hídricos en la zona.

Otras parroquias representan un porcentaje por debajo del 10% pero que es significativo para evaluar la gestión y el consumo de este recurso. Tarqui Oeste ocupa un 8,8% del total de agua para fines industriales, Ximena Sur Oeste un 7.8%, y Tarqui Centro Norte un 7.6%. El resto de parroquias registra un porcentaje menor al 2% del consumo de agua para uso industrial. Para concluir, se registra un consumo total de 8'588.892 metros cúbicos de agua destinados para el sector industrial representando alrededor del 12% del consumo nacional de agua.

Figura 14.

Demanda hídrica por parroquias, uso de suelo residencial año 2022



Nota: Tomado del Informe de ajuste y revisión del plan maestro agua potable; alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tomo II

Fuente: (INTERAGUA, 2022).

Elaborado por: Minango, L. & Yturalde, P. (2023)

La Figura 14 muestra una representación de las parroquias y sus porcentajes respecto a la demanda de hídrica para uso residencial. Se observa que las parroquias que más requieren este recurso son: parroquia Tarqui Oeste con un 11.6% del total de la demanda hídrica, seguida muy de cerca por la parroquia Pascuales Noroeste III con un porcentaje de 11.3% de demanda.

Entre las demás parroquias se destacan Ximena Sur Oeste con un 10% del total, Pascuales Norte representa un 9% de demanda, Pascuales Noroeste II posee un porcentaje de un 8,7% de demanda hídrica, casi a la par de la parroquia Ximena Sur II con 8,5%, con menor porcentaje se encuentra la parroquia Tarqui Centro Norte II representando un 7,6% del total de demanda de agua para este uso. Las demás parroquias según lo analizado poseen un porcentaje de demanda de agua para uso residencial inferior al 7%.

Según los datos disponibles, el consumo de agua en la ciudad durante el año 2022 fue de 107'239.283 m³, de los cuales la mayor parte correspondió al uso residencial. Este sector consumió más del doble que el sector comercial y casi cuatro veces más que el sector industrial. Estos resultados muestran la necesidad de implementar medidas de ahorro y eficiencia en el uso del agua en los hogares, así como de promover una cultura de responsabilidad ambiental entre la población.

Resultados de las encuestas

Las encuestas se realizaron en línea a una muestra de habitantes de la ciudad de Guayaquil de la zona residencial. El objetivo fue evaluar la conformidad con el abastecimiento, la calidad del agua y el costo del servicio.

1. ¿En qué sector de la ciudad de Guayaquil vive?

Tabla 14.

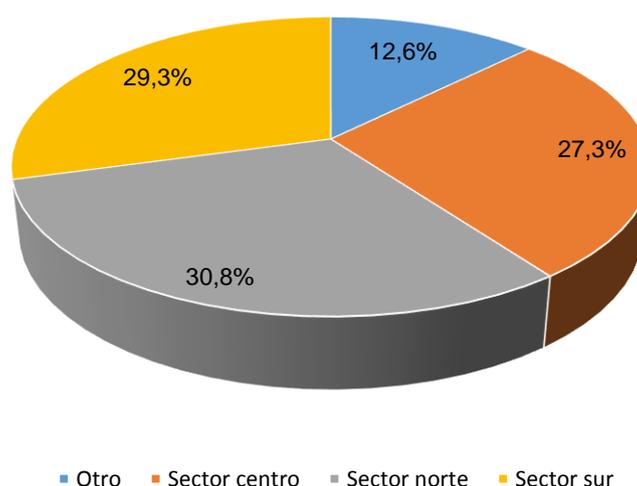
Zona de residencia de los encuestados

Código	Opciones	Frecuencia	Ponderación
Pregunta 1	Otro	18	12,6%
	Sector centro	39	27,3%
	Sector norte	44	30,8%
	Sector sur	42	29,3%
TOTAL		143	100%

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P. (2023)

Figura 15

Resultados gráficos de la zona de residencia de los encuestados



Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P. (2023)

Nótese en la Tabla 14 y Figura 15 que muestran los datos de frecuencia y ponderación. Se observa que el "Sector norte" tiene la frecuencia más alta de

encuestados con 44, lo que representa un 30,8% del total. El "Sector sur" tiene una frecuencia de 42, que es un 29,3% del total. El "Sector centro" tiene la frecuencia de 39, lo que corresponde a un 27,3% del total. La categoría "Otro" tiene una frecuencia de 18, equivalente a un 12,6% del total.

2. ¿Cuántos miembros componen su hogar?

Tabla 15

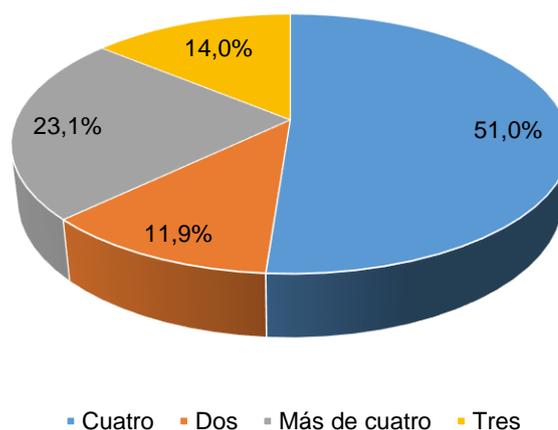
Número de integrantes por familia

Código	Opciones	Frecuencia	Ponderación
Pregunta 2	Cuatro	73	51,0%
	Dos	17	11,9%
	Más de cuatro	33	23,1%
	Tres	20	14,0%
TOTAL		143	100%

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P. (2023)

Figura 16

Resultados gráficos de la zona de residencia de los encuestados



Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P. (2023)

La Tabla 15 y Figura 16 presentan datos sobre el número de integrantes por familia. Se puede observar que la categoría "Cuatro" tiene la frecuencia más alta, con

un total de 73, lo que representa un 51,0%. La categoría "Más de cuatro" tiene una frecuencia de 33, equivalente al 23,1% del total. La categoría "Dos" tiene 17 frecuencias, que es un 11,63% del total y finalmente la tres tiene un total de 20 que representa el 14,0% del total.

3. ¿Cómo calificaría el suministro de agua en Guayaquil?

Tabla 16.

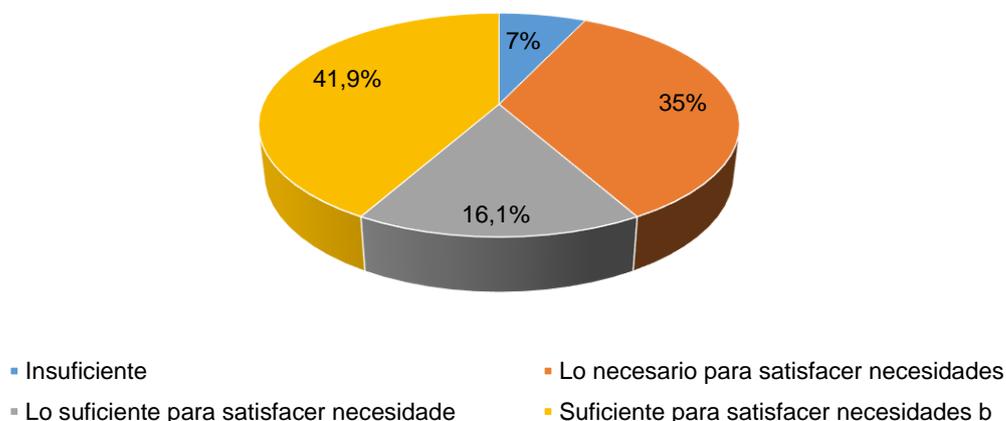
Percepción del usuario sobre el abastecimiento de agua en Guayaquil

Código	Opciones	Frecuencia	Ponderación
Pregunta 3	Insuficiente	10	7,0%
	Lo necesario para satisfacer necesidades básicas de alimentación.	50	35,0%
	Lo suficiente para satisfacer necesidades básicas, de aseo, saneamiento y hasta recreacionales.	23	16,1%
	Suficiente para satisfacer necesidades básicas, más necesidades de aseo y saneamiento.	60	41,9%
TOTAL		143	100%

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P. (2023)

Figura 17

Resultados gráficos de la percepción del usuario sobre el abastecimiento de agua en Guayaquil



Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P. (2023)

La Tabla 16 y Figura 17 presentan datos sobre la percepción del usuario sobre el abastecimiento de agua en Guayaquil. Se puede observar que la categoría "Suficiente para satisfacer necesidades básicas, más necesidades de aseo y saneamiento" tiene la frecuencia más alta, con un total de 60, lo que representa un 41,9% del total de frecuencias. La categoría "Lo necesario para satisfacer necesidades básicas de alimentación" tiene 50 frecuencias, que equivalen al 35,0% del total. La categoría "Lo suficiente para satisfacer necesidades básicas, de aseo, saneamiento y hasta recreacionales" tiene una frecuencia de 23, lo que representa un 16,1% del total. La categoría "Insuficiente" tiene la frecuencia más baja, con 10 frecuencias, que es un 7,0% del total de frecuencias. Los resultados señalan que los encuestados perciben el abastecimiento de agua en Guayaquil lo suficientemente bueno para satisfacer las necesidades básicas de alimentación, aseo y saneamiento, lo que determina un buen nivel de conformidad con el suministro.

4. ¿Cómo calificaría la calidad de agua en Guayaquil?

Tabla 17.

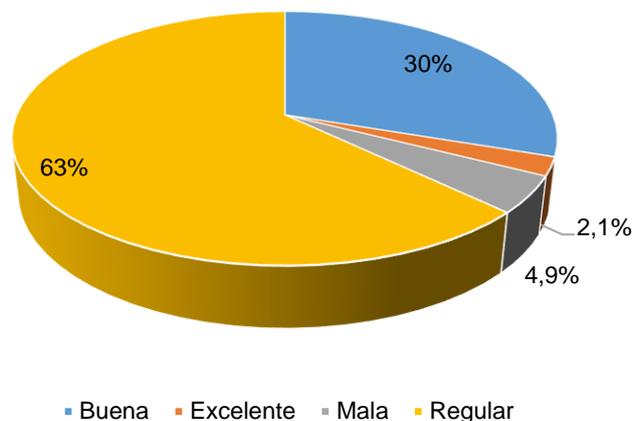
Percepción del usuario sobre la calidad del agua en Guayaquil

Código	Opciones	Frecuencia	Ponderación
Pregunta 4	Buena	43	30,0%
	Excelente	3	2,1%
	Mala	7	4,9%
	Regular	90	63,0%
TOTAL		143	100%

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P. (2023)

Figura 18

Resultados gráficos de la percepción del usuario sobre la calidad del agua en Guayaquil



Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P. (2023)

La Tabla 17 y Figura 18 presentan la percepción de los usuarios sobre la calidad del agua en Guayaquil y sus medidas correspondientes. La percepción más frecuente es "Regular", con un 63,0% del total de respuestas. La percepción "Buena" abarca un 30,0% de las respuestas, mientras que la percepción "Mala" representa un 4,9%. Por otro lado, la percepción "Excelente" obtiene un 2,1% de las respuestas.

5. ¿Cuál es el rango promedio de su factura de agua mensual?

Tabla 18.

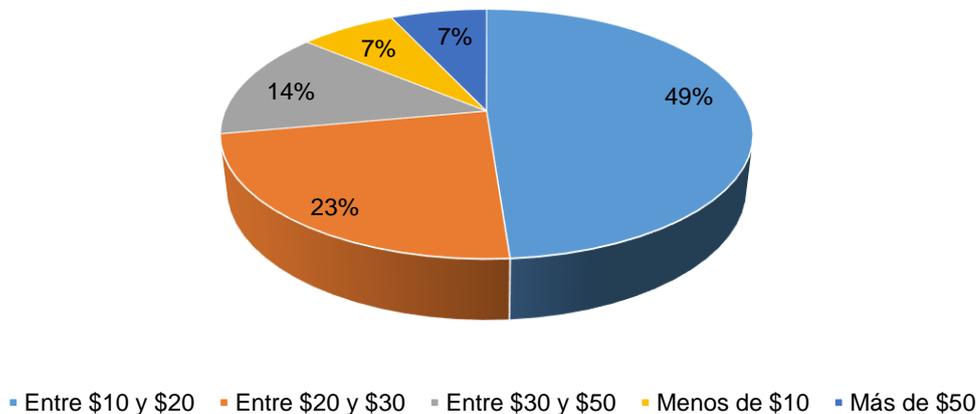
Costo del servicio de agua potable en Guayaquil, según los encuestados

Código	Opciones	Frecuencia	Ponderación
Pregunta 5	Entre \$10 y \$20	70	49,0%
	Entre \$20 y \$30	33	23,0%
	Entre \$30 y \$50	20	14,0%
	Menos de \$10	10	7,0%
	Más de \$50	10	7,0%
TOTAL		143	100%

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P. (2023)

Figura 19

Resultados gráficos respecto al costo del servicio de agua potable en Guayaquil, según los encuestados



Elaborado por: Minango, L. & Yturalde, P. (2023)

La tabla presenta datos de frecuencia y sus medidas relacionadas. Se puede observar que la categoría "Entre \$10 y \$20" tiene la frecuencia más alta, con un total de 70, lo que representa un 49,0% del total de encuestados. La categoría "Menos de \$10" y "Más de \$50" tienen la misma frecuencia más baja, con 10 frecuencias cada una, lo que es un 7,0% del total de frecuencias, de igual manera con el mismo porcentaje tenemos menos de \$10, la categoría "Entre \$20 y \$30" tiene una frecuencia de 33 que equivale al 23% y finalmente la categoría de "Entre \$30 y \$50" tiene una frecuencia de 20 con un porcentaje del 14%.

Implicación de los resultados de las encuestas para el desarrollo de la propuesta

La información recabada en la encuesta tiene diversas implicaciones para la propuesta y las estrategias relacionadas con la gestión de recursos hídricos y la mejora de servicios de agua en la ciudad. A continuación, se analiza el impacto de esta información en el proyecto:

Distribución por Sectores y Número de Integrantes. La distribución por sectores y el número de integrantes por familia son elementos clave para identificar áreas de alta demanda y patrones de consumo. Estos datos permiten focalizar las

estrategias en sectores específicos con alta demanda y ajustar los recursos según el tamaño de las familias.

Percepción sobre el Abastecimiento de Agua. La percepción positiva mayoritaria de los usuarios sobre el abastecimiento de agua es una señal positiva para el proyecto. Esto indica que los esfuerzos previos para mejorar el abastecimiento han tenido resultados favorables. Sin embargo, también es importante seguir monitoreando y mejorando para mantener esta percepción positiva.

Percepción sobre la Calidad del Agua. La percepción de los usuarios sobre la calidad del agua puede influir en su confianza en el sistema de abastecimiento. La presencia de opiniones variadas, incluyendo algunas percepciones de calidad "mala", señala áreas que necesitan atención. Es importante investigar las razones detrás de estas percepciones y tomar medidas para mejorar la calidad percibida del agua.

Rangos de Gastos en Agua. La distribución de los gastos de agua entre diferentes rangos de precios ofrece información sobre la asequibilidad del servicio para diferentes segmentos de la población. Esto puede guiar políticas de tarifas y programas de subsidio para garantizar un acceso equitativo al agua potable.

Propuesta para mejorar el aprovisionamiento de agua en zonas de alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil

Los resultados obtenidos a partir del análisis realizado, que incluyó el estudio de la demanda hídrica actual y proyectada hasta los años 2031 y 2041, han revelado un incremento significativo en el consumo de agua en diversas áreas de la ciudad. La información obtenida de los datos de macromedición y consumos promedio en diferentes sectores ha permitido identificar claramente aquellos puntos críticos donde la demanda supera con creces la capacidad de suministro actual. El análisis también ha evidenciado la existencia de sectores donde se presentan tasas de crecimiento de consumo más aceleradas, lo que implica un reto adicional para asegurar un abastecimiento adecuado en el futuro cercano.

Ante este panorama, se hace imprescindible desarrollar una propuesta integral y sostenible que atienda la creciente demanda de agua en las zonas de mayor necesidad. La propuesta estará fundamentada en el análisis detallado de los resultados obtenidos, considerando tanto el crecimiento poblacional proyectado como las tendencias en el consumo de agua en cada sector. La implementación de medidas eficientes y sostenibles será uno de los pilares fundamentales de esta propuesta. Se contemplarán estrategias para el uso responsable del recurso hídrico, así como la identificación de posibles fuentes alternativas de abastecimiento. Además, se evaluará la viabilidad de realizar mejoras en la infraestructura de suministro existente y se considerarán opciones para optimizar la distribución del agua en las áreas de alta demanda.

La colaboración y participación activa de las autoridades locales, las comunidades y otros actores relevantes será esencial para el éxito de esta propuesta. La creación de un plan de acción colectivo y el compromiso con el uso racional del agua permitirán asegurar un futuro más sostenible y resiliente para la ciudad de Guayaquil. En este contexto, la presente propuesta busca ofrecer soluciones concretas y viables para mejorar el aprovisionamiento de agua en las zonas de alta demanda hídrica en la ciudad. Con base en los resultados obtenidos, se encamina hacia un enfoque proactivo y responsable en la gestión del recurso hídrico, lo que se traducirá en beneficios significativos tanto para la población como para el entorno ambiental de Guayaquil.

Ejes de la propuesta

Diversificación de fuentes de agua

Identificar y desarrollar nuevas fuentes de abastecimiento de agua, principalmente la reutilización de aguas residuales tratadas. Esto permitirá reducir la dependencia de una única fuente y garantizar un suministro más estable. A pesar de que las encuestas determinaron que los usuarios se encuentran satisfechos con el suministro de agua, es importante buscar fuentes alternativas en caso poco probable, más no descartable que la fuente principal que es el Daule se quede sin reservas. Esto podría ser atribuible a causas medio ambientales, provocadas principalmente por el calentamiento global.

Mejora de la infraestructura de distribución

Actualizar y expandir la red de distribución de agua potable en las zonas con alta demanda hídrica. Esto implica la renovación de tuberías obsoletas, la instalación de nuevos puntos de acceso y la optimización de la red existente para reducir las pérdidas de agua por fugas.

Implementación de tecnologías eficientes:

Utilizar tecnologías avanzadas para la gestión eficiente del agua, como sistemas de tele lectura de medidores, detección de fugas y control automatizado de la distribución. Estas herramientas permiten una supervisión en tiempo real y una gestión más precisa de los recursos hídricos.

Promoción de la educación y conciencia sobre el uso responsable del agua:

Realizar campañas educativas dirigidas a la comunidad para fomentar prácticas de uso responsable del agua, como la promoción de técnicas de riego eficientes, la reutilización de agua en actividades no potables y la concienciación sobre la importancia de conservar este recurso vital.

Objetivos de la propuesta

Objetivo general de la propuesta

Mejorar la gestión del agua en la ciudad de Guayaquil, diversificando las fuentes de abastecimiento, optimizando la infraestructura de distribución y adoptando tecnologías eficientes, con el fin de garantizar un suministro sostenible y estable de agua potable a las zonas con alta demanda hídrica para el año 2030.

Objetivos específicos de la propuesta

Primer objetivo. Reducir las pérdidas de agua en la red de distribución, mediante la renovación de tuberías obsoletas y la implementación de tecnologías de detección de fugas.

Segundo objetivo. Incrementar el uso de aguas residuales tratadas para riego y usos no potables en zonas residenciales y comerciales, promoviendo la reutilización responsable de recursos hídricos.

Tercer objetivo. Implementar sistemas de tele lectura de medidores de las conexiones residenciales y comerciales, con el objetivo de mejorar la eficiencia en la facturación y facilitar la detección temprana de consumos inusuales.

Cuarto objetivo. Incrementar la capacidad de almacenamiento de agua potable, mediante la construcción de nuevos tanques de almacenamiento y la optimización de los existentes, garantizando un abastecimiento adecuado en períodos de alta demanda.

Quinto objetivo. Establecer un plan de educación y concientización sobre el uso responsable del agua, dirigido a la comunidad, instituciones y empresas, con el objetivo de reducir el consumo excesivo y fomentar prácticas sostenibles de uso del recurso hídrico para el año 2024.

Plan de implementación

Primer eje: Diversificación de fuentes de agua

La diversificación de fuentes de agua es una estrategia clave para asegurar la disponibilidad sostenible de agua en la ciudad de Guayaquil, promoviendo la seguridad hídrica, la resiliencia frente a los cambios ambientales y la utilización responsable y eficiente del recurso hídrico en beneficio de la población y el desarrollo sostenible de la ciudad.

El primer eje de la propuesta, la diversificación de fuentes de agua, se centra en la identificación y desarrollo de nuevas fuentes para el abastecimiento de agua, con especial énfasis en la reutilización de aguas residuales tratadas. Este enfoque busca superar la dependencia de una única fuente de agua y, en su lugar, establecer un sistema más resiliente y sostenible que garantice un suministro estable y confiable a lo largo del tiempo.

La diversificación de fuentes de agua implica una evaluación integral de las opciones disponibles para el abastecimiento, incluyendo la exploración de fuentes subterráneas, la captación y almacenamiento de aguas pluviales, y la reutilización de aguas tratadas provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales. La reutilización de aguas residuales tratadas es una estrategia importante en la búsqueda de soluciones sostenibles para el abastecimiento de agua, ya que permite aprovechar un recurso que, de otra manera, sería desperdiciado, contribuyendo así a la conservación y uso eficiente del agua.

Este eje de la propuesta se fundamenta en la necesidad de garantizar una mayor seguridad hídrica en la ciudad de Guayaquil, considerando que la disponibilidad de agua es un recurso vital para el desarrollo y bienestar de la población y el funcionamiento de la actividad económica. Al diversificar las fuentes de abastecimiento, se reduce la vulnerabilidad ante posibles sequías o eventos climáticos extremos que puedan afectar una única fuente de agua, mitigando así los riesgos asociados a la escasez hídrica.

Para lograr este objetivo, se requerirá un enfoque integral que involucre la cooperación y coordinación entre entidades gubernamentales, organismos

responsables del manejo del agua, y otros actores relevantes en el sector público y privado. Además, se deberán realizar estudios de viabilidad técnica y económica para la implementación de las nuevas fuentes de abastecimiento y la infraestructura necesaria para la reutilización de aguas residuales tratadas. La inversión en tecnología y sistemas de tratamiento adecuados será fundamental para garantizar la calidad del agua reutilizada y su uso seguro para diferentes fines, como el riego de áreas verdes, la recarga de acuíferos o incluso el abastecimiento de industrias no potabilizadas.

Segundo eje: Mejora de la infraestructura de distribución

El eje de la propuesta "Mejora de la infraestructura de distribución" tiene como objetivo principal mejorar el sistema de distribución de agua potable en las zonas de la ciudad de Guayaquil con alta demanda hídrica. Esta mejora es fundamental para asegurar un abastecimiento eficiente, confiable y sostenible de agua potable a la población y a las actividades comerciales e industriales en dichas áreas.

Para lograr el cumplimiento de este eje de la propuesta, se llevarán a cabo diversas acciones de actualización y expansión de la red de distribución:

Renovación de tuberías obsoletas. Se realizará una evaluación exhaustiva de la infraestructura existente para identificar aquellas tuberías que se encuentren en mal estado o sean obsoletas. Estas tuberías serán reemplazadas por nuevas y más modernas, lo que mejorará la eficiencia del sistema y reducirá las pérdidas de agua por fugas. La renovación de tuberías obsoletas es una acción fundamental para mejorar la infraestructura de distribución de agua potable en las zonas con alta demanda hídrica. Este proceso implicará una evaluación exhaustiva de la red de distribución existente para identificar aquellas tuberías que presenten un deterioro significativo o sean consideradas obsoletas.

La evaluación se realizará mediante inspecciones visuales, pruebas de presión y análisis de datos históricos sobre el rendimiento de la red. Estos datos proporcionarán una visión clara del estado de las tuberías y permitirán priorizar las áreas que requieren una intervención urgente. Además, se tomarán en cuenta

factores como la antigüedad de las tuberías, el material del que están hechas y las condiciones del suelo para determinar su vida útil restante y el riesgo de fallas.

Una vez identificadas las tuberías obsoletas o en mal estado, se procederá a su reemplazo por nuevas y más modernas. Se utilizarán materiales de alta calidad y tecnologías avanzadas que garanticen una mayor durabilidad y resistencia frente a las condiciones ambientales y las demandas del sistema de distribución. La renovación de tuberías obsoletas traerá consigo una serie de beneficios. En primer lugar, mejorará la eficiencia del sistema de distribución, reduciendo las pérdidas de agua causadas por fugas y filtraciones. Esto contribuirá a una gestión más sostenible del recurso hídrico y a la conservación de este valioso recurso.

Además, la renovación de las tuberías permitirá una distribución más equitativa y confiable del agua potable, asegurando un suministro estable y de calidad a las zonas con alta demanda hídrica. Esto ayudará a satisfacer las necesidades de la población y a garantizar el acceso al agua potable de manera continua y segura. Por último, la modernización de la infraestructura de distribución contribuirá a reducir los costos operativos y de mantenimiento a largo plazo. Las nuevas tuberías requieren menos mantenimiento y tienen una vida útil más prolongada, lo que se traduce en ahorros significativos para las autoridades encargadas de la gestión del agua.

En concreto, la renovación de tuberías obsoletas es una medida esencial para mejorar la eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad del sistema de distribución de agua potable en la ciudad de Guayaquil. Esta acción permitirá optimizar el uso de los recursos hídricos, reducir las pérdidas de agua y garantizar un suministro de agua potable de calidad para satisfacer las necesidades de la población.

Instalación de nuevos puntos de acceso. Se identificarán áreas donde no existan suficientes puntos de acceso a la red de distribución y se procederá a instalar nuevos puntos para abastecer a las demandas emergentes. Esto garantizará una mayor cobertura de suministro y permitirá atender el crecimiento de la población y actividades económicas.

Optimización de la red existente. Se llevará a cabo un análisis detallado de la red de distribución para identificar posibles áreas de mejora y optimización. Esto incluye ajustes en las presiones de agua, redistribución de flujos y mejoras en la

conectividad de la red para maximizar la eficiencia del sistema. La instalación de nuevos puntos de acceso es una estrategia clave para mejorar la infraestructura de distribución de agua potable en las zonas con alta demanda hídrica. Esta acción se enfoca en identificar áreas que actualmente carecen de suficientes puntos de acceso a la red de distribución de agua y en establecer nuevos puntos para satisfacer las demandas emergentes.

La identificación de las áreas que requieren nuevos puntos de acceso se realizará mediante un análisis detallado de las necesidades de suministro de agua en diferentes sectores de la ciudad. Se tomarán en cuenta diversos factores, como el crecimiento poblacional, el desarrollo de actividades económicas y las proyecciones de demanda de agua en el futuro. Una vez identificadas las áreas con deficiencia de puntos de acceso, se procederá a la instalación de nuevos puntos de conexión a la red de distribución de agua potable. Estos puntos serán ubicados estratégicamente para garantizar una cobertura adecuada y equitativa en toda el área de estudio.

La instalación de nuevos puntos de acceso traerá consigo varios beneficios. En primer lugar, permitirá satisfacer las demandas emergentes de agua debido al crecimiento de la población y el desarrollo económico. Esto asegurará que todas las áreas de la ciudad tengan acceso a un suministro adecuado de agua potable, evitando problemas de escasez y desabastecimiento. Además, la instalación de nuevos puntos de acceso contribuirá a mejorar la eficiencia del sistema de distribución de agua. Al tener puntos de acceso más cercanos a los usuarios, se reducirán las pérdidas de agua causadas por la necesidad de transportar el agua a largas distancias, lo que resultará en un uso más eficiente de los recursos hídricos.

Otro beneficio importante es la capacidad de adaptación del sistema a futuros cambios en la demanda de agua. La instalación de nuevos puntos de acceso permitirá una mayor flexibilidad y capacidad para ajustarse a las necesidades cambiantes de la población y las actividades económicas en el tiempo. En conclusión, la instalación de nuevos puntos de acceso es una medida fundamental para mejorar la cobertura y eficiencia del sistema de distribución de agua potable en la ciudad de Guayaquil. Esta acción permitirá satisfacer las demandas emergentes, garantizar un suministro estable y equitativo de agua potable y preparar el sistema para afrontar futuros desafíos en el abastecimiento de agua.

Implementación de tecnologías avanzadas. Se incorporarán tecnologías avanzadas de monitoreo y control en la red de distribución. Esto permitirá supervisar en tiempo real el estado de la infraestructura, detectar y solucionar rápidamente posibles problemas, y optimizar la operación general del sistema. La implementación de tecnologías avanzadas en la gestión del agua es una estrategia clave para mejorar la eficiencia y la efectividad del sistema de distribución. Esta acción se enfoca en incorporar herramientas tecnológicas de monitoreo y control en la red de distribución de agua, lo que brindará numerosos beneficios para la gestión y operación del sistema.

Una de las principales ventajas de estas tecnologías avanzadas es la capacidad de supervisar en tiempo real el estado de la infraestructura. Mediante el uso de sensores y sistemas de telemetría, los administradores del agua pueden obtener información actualizada sobre el flujo de agua, la presión en las tuberías, el nivel de los tanques de almacenamiento y otros parámetros relevantes. Esta supervisión en tiempo real permite detectar y responder rápidamente a cualquier anomalía o problema en la red de distribución, lo que contribuye a reducir las interrupciones del servicio y mejorar la calidad del agua suministrada.

Además, la implementación de tecnologías avanzadas permite la detección temprana de posibles problemas y fallas en el sistema. Los sistemas de monitoreo pueden identificar fugas en la red de distribución, pérdidas de agua y otros eventos inusuales, lo que permite una acción rápida y precisa para resolver estos problemas antes de que se conviertan en situaciones críticas.

Otro beneficio importante es la optimización de la operación general del sistema de distribución de agua. Las tecnologías avanzadas pueden utilizar algoritmos y modelos de análisis para mejorar la gestión del agua, optimizando el flujo de agua a través de la red y reduciendo el desperdicio. Esto se logra mediante la programación de los sistemas de distribución de agua para que funcionen de manera más eficiente y se adapten a las fluctuaciones en la demanda. Además, estas tecnologías también pueden ser utilizadas para modelar y simular escenarios futuros, lo que permite a los administradores del agua evaluar el impacto de diferentes estrategias de gestión y tomar decisiones informadas sobre inversiones en infraestructura y mejoras en el sistema.

Se puede argumentar que la implementación de tecnologías avanzadas en la red de distribución de agua permitirá una supervisión en tiempo real, la detección temprana de problemas, la optimización de la operación y una toma de decisiones informada. Estas tecnologías son fundamentales para mejorar la eficiencia y la efectividad de la gestión del agua, garantizando un suministro estable y confiable de agua potable a la ciudad de Guayaquil.

Consideración de futuras demandas. Se tendrán en cuenta las proyecciones de crecimiento poblacional y de actividades económicas en las zonas de alta demanda hídrica. La infraestructura de distribución se diseñará de manera que pueda satisfacer las futuras necesidades de agua potable de manera sostenible y adecuada. Mediante estas acciones, se espera mejorar significativamente la infraestructura de distribución de agua potable en las zonas con alta demanda hídrica. Esto permitirá garantizar un suministro confiable y de calidad a la población, el comercio y la industria, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la ciudad de Guayaquil y asegurando el bienestar de sus habitantes en el presente y en el futuro.

La consideración de futuras demandas es un aspecto fundamental en la planificación y diseño de la infraestructura de distribución de agua potable. En este enfoque, se toman en cuenta las proyecciones de crecimiento poblacional y el desarrollo de actividades económicas en las zonas identificadas como de alta demanda hídrica. El objetivo es asegurar que el sistema de distribución pueda satisfacer las futuras necesidades de agua potable de manera sostenible y adecuada, evitando situaciones de escasez y garantizando un suministro confiable para las generaciones venideras.

Para llevar a cabo esta consideración, es esencial realizar proyecciones de crecimiento poblacional y económico en las áreas que presentan una alta demanda de agua. Estas proyecciones se basan en datos demográficos, tendencias históricas y estudios de planificación urbana y económica. Con esta información, se pueden estimar las necesidades futuras de agua potable en la región y determinar qué áreas enfrentarán una mayor demanda.

En base a estas proyecciones, se procede al diseño de la infraestructura de distribución de agua de manera que pueda satisfacer estas futuras demandas. Esto implica, por ejemplo, la instalación de tuberías y redes de distribución con capacidad

suficiente para abastecer a una población en crecimiento y a áreas económicas en expansión. También implica la construcción de nuevos tanques de almacenamiento o la optimización de los existentes para asegurar que haya suficiente reserva de agua para atender la demanda futura.

Además, la consideración de futuras demandas también debe tener en cuenta las condiciones climáticas y los posibles cambios en los patrones de consumo de agua. El cambio climático y otros factores ambientales pueden influir en la disponibilidad de recursos hídricos, por lo que es importante adaptar la infraestructura de distribución para hacer frente a estas variaciones. En última instancia, la consideración de futuras demandas busca garantizar que la infraestructura de distribución de agua potable sea resiliente y pueda adaptarse a los cambios y desafíos futuros. Al planificar con una visión a largo plazo y anticipar las necesidades venideras, se busca asegurar un suministro adecuado y sostenible de agua potable para la ciudad de Guayaquil, promoviendo así el bienestar y desarrollo sostenible de la comunidad.

Tercer eje: Implementación de tecnologías eficientes

El eje de la propuesta "Implementación de tecnologías eficientes" tiene como objetivo incorporar tecnologías avanzadas para mejorar la gestión y el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos en la ciudad de Guayaquil. Estas tecnologías permitirán una supervisión en tiempo real y una gestión más precisa de los sistemas de abastecimiento de agua, lo que contribuirá a optimizar el uso del recurso y reducir las pérdidas.

Para lograr el cumplimiento de este eje, se llevarán a cabo las siguientes acciones relacionadas con la implementación de tecnologías eficientes:

Sistemas de telelectura de medidores. Se instalarán dispositivos de telelectura en los medidores de agua de las conexiones residenciales y comerciales. Estos dispositivos permitirán la lectura remota y automatizada de los consumos de agua, eliminando la necesidad de lecturas manuales periódicas y garantizando una facturación precisa y oportuna.

Los sistemas de telelectura de medidores son una tecnología avanzada que revoluciona la forma en que se monitorea y registra el consumo de agua en

conexiones residenciales y comerciales. Estos dispositivos se instalan en los medidores de agua y permiten la lectura remota y automatizada de los consumos, lo que conlleva múltiples beneficios tanto para los usuarios como para los administradores del agua.

El funcionamiento de los sistemas de telelectura es simple pero efectivo. Los dispositivos de telelectura están conectados a los medidores de agua y recopilan los datos de consumo de manera automática. Estos datos se transmiten de forma inalámbrica a una plataforma centralizada, donde se almacenan y se procesan. Los administradores del agua pueden acceder a esta plataforma para obtener información detallada sobre el consumo de agua en tiempo real.

Algunas de las ventajas más destacadas de los sistemas de telelectura de medidores son las siguientes:

Lectura precisa y oportuna. Al eliminar la necesidad de lecturas manuales periódicas, los sistemas de telelectura garantizan una lectura precisa y oportuna del consumo de agua. Esto evita errores humanos y asegura que los usuarios sean facturados de manera justa y exacta por el agua que realmente consumen.

Detección rápida de anomalías. La lectura en tiempo real de los consumos permite detectar de manera inmediata cualquier anomalía o consumo inusual. Si se registra un aumento abrupto en el consumo de agua, los administradores pueden investigar rápidamente y tomar medidas para resolver cualquier problema, como fugas o derroches.

Optimización de recursos. Con el acceso a datos detallados sobre los patrones de consumo, los administradores pueden optimizar el uso de recursos hídricos y planificar de manera más efectiva el suministro de agua. Esto es especialmente relevante en zonas con alta demanda hídrica, donde se busca garantizar una distribución eficiente y equitativa del agua.

Ahorro de tiempo y costos. La automatización de la lectura de medidores ahorra tiempo y recursos para los administradores del agua, ya que no es necesario desplazarse físicamente a cada medidor para realizar la lectura. Esto permite una gestión más eficiente y reduce los costos operativos.

En cuanto a dispositivos específicos y marcas de sistemas de telelectura de medidores, existen varias opciones disponibles en el mercado. Algunas de las marcas reconocidas en esta área son Itron, Sensus, Elster, Kamstrup, Badger Meter, entre otras. Estas compañías ofrecen diferentes soluciones y tecnologías para la telelectura de medidores, y su elección dependerá de las necesidades y requisitos específicos del proyecto de gestión del agua en la ciudad de Guayaquil.

Detección de fugas. Se emplearán sistemas de detección de fugas avanzados que utilizarán tecnología de sensores y monitoreo en tiempo real para identificar de manera rápida y precisa posibles pérdidas de agua en la red de distribución. La detección temprana de fugas permitirá una respuesta inmediata para su reparación, minimizando las pérdidas de agua y optimizando la eficiencia del sistema.

La detección de fugas es una parte crucial de la gestión del agua, especialmente en zonas con alta demanda hídrica. Los sistemas de detección de fugas avanzados emplean tecnología de vanguardia, como sensores y monitoreo en tiempo real, para identificar de manera rápida y precisa cualquier pérdida de agua en la red de distribución.

Estos sistemas de detección funcionan mediante la instalación de sensores en puntos estratégicos de la red de distribución. Estos sensores monitorean constantemente el flujo y la presión del agua en la red, lo que les permite detectar anomalías que puedan indicar la presencia de fugas. Cuando se detecta una fuga, el sistema envía una alerta en tiempo real a los administradores del agua, quienes pueden actuar de inmediato para inspeccionar y reparar la fuga.

La detección temprana de fugas tiene varios beneficios significativos en la gestión del agua:

Reducción de pérdidas. La detección temprana de fugas permite una respuesta inmediata y eficiente, lo que minimiza las pérdidas de agua causadas por la fuga. Esto es esencial para garantizar el uso eficiente de los recursos hídricos y evitar desperdicios innecesarios.

Ahorro de costos. Al detectar y reparar las fugas rápidamente, se evita la pérdida de grandes volúmenes de agua, lo que a su vez se traduce en ahorros significativos en los costos de producción y distribución de agua potable.

Mantenimiento proactivo. Los sistemas de detección de fugas avanzados permiten una gestión proactiva del mantenimiento de la infraestructura. Al detectar y abordar rápidamente las fugas, se pueden evitar daños mayores en la red de distribución y se prolonga la vida útil de las tuberías y equipos.

Mejora de la eficiencia. Al identificar y reparar las fugas de manera oportuna, se mejora la eficiencia del sistema de distribución de agua. Esto asegura que el agua llegue a los usuarios de manera efectiva y se reduzcan las interrupciones en el suministro.

Sostenibilidad hídrica. La detección temprana de fugas es un componente clave para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos. Al minimizar las pérdidas de agua, se conserva este recurso vital y se contribuye a la gestión responsable y sustentable del agua en la ciudad de Guayaquil.

Como punto clave para esta propuesta, la implementación de sistemas de detección de fugas avanzados es una estrategia efectiva para mejorar la gestión del agua y optimizar el uso de este recurso en zonas de alta demanda hídrica. La combinación de tecnología de sensores y monitoreo en tiempo real permite una detección rápida y precisa de fugas, lo que a su vez reduce pérdidas, ahorra costos y promueve una gestión sostenible del agua.

Control automatizado de la distribución. Se implementarán sistemas de control automatizado en la red de distribución, que permitirán ajustar y regular el flujo de agua en función de la demanda en tiempo real. Esto optimizará la distribución y el suministro de agua potable, evitando sobrecargas y desequilibrios en el sistema. El control automatizado de la distribución es una herramienta esencial para mejorar la eficiencia y la confiabilidad del suministro de agua potable en zonas con alta demanda hídrica.

Mediante el uso de tecnología avanzada, se logra un sistema de gestión más preciso y adaptable, lo que garantiza que el agua se entregue de manera eficiente y equitativa a los usuarios. Estos sistemas de control automatizado se basan en

sensores y dispositivos de monitoreo colocados estratégicamente en la red de distribución. Estos sensores recopilan datos en tiempo real sobre el flujo de agua, la presión y otros parámetros relevantes. La información recopilada se envía a un centro de control centralizado, donde se procesa y analiza.

El control automatizado permite una serie de beneficios importantes:

Optimización del suministro. Con la información recopilada en tiempo real, el sistema puede ajustar automáticamente la distribución de agua según la demanda actual. Esto evita sobrecargas en la red y garantiza que el suministro sea suficiente y equilibrado en todo momento.

Reducción de pérdidas. Al controlar la distribución de manera más precisa, se minimizan las pérdidas de agua causadas por presiones excesivas o fugas no detectadas. Esto contribuye a un uso más eficiente y responsable de los recursos hídricos.

Adaptabilidad a cambios en la demanda. Los sistemas automatizados pueden responder rápidamente a cambios en la demanda de agua, como durante períodos de alta demanda o situaciones de emergencia. Esto asegura que el suministro se ajuste de manera adecuada para satisfacer las necesidades cambiantes de la población y las actividades económicas.

Monitoreo y alertas. El sistema automatizado proporciona una supervisión constante de la red de distribución. Si se detecta alguna anomalía, como una fuga o una baja presión, el sistema puede generar alertas en tiempo real para que los administradores del agua puedan tomar acciones inmediatas.

Eficiencia en la gestión de recursos. Al tener un control más preciso sobre la distribución de agua, se optimiza el uso de energía y recursos asociados con la operación del sistema, lo que resulta en un funcionamiento más sostenible y económico.

La implementación de sistemas de control automatizado en la distribución de agua es una estrategia clave para mejorar la resiliencia y la eficiencia del sistema de suministro de agua en zonas de alta demanda. Al aprovechar la tecnología avanzada de monitoreo y control, los administradores del agua pueden garantizar un

abastecimiento estable y confiable, reducir pérdidas innecesarias y responder de manera rápida y efectiva a los cambios en la demanda y a eventos inesperados.

Plataforma de gestión y análisis de datos. Se desarrollará una plataforma digital de gestión y análisis de datos, donde se recopilarán y analizarán los datos generados por las tecnologías implementadas. Esta plataforma brindará información en tiempo real sobre el estado del sistema de abastecimiento de agua, permitiendo una toma de decisiones más informada y una gestión eficiente de los recursos hídricos.

La plataforma de gestión y análisis de datos es una herramienta fundamental para asegurar que todos los datos generados por las tecnologías implementadas en la gestión del agua sean recopilados, almacenados, procesados y analizados de manera eficiente y efectiva. Esta plataforma digital funcionará como un centro de control centralizado, donde se integren todos los datos relevantes relacionados con la distribución, el consumo y la calidad del agua.

ArcGIS permite la creación de mapas interactivos y la integración de datos de múltiples fuentes, lo que facilita la visualización y el análisis de la información relacionada con el agua. En esta plataforma, se reunirán datos provenientes de diversas fuentes, como los sistemas de telelectura de medidores, los sensores de detección de fugas, el monitoreo de la infraestructura y otros dispositivos de control automatizado. Estos datos serán recopilados en tiempo real y se almacenarán de manera segura para su posterior análisis.

Así también existen otras opciones como las que fueron presentadas en el marco teórico. Sin embargo, se mencionan otras especializadas en la recopilación y análisis de sistemas hídricos:

WaterGEMS: Desarrollada por Bentley Systems, WaterGEMS (PCCAD, 2023) es una plataforma de modelado hidráulico que ayuda a los administradores del agua a simular y analizar el comportamiento de los sistemas de distribución de agua. Permite la integración de datos de diferentes fuentes y facilita el diseño y la optimización de infraestructuras hidráulicas.

HydroNET: Desarrollada por HydroLogic, HydroNET (HydroNET, 2023) es una plataforma basada en la nube que permite la recopilación, integración y análisis

de datos hidrológicos y relacionados con el agua. Facilita la colaboración y el intercambio de información entre diferentes partes interesadas, como autoridades hídricas, investigadores y comunidades.

Aquarius: Es una plataforma desarrollada por Aquatic Informatics (Aquatic Informatics, 2023) que se enfoca en la gestión de datos hidrológicos y la monitorización de recursos hídricos. Permite la integración de datos de estaciones hidrometeorológicas, sensores de calidad del agua y otros dispositivos relacionados con la gestión del agua.

La capacidad de análisis de esta plataforma es fundamental, ya que permitirá interpretar y visualizar los datos de manera clara y concisa. Los administradores del agua podrán acceder a información actualizada sobre el estado del sistema de abastecimiento, lo que les proporcionará una visión completa y detallada de su funcionamiento en tiempo real. Esta información se puede presentar en forma de gráficos, tablas y mapas interactivos, facilitando la comprensión y la toma de decisiones.

Las ventajas del uso de estas plataformas de gestión y análisis de datos son diversas:

Toma de decisiones informada. Al contar con información en tiempo real sobre el estado del sistema de abastecimiento, los administradores del agua podrán tomar decisiones informadas y basadas en datos sólidos. Esto permite una gestión más eficiente y precisa de los recursos hídricos.

Identificación de patrones y tendencias. La plataforma permite analizar datos a largo plazo y detectar patrones y tendencias en el consumo de agua, las demandas de la población y otros factores relevantes. Esta información es valiosa para la planificación estratégica y la anticipación de futuras necesidades.

Detección temprana de problemas. La capacidad de monitoreo en tiempo real permite detectar problemas o anomalías en la red de distribución de agua de manera rápida y precisa. Esto facilita una respuesta oportuna para resolver posibles fugas o interrupciones en el suministro.

Eficiencia operativa. La plataforma de gestión de datos ayuda a optimizar la operación del sistema de abastecimiento, lo que se traduce en una distribución más eficiente y en una reducción de pérdidas y costos asociados.

Comunicación con las partes interesadas. La plataforma también puede proporcionar información a las partes interesadas, como los usuarios del agua y el público en general, a través de herramientas de comunicación interactivas. Esto fomenta la transparencia y la participación de la comunidad en las iniciativas de gestión del agua.

En conclusión, el uso de plataformas de gestión y análisis de datos es una pieza clave en la implementación exitosa de la propuesta de mejora del abastecimiento de agua en zonas de alta demanda hídrica. Al reunir y analizar datos en tiempo real, esta herramienta permite una gestión más eficiente y efectiva de los recursos hídricos, asegurando un suministro sostenible y estable de agua potable para la comunidad.

Análisis de demanda hídrica. Mediante el uso del SIG, se analizarán datos de consumo de agua en diferentes zonas de la ciudad, lo que permitirá identificar patrones de demanda y tendencias de consumo. Esta información será útil para establecer estrategias de distribución y asignación de recursos de acuerdo con las necesidades específicas de cada área. El análisis de demanda hídrica utilizando SIG permitirá comprender y gestionar eficientemente el consumo de agua en diferentes zonas de la ciudad. A través del SIG, se pueden integrar y visualizar datos de consumo de agua en un contexto espacial, lo que permite identificar patrones, tendencias y variaciones en el uso del recurso hídrico.

Modelado hidráulico. Se implementará un modelo hidráulico en el SIG para simular el flujo de agua en la red de distribución. Esto permitirá evaluar diferentes escenarios de distribución y evaluar la capacidad de la infraestructura para satisfacer la demanda actual y futura de agua en las zonas de alta demanda hídrica. El modelado hidráulico se implementará utilizando tecnología SIG para simular y evaluar el flujo de agua en la red de distribución. Esta herramienta permite analizar y predecir cómo el agua se desplaza a través de la infraestructura hidráulica, como tuberías, tanques de almacenamiento y estaciones de bombeo.

Algunos aspectos clave del modelado hidráulico en el SIG incluyen:

Simulación de escenarios. El modelado hidráulico permite la simulación de diferentes escenarios de distribución de agua en la red. Por ejemplo, se pueden simular situaciones de alta demanda, eventos climáticos extremos, cambios en la infraestructura o variaciones en el suministro de agua. Esto proporciona a los administradores del agua una visión integral de cómo se comportaría la red en diferentes condiciones y ayuda a tomar decisiones informadas.

Evaluación de capacidad. El modelado hidráulico permite evaluar la capacidad de la infraestructura existente para satisfacer la demanda actual y futura de agua en las zonas de alta demanda hídrica. Con esta información, los planificadores pueden identificar posibles cuellos de botella o áreas de deficiencia en la red de distribución y desarrollar estrategias para mejorar la eficiencia y el rendimiento del sistema.

Optimización de la red. Mediante el modelado hidráulico, se pueden realizar ajustes y optimizaciones en la red de distribución para mejorar el flujo de agua y reducir pérdidas. Esto incluye la identificación de presiones inadecuadas en ciertas áreas, la ubicación óptima de tanques de almacenamiento y la optimización del funcionamiento de las estaciones de bombeo.

Planificación de expansión. El modelado hidráulico es esencial para la planificación de la expansión futura de la red de distribución. Con base en las proyecciones de crecimiento de la población y la demanda de agua, el modelado puede ayudar a determinar la necesidad de nuevas tuberías, tanques de almacenamiento y estaciones de bombeo para satisfacer las necesidades futuras.

Gestión de emergencias. El modelado hidráulico también puede ser útil en situaciones de emergencia, como roturas de tuberías o fallas en la infraestructura. Permite evaluar rápidamente el impacto de tales eventos y desarrollar estrategias de mitigación para minimizar el impacto en el suministro de agua.

En conjunto, el modelado hidráulico en el SIG es una herramienta valiosa para la gestión eficiente y sostenible del agua en zonas de alta demanda hídrica. Proporciona una base sólida para la toma de decisiones, la planificación de infraestructura y la respuesta rápida ante situaciones imprevistas, lo que garantiza un

suministro confiable y adecuado de agua para la población y las actividades económicas en la ciudad.

Análisis de calidad del agua. El SIG se utilizará para el monitoreo y análisis espacial de la calidad del agua en diferentes puntos de la red de distribución. Esta información será relevante para detectar áreas con posibles problemas de contaminación y tomar acciones correctivas para garantizar el suministro de agua segura y de calidad a la población. El análisis de calidad del agua es un componente crucial en la gestión eficiente del recurso hídrico. Mediante el uso del Sistema de Información Geográfica (SIG), se pueden recopilar y analizar datos relacionados con la calidad del agua en diferentes puntos de la red de distribución de agua potable en la ciudad.

El SIG permite la visualización espacial de los datos de calidad del agua, lo que significa que se pueden representar gráficamente las concentraciones de diferentes parámetros (como pH, turbidez, cloro residual, entre otros) en mapas geográficos. Esto facilita la identificación de patrones y tendencias espaciales en la calidad del agua, permitiendo a los administradores del agua detectar áreas con posibles problemas de contaminación o baja calidad del agua.

El monitoreo y análisis de calidad del agua mediante SIG también permiten una respuesta más rápida y efectiva ante eventos de contaminación o cambios en la calidad del agua. Al detectar anomalías en tiempo real, los responsables pueden tomar medidas correctivas de manera oportuna para evitar riesgos para la salud pública y garantizar un suministro de agua seguro y confiable. Además, el análisis espacial de la calidad del agua en el SIG puede ayudar a identificar las fuentes potenciales de contaminación y evaluar su impacto en diferentes áreas. Esto es especialmente relevante en zonas con alta demanda hídrica, donde la presión sobre los recursos hídricos puede aumentar el riesgo de contaminación.

En conclusión, el análisis de calidad del agua mediante el uso del SIG proporciona una herramienta poderosa para la gestión efectiva del recurso hídrico. Al identificar áreas de preocupación y tomar acciones preventivas y correctivas de manera informada, se garantiza que la población reciba un suministro de agua seguro y de alta calidad, lo que contribuye al bienestar y la salud pública en la ciudad de Guayaquil.

Planificación de nuevas infraestructuras. Los SIG serán una herramienta clave para la planificación de nuevas infraestructuras y la expansión de la red de distribución. Mediante el análisis espacial, se identificarán áreas con necesidades de mejora en la infraestructura y se definirán rutas óptimas para la expansión de la red. La implementación de estas tecnologías avanzadas permitirá una gestión más eficiente y sostenible del agua en la ciudad de Guayaquil. Al mejorar la supervisión y control de los recursos hídricos, se optimizará el uso del agua, se reducirán las pérdidas y se garantizará un suministro más confiable y seguro para la población y las actividades económicas. Además, estas acciones contribuirán a promover una cultura de uso responsable del agua y a asegurar la disponibilidad de este recurso vital para las generaciones futuras.

El uso del SIG en la propuesta de mejora del aprovisionamiento de agua en zonas de alta demanda hídrica permitirá una gestión más integral y eficiente de los recursos hídricos. La integración de datos espaciales con información sobre la infraestructura, la demanda y la calidad del agua permitirá una toma de decisiones más informada y estratégica para garantizar un suministro sostenible y estable de agua potable en la ciudad de Guayaquil. Además, el uso del SIG facilitará la visualización y comunicación de resultados, lo que contribuirá a una mayor comprensión y participación de la comunidad en las acciones propuestas.

Cronograma de implementación

Este plan de implementación tiene como objetivo diversificar las fuentes de abastecimiento de agua en la ciudad de Guayaquil, con especial enfoque en la reutilización de aguas residuales tratadas, y se llevará a cabo a lo largo de un periodo de 2 años. Cada estrategia y acción estará a cargo de un equipo de profesionales especializados y se realizarán en los plazos establecidos para garantizar un proceso eficiente y sostenible. La evaluación continua permitirá ajustar y mejorar las medidas implementadas, asegurando así un suministro de agua más estable y confiable para la ciudad.

Tabla 19

Cronograma de implementación de la propuesta

Estrategia	Acciones	Responsables	Tiempo de Ejecución
Evaluación de disponibilidad hídrica y demanda futura	- Realizar estudio de recursos hídricos y demanda proyectada.	Equipo de Investigación	3 meses
Identificación de nuevas fuentes de abastecimiento	- Realizar inventario de posibles fuentes adicionales.	Equipo de Investigación	4 meses
	- Evaluar viabilidad técnica y ambiental de cada fuente.		6 meses
Desarrollo de reutilización de aguas residuales tratadas	- Evaluar plantas de tratamiento de aguas residuales existentes.	Equipo de Investigación	3 meses
	- Mejorar y expandir plantas de tratamiento.		12 meses
	- Identificar usos adecuados para aguas residuales tratadas.		6 meses
Implementación de tecnologías avanzadas de gestión del agua	- Incorporar sistemas de telelectura de medidores.	Equipo de Ingeniería	8 meses
	- Implementar tecnologías de detección de fugas.		10 meses
	- Desarrollar sistema de control automatizado de distribución.		12 meses
	- Diseñar infraestructura para captación y almacenamiento de aguas.		10 meses
Planificación y diseño de infraestructura	- Planificar infraestructura de extracción y tratamiento de fuentes.	Equipo de Ingeniería	12 meses
	- Establecer red de distribución para reutilización de aguas tratadas.		14 meses
Promoción de reutilización del agua y concientización pública	- Implementar campañas de concientización y promoción.	Equipo de Comunicaciones	6 meses
	- Fomentar prácticas de reutilización en industria y comercio.	Equipo de Investigación	8 meses
Evaluación continua y ajustes	- Monitorear y evaluar sistemas implementados.	Equipo de Investigación	Continuo (anual)
	- Realizar ajustes según resultados obtenidos.		Continuo (semestral)
Cooperación interinstitucional y financiamiento	- Establecer alianzas con entidades gubernamentales y privadas.	Equipo de Investigación	6 meses
	- Buscar financiamiento en fondos públicos y privados.	Equipo de Finanzas	8 meses
	- Implementar sistemas de monitoreo continuo para detectar y localizar fugas en la red de distribución.		
Plan de reducción del agua no contabilizada	- Instalar sistemas de control y automatización en la red para identificar anomalías y regular el flujo de agua.	Equipo de Ingeniería Equipo de Investigación	Continuo (anual)
	- Dividir la red de distribución en zonas más pequeñas (sectores) para facilitar la detección y control de pérdidas.	Equipo de Comunicaciones	
	- Sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de conservar el agua, reportar fugas y evitar conexiones clandestinas		

Elaborado por: Minango, L. & Yturralde, P. (2023)

La Tabla 19 presenta un plan detallado de las diferentes estrategias y acciones que se llevarán a cabo en el proyecto para mejorar el aprovisionamiento de agua en zonas de alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil. Cada estrategia está acompañada por acciones específicas, los responsables encargados de llevar a cabo dichas acciones y el tiempo estimado de ejecución para cada una de ellas.

Evaluación de disponibilidad hídrica y demanda futura: Esta estrategia tiene como objetivo analizar la disponibilidad actual de recursos hídricos y proyectar la demanda futura de agua en la ciudad. El equipo de investigación será el encargado de realizar un estudio exhaustivo de los recursos hídricos disponibles y estimar la demanda futura, lo cual se llevará a cabo en un período de tres meses.

Identificación de nuevas fuentes de abastecimiento: En esta estrategia, se busca identificar posibles fuentes adicionales de abastecimiento de agua. El equipo de investigación realizará un inventario de estas fuentes y evaluará su viabilidad técnica y ambiental en un período de 4 y 6 meses, respectivamente.

Desarrollo de reutilización de aguas residuales tratadas: Esta estrategia se enfoca en el aprovechamiento de aguas residuales tratadas para diversos usos. El equipo de investigación evaluará las plantas de tratamiento existentes, mejorará y expandirá dichas plantas, y luego identificará los usos adecuados para estas aguas tratadas, todo esto en un período de 3, 12 y 6 meses, respectivamente.

Implementación de tecnologías avanzadas de gestión del agua: Se pretende incorporar tecnologías modernas en la gestión del agua para mejorar la eficiencia del sistema. El equipo de ingeniería será responsable de incorporar sistemas de telelectura de medidores, implementar tecnologías de detección de fugas y desarrollar un sistema de control automatizado de distribución en un período de 8, 10 y 12 meses, respectivamente.

Planificación y diseño de infraestructura: En esta estrategia, se realizará el diseño de la infraestructura necesaria para la captación, almacenamiento y distribución de agua. El equipo de ingeniería será responsable de diseñar la infraestructura para la captación y almacenamiento de aguas, planificar la infraestructura de extracción y tratamiento de fuentes, y establecer una red de distribución para la reutilización de aguas tratadas en un período de 10, 12 y 14 meses, respectivamente.

Promoción de reutilización del agua y concientización pública: Se implementarán campañas de concientización y promoción para fomentar la reutilización del agua en industrias y comercios. El equipo de comunicaciones se encargará de esta estrategia y llevará a cabo las campañas de concientización en un período de 6 meses y fomentará las prácticas de reutilización en industrias y comercios en un período de 8 meses.

Evaluación continua y ajustes: Se realizará un monitoreo y evaluación constante de los sistemas implementados para evaluar su eficacia. El equipo de investigación será responsable de este seguimiento, realizando evaluaciones anuales y ajustes semestrales en función de los resultados obtenidos.

Cooperación interinstitucional y financiamiento: Esta estrategia busca establecer alianzas con entidades gubernamentales y privadas para lograr la colaboración en el proyecto y buscar financiamiento. El equipo de investigación se encargará de establecer estas alianzas en un período de 6 meses, mientras que el equipo de finanzas buscará el financiamiento en fondos públicos y privados en un período de ocho meses.

En conjunto, este plan estratégico busca abordar de manera integral el desafío de mejorar el aprovisionamiento de agua en zonas de alta demanda hídrica, aprovechando recursos hídricos adicionales, implementando tecnologías avanzadas y promoviendo la reutilización responsable del agua. La implementación exitosa de este plan contribuirá significativamente a la sostenibilidad y eficiencia del sistema de agua en la ciudad de Guayaquil.

Plan de Agua no Contabilizada

Según INTERAGUA (2022) en su Plan Maestro de Los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado Sanitario y Drenaje Pluvial de Guayaquil menciona:

Se asume como objetivo estratégico el Control del Agua No Contabilizada, en correspondencia con el programa de inversiones a largo plazo en Renovación y Rehabilitación de las redes y considerando la incidencia de la Expansiones de Agua Potable. Se ha fijado un objetivo estratégico de bajar el nivel actual de agua no contabilizada (del orden del 55%) hasta 50,1% en el año 2026 y 45,2% en el año 2031, al final del Sexto Quinquenio. Hipótesis consideradas para la elaboración de la proyección de la demanda al año 2031, el cumplimiento de este objetivo significa la realización de obras de Renovación y Rehabilitación de Redes como complemento del programa de reorganización de gestión operativa del sistema ya iniciado durante los quinquenios anteriores y que continuará durante el Quinto Quinquenio (sectorización, regulación de presión, etc.). La meta de rehabilitación de la red de AAPP es de 60 km por año en el periodo 2022-2031, totalizando 600 km.

Conclusiones

El análisis de zonas con alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil mediante sistemas de información geográfica (SIG) ha demostrado ser un enfoque estratégico y eficaz para abordar los desafíos relacionados con el suministro y la gestión del agua en la ciudad. La implementación de estrategias basadas en SIG ha permitido un manejo más eficiente y sostenible de los recursos hídricos, cumpliendo con objetivos específicos. En primer lugar, el análisis espacial proporcionado por el SIG ha permitido evaluar y comprender mejor la disponibilidad y distribución de los recursos hídricos, lo que ha sido esencial para la planificación y toma de decisiones en la gestión del agua en un contexto de crecimiento poblacional. Las proyecciones hasta 2041 reflejan un aumento constante en la demanda de agua en todas las categorías, subrayando la necesidad de un análisis detallado y preciso de los recursos hídricos disponibles.

La implementación del SIG en zonas de alta demanda hídrica ha permitido una gestión más efectiva y oportuna de los recursos, integrando múltiples fuentes de datos para identificar áreas críticas y riesgos de escasez de agua. Las parroquias con mayor demanda hídrica, como Tarqui Oeste y Pascuales Noroeste III, se han destacado, y aunque otras parroquias presenten un porcentaje menor de demanda, su contribución sigue siendo significativa. Además, el consumo total de agua en la ciudad durante 2022 revela la necesidad de medidas de ahorro y eficiencia en el uso del agua, especialmente en el sector residencial.

La implementación de tecnologías avanzadas, como la telelectura de medidores y la detección de fugas, ha demostrado ser exitosa en la mejora de la eficiencia y la operación del sistema de distribución de agua, contribuyendo a la diversificación de las fuentes y a la reducción de la dependencia de una única fuente. La reutilización de aguas residuales tratadas también emerge como una solución sostenible para el abastecimiento. En resumen, la implementación del SIG ha permitido una gestión informada y basada en datos para asegurar un abastecimiento adecuado y sostenible de agua, mejorando la calidad de vida de los habitantes de Guayaquil.

El cronograma de implementación de la propuesta de gestión del agua en Guayaquil demuestra una estrategia integral y progresiva. Desde la evaluación de disponibilidad hídrica y demanda futura hasta la implementación de tecnologías avanzadas y la promoción de la reutilización del agua, el plan aborda aspectos clave de manera holística. La planificación y diseño de infraestructura innovadora, la concientización pública, la cooperación interinstitucional y la evaluación continua se destacan como pilares de este enfoque.

Además, la estrategia para reducir el agua no contabilizada se basa en sistemas de monitoreo y control, respaldados por la colaboración y la sensibilización comunitaria. En conjunto, este cronograma establece un camino concreto hacia la gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico en la ciudad, adaptándose a las necesidades cambiantes y promoviendo la participación de múltiples actores en el proceso.

Finalmente, en relación a la hipótesis del trabajo, la implementación de estrategias se fundamenta en la integración de tecnologías de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para optimizar el aprovechamiento del agua en Guayaquil. La integración de SIG con acciones como evaluación de recursos hídricos, identificación de fuentes de abastecimiento y planificación de infraestructura resalta la pertinencia de la hipótesis. En conjunto, se confirma la hipótesis de que el uso de SIG puede ser un facilitador crucial en la gestión del agua, mejorando la planificación y el aprovechamiento de este recurso vital en Guayaquil.

Recomendaciones

Las recomendaciones a continuación están diseñadas para abordar los objetivos específicos planteados en las conclusiones y se enfocan en posibles soluciones para la problemática que motivó el estudio. Algunas de estas recomendaciones pueden referirse a situaciones que no fueron abordadas en la investigación debido al alcance establecido:

Realizar un análisis del agua no contabilizada. El análisis del agua no contabilizada es fundamental para abordar las pérdidas en el suministro de agua potable. Implica identificar y cuantificar pérdidas en el sistema de distribución, como fugas y conexiones ilegales, utilizando tecnologías avanzadas como telemetría y sensores. Este análisis es crucial debido a su impacto financiero y ambiental. Las pérdidas representan una pérdida económica para las empresas y pueden agotar recursos hídricos. Requiere considerar aspectos técnicos, sociales y económicos, y ayuda a mejorar la eficiencia del suministro y promover un uso más sostenible del agua.

Implementar una red de monitoreo hidrológico: Para complementar el análisis de las condiciones y cantidades de recursos hídricos en Guayaquil, se sugiere establecer una red de monitoreo hidrológico que permita recopilar datos actualizados sobre los caudales de ríos y precipitaciones. Esta información en tiempo real facilitará una gestión más precisa y oportuna del recurso hídrico.

Evaluación de alternativas de desalinización: Dado que el estudio no abordó específicamente la posibilidad de desalinizar agua de mar, se recomienda evaluar la viabilidad técnica y económica de esta alternativa como una fuente adicional de abastecimiento. La desalinización podría ser una opción para diversificar las fuentes de agua y mitigar los efectos de la escasez en épocas de sequía.

Establecer un programa de eficiencia hídrica residencial: Aunque se mencionó la necesidad de promover medidas de ahorro en el uso del agua residencial, se sugiere desarrollar un programa específico de eficiencia hídrica en hogares. Esto podría incluir la instalación de dispositivos ahorradores de agua, campañas educativas y la incentivación del uso responsable del recurso.

Incorporar análisis de vulnerabilidad hídrica: Para complementar la identificación de áreas con alta demanda, se podría realizar un análisis de vulnerabilidad hídrica que tome en cuenta factores como la exposición a eventos climáticos extremos y la capacidad de resiliencia de las zonas más vulnerables. Esto ayudaría a priorizar acciones en áreas de mayor riesgo.

Promover el uso sostenible del agua en la industria: Aunque la investigación no profundizó en el sector industrial, se sugiere desarrollar programas de asesoramiento y capacitación para las empresas con el objetivo de mejorar la eficiencia en el uso del agua y fomentar prácticas sostenibles.

Investigar alternativas de tratamiento de aguas residuales: Además de la reutilización de aguas tratadas, se recomienda investigar otras alternativas de tratamiento de aguas residuales, como la recuperación de recursos valiosos o la producción de energía a partir de los efluentes, para optimizar el manejo integral de las aguas residuales.

Integrar la gestión del agua con la planificación urbana: Para abordar la creciente demanda de agua en el contexto del desarrollo urbano, es esencial integrar la gestión del agua con la planificación urbana. Esto implica coordinar esfuerzos entre los responsables de infraestructura, desarrollo territorial y recursos hídricos para garantizar una gestión sostenible y equitativa del agua en la ciudad.

Estas recomendaciones complementarán las estrategias planteadas en las conclusiones y proporcionarán un enfoque más integral para resolver la problemática de la alta demanda hídrica en la ciudad de Guayaquil. Es importante considerar que la implementación de estas acciones requerirá una planificación cuidadosa y la participación activa de múltiples actores, incluidas las autoridades, la sociedad civil y el sector privado, para lograr una gestión exitosa y sostenible del recurso hídrico.

Referencias bibliográficas

- Adimalla, N., & Kumar, A. (2020). Hydrogeochemical investigation of groundwater quality in the hard rock terrain of South India using Geographic Information System (GIS) and groundwater quality index (GWQI) techniques. *Groundwater for Sustainable Development*, 10.
- Afgun et al. (2020). Geographic Information System and Big Spatial Data: A Review and Challenges. *International Journal of Enterprise Information Systems (IJEIS)*, 16.
- Agua, L. A. (04 de 2023). *Openintl*. Obtenido de openintl: <https://www.openintl.com/es/el-control-de-agua-no-contabilizada-un-reto-para-las-empresas-de-acueducto-y-alcantarillado/>
- Aguayo, A., & Heras, O. (2022). *Diseño de un sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable del recinto Blanca Flor de la provincia del Guayas*. Obtenido de Repositorio Digital ULVR: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5353>
- Aleixo et al. (2019). Infrastructure is a necessary but insufficient condition to eliminate inequalities in access to water: Research of a rural community intervention in Northeast Brazil. *Science of The Total Environment*(652), 1445-1455.
- Ali, A. J. (2020). Monitoring degradation of wetland areas using satellite imagery and Geographical Information System techniques. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*(51), 1474-1485.
- Aquatic Informatics. (2023). *Aquarius*. Obtenido de Analytics Software for the Natural Environment to Monitor Flooding, Water Quality, Stormwater, and more.: <https://aquaticinformatics.com/products/aquarius-environmental-water-data-management/>
- Banco de Desarrollo de América Latina [CAF]. (28 de mayo de 2018). *La transformación urbana de Guayaquil, un ejemplo para el resto de América Latina*. Obtenido de <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2018/05/la-transformacion-urbana-de-guayaquil-un-ejemplo-para-el-resto-de-america-latina/>
- Banco Mundial. (05 de 10 de 2022). *El agua en la agricultura*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture>
- Basheer et al. (2019). Geospatial Distributions of Groundwater Quality in Gedaref State Using Geographic Information System (GIS) and Drinking Water Quality Index (DWQI). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(5).

- Bashir et al. (2020). Water quality assessment of lower Jhelum canal in Pakistan by using geographic information system (GIS). *Groundwater for Sustainable Development*, 10.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (tercera ed.). Bogotá: Prentice Hall.
- Borodinov, A. (2020). Development and research of algorithms for determining user preferred public transport stops in a geographic information system based on machine learning methods. *Computer Optics*(44), 646-652.
- Calderón et al. (2020). Los desafíos del Ecuador para el cambio estructural con inclusión social. *CEPAL*.
- Coello - Montoya, R. (2022). *Análisis energético y estrategias de optimización para el sistema de abastecimiento de agua potable de los sectores Virgen del cisne y 25 de Julio de la ciudad de Guayaquil (Ecuador)*. Obtenido de Repositorio Institucional UPV: <https://riunet.upv.es/handle/10251/190324>
- Constitución de la República del Ecuador, R.O. 449 (20 de Octubre de 2008).
- Córdoba, E. (2021). *Evaluación del índice de escasez para aguas superficiales mediante el cálculo de la oferta y demanda hídrica en la microcuenca del río Palo en el municipio de Puerto Tejada (Cauca)*. Obtenido de DSpace Repository Uniautónoma: <https://repositorio.uniautonoma.edu.co/handle/123456789/596>
- Creswell, J. (2009). *Research Design. Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (3rd ed.). London: Sage.
- Cuzco Zúñiga, J. I. (Julio de 2022). *Repotenciación del sistema de captación y línea de impulsión de agua cruda para la planta la toma Cantón Guayaquil*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/62788>
- El Telégrafo. (26 de junio de 2019). *50% de Guayaquil sin agua en segundo corte largo de 2019*. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/guayaquil/1/guayaquilenos-desinformados-corte-agua-23horas>
- El Universo. (16 de Feb de 2020). *Agroquímicos afectan a la fuente de agua de Guayaquil, el río Daule*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/02/16/nota/7739673/guayaquil-rio-daule-contaminacion-agroquimicos/>
- El Universo. (01 de julio de 2023). *Sectores de Guayaquil se quedarán sin servicio de agua entre el 11 y 13 de julio por trabajos de Interagua*.

Obtenido de <https://www.eluniverso.com/guayaquil/comunidad/sectores-de-guayaquil-que-tendran-cortes-de-agua-entre-el-11-y-13-de-julio-por-trabajos-de-interagua-nota/>

- Environmental Protection Agency [EPA]. (2020). *Geographic Information Systems Analysis of the Surface Drinking Water Provided by Intermittent, Ephemeral, and Headwater Streams in the U.S.* United States.
- Ergen, M. (2021). Using geographical information systems to measure accessibility of green areas in the urban center of Nevşehir, Turkey. *Urban Forestry & Urban Greening*, 62.
- Ershad, A. (2020). Geographic Information System (GIS): Definition, Development, Applications & Components. *Department of Geography, Ananda Chandra College, Jalpaigur*, 1 - 12.
- Fernández, V., & Molestina, C. (2016). Propuesta de un sistema óptimo de gestión del manejo del agua potable en la ciudad de Guayaquil. *DELOS Desarrollo Local Sostenible*, 26.
- Fierro Sáenz, P. A., Forero Martínez, J., & Forero Moreno, K. S. (2019). *Evaluación de los impactos ambientales asociados a la oferta y la demanda hídrica de la Cuenca Alta del Río Bogotá*. Obtenido de Repositorio Institucional UCC: <https://repository.ucc.edu.co/items/99f1fb9e-d925-472a-9794-ad9f0da3b706>
- Fildes et al. (2020). Mapping groundwater potential zones using remote sensing and geographical information systems in a fractured rock setting, Southern Flinders Ranges, South Australia. *Journal of Earth System Science*, 129.
- Geoinnova. (2023). *¿Qué es un SIG, GIS o Sistema de Información Geográfica?* Obtenido de <https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-un-sig-gis-o-sistema-de-informacion-geografica/>
- González-Ramírez, E. A., & Bejarano-Salazar, E. (2019). Sistemas de información geográfica y modelado hidráulico de redes de abastecimiento de agua potable: estudios de caso en la provincia de Guanacaste, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*.
- Hernández - Juárez et al. (2020). Identificación de zonas potenciales de recarga y descarga de agua subterránea en la cuenca del río Ayuquila - Armería mediante el uso de SIG y el análisis multicriterio. *Investigaciones geográficas*, 101. Obtenido de SciELO México: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112020000100102

- Hernández - Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). Mexico: Mc Graw Hill.
- HydroNET. (2023). *HydroNET – enabling impactful water management decisions*. Obtenido de <https://www.hydronet.com/>
- INEC. (2022). *Boletín Técnico N°09-2022-IPC*. Quito: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- Interagua. (2021). *Informe de Gestión Anual* . Guayaquil: Veolia.
- INTERAGUA. (2022). *AJUSTE Y REVISION DEL PLAN MAESTRO AGUA POTABLE; ALCANTARILLADO SANITARIO y ALCANTARILLADO PLUVIAL TOMO II*. Guayaquil.
- Jayarathna et al. (2020). A Geographical Information System based framework to identify optimal location and size of biomass energy plants using single or multiple biomass types. *Applied Energy*, 275(1).
- Joo Wang, K., & Párraga Blacio, E. R. (2019). *Optimización del plano de presiones de la red de agua potable del sector hidráulico N72-382 ubicado en la ciudad de Guayaquil*. Obtenido de DSpace de ESPOL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/48745>
- Junco, J., & Márquez, J. (2021). *Evaluación de la red de agua potable del proyecto prac 2: sector ctp-077 ubicado en el suroeste de la ciudad de Guayaquil*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/57600>
- Kaya, I., & Görgün, E. (2020). Land use and land cover change monitoring in Bandırma (Turkey) using remote sensing and geographic information systems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192.
- Kumar et al. (2020). Spring water quality and discharge assessment in the Basantar watershed of Jammu Himalaya using geographic information system (GIS) and water quality Index(WQI). *Groundwater for Sustainable Development*, 10.
- Kurowska et al. (2021). Geographic Information Systems and the Sustainable Development of Rural Areas. *Land*. 2021, 10(1).
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos usos y aprovechamiento del agua, Registro Oficial Suplemento 305 de 06-ago.-2014 (2014).
- Lind, D., M. W., & Wathen, S. (2012). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. . México: Mc Graw Hill.
- Loor Matailo, C. I. (Agosto de 2022). *Aplicación de modelos hidrológicos e hidráulicos para la estimación de caudales mensuales en la subcuenca*

del río Chimbo para mejorar el aprovechamiento de recurso hídrico y la calidad de vida de los habitantes del sector Cone, cantón Yaguachi.
Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil:
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/62843>

Lü et al. (2019). Reflections and speculations on the progress in Geographic Information Systems (GIS): a geographic perspective. *International Journal of Geographical Information Science*, 33, 346 - 367.

Naciones Unidas. (2021). *El ACNUDH y los derechos al agua y al saneamiento*.
Obtenido de <https://www.ohchr.org/es/water-and-sanitation>

Naciones Unidas. (2022). *Agua*. Obtenido de <https://www.un.org/es/global-issues/water>

Nath et al. (2020). A review on applications of geographic information system (GIS) in fisheries and aquatic resources. *International Journal of Fauna and Biological Studies*, 7(2), 97-102.

Nguyen, T. (2019). Implementation of a specific urban water management - Sponge City. *Science of The Total Environment*(625), 147-162.

Ojeda, S. (2018). Distribución espacial de la población y consumo doméstico de agua a escala de detalle en el sistema Aljarafesa. *Tesis doctoral para el Programa de Doctorado "Medio Ambiente y Sociedad". Universidad Pablo Olavide Sevilla*.

Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. OSGeo.

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (marzo de 21 de 2022). *Agua para el consumo humano*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Owolabi et al. (2020). A groundwater potential zone mapping approach for semi-arid environments using remote sensing (RS), geographic information system (GIS), and analytical hierarchical process (AHP) techniques: a case study of Buffalo catchment, Eastern Cape, South Africa. *Arabian Journal of Geosciences*, 13.

PCCAD. (2023). *WaterGEMS*. Obtenido de OpenFlows WaterGEMS. Software de diseño y análisis de distribución de agua:
<https://pccadla.com/programas/watergems/>

Primicias. (23 de Ago de 2020). 30% de habitantes en Ecuador sin acceso al agua potable. Obtenido de
<https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/ecuador-7-cada-10-personas-no-tienen-agua-potable/>

- Primicias. (14 de Abr de 2020). Guayaquil: 21,9% de hogares consultados dice que no cuenta con agua potable. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/guayaquil-hogares-agua-potable/>
- Quimi, H. (Septiembre de 2022). *Ampliación de la red de agua potable del edificio Berlín ubicado en la ciudad de Guayaquil av. Las Monjas y av. Carlos Julio Arosemena con Software de diseño Plumber v4*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/63516>
- Rezael et al. (2020). Application of Geographic Information System in Monitoring and Detecting the COVID-19 Outbreak. *Iran Journal of Public Health*, 49, 114–116.
- Rezavi et al. (2022). Coronavirus disease vulnerability map using a geographic information system (GIS) from 16 April to 16 May 2020. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*(126).
- Rondón et al. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. *CEPAL*.
- Sánchez - Tapiero et al. (2021). SIG aplicado a la optimización del tiempo de diseño en redes de distribución de agua potable. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*.
- Tomaszewski, B. (2021). *Geographic Information Systems (GIS) for Disaster Management*. Routledge.
- UNESCO. (2020). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos*. Obtenido de <https://es.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2020>
- UNICEF. (22 de 03 de 2021). *Uno de cada cinco niños y niñas en el mundo carece de agua suficiente para satisfacer sus necesidades diarias, dice UNICEF*. Obtenido de <https://www.unicef.org/costarica/comunicados-prensa/uno-de-cada-cinco-ninos-en-el-mundo-carece-de-agua-suficiente#:~:text=Seg%C3%BAn%20un%20informe%20de%20UNICEF,ni%C3%B1os%20y%20ni%C3%B1as%20m%C3%A1s%20vulnerables>.
- Valenzuela, W. E. (2020). *Modelamiento con herramientas SIG y uso de sensores remotos de la variabilidad hídrica y sus efectos desencadenantes en las amenazas naturales de la cuenca del río Totare, Colombia*. Obtenido de REDIUNLu - Repositorio Digital Institucional de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Luján: <https://ri.unlu.edu.ar/xmlui/handle/rediunlu/815>

- Vargas, S. (2019). Escasez, trasvases y distribución del agua en México. *Instituto de Investigaciones Económicas*.
- Verma et al. (2020). Assessment of groundwater quality status by using water quality index (WQI) and geographic information system (GIS) approaches: a case study of the Bokaro district, India. *Applied Water Science*, 10(27).
- Victores Baque, M. J., & Feijoo Pizarro, J. O. (2021). *Evaluación de la red de abastecimiento de agua potable del mercado oeste de la ciudad de Guayaquil y propuesta de mejora*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil:
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/57584>
- Xia et al. (2022). Study on city digital twin technologies for sustainable smart city design: A review and bibliometric analysis of geographic information system and building information modeling integration. *Sustainable Cities and Society*, 84.
- Yilmaz et al. (2020). Determination of ecologically sensitive areas in Denizli province using geographic information systems (GIS) and analytical hierarchy process (AHP). *Environmental Monitoring and Assessment*, 192.
- Zafar et al. (2022). Evaluation of the suitability of groundwater for irrigational purposes using irrigation water quality indices and geographical information systems (GIS) at Patna (Bihar), India. *International Journal of Energy and Water Resources*.
- Zhikun et al. (2020). An approach integrating geographic information system and building information modelling to assess the building health of commercial buildings. *Journal of Cleaner Production*, 257(1).
- Zolfaghary et al. (2021). A model for the use of urban treated wastewater in agriculture using multiple criteria decision making (MCDM) and geographic information system (GIS). *Agricultural Water Management*, 243.