

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
PARA LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
Y RESIDUAL DE LA ARMADA NACIONAL DE COLOMBIA**

ALEXANDRA MUÑOZ BONILLA

CLAUDIA JANNETH RONCANCIO MORENO

SERGIO ARMANDO MENDOZA JIMÉNEZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE**

INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE GRADO

BOGOTÁ, D.C.

2018

Proyecto Aplicado

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
PARA LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
Y RESIDUAL DE LA ARMADA NACIONAL DE COLOMBIA**

ALEXANDRA MUÑOZ BONILLA, C.C.: 52.192.337

CLAUDIA JANNETH RONCANCIO MORENO, C.C.: 52.534.447

SERGIO ARMANDO MENDOZA JIMÉNEZ, C.C.: 1.102.352.643

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR
POR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

Director Trabajo de Grado

DAVID ALEJANDRO GRACIA ROJAS

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
INGENIERÍA AMBIENTAL**

BOGOTÁ, D.C.

Mayo 3 de 2018

Agradecimientos

Primeramente, a Dios, por darnos la sabiduría, la inteligencia y el entendimiento para poder culminar con éxito nuestros estudios y en especial este trabajo final.

A la División de Saneamiento Ambiental de la Armada Nacional de Colombia por su apoyo y colaboración en la búsqueda, recopilación, clasificación y tratamiento de la información suministrada para poder implementar el Sistema de Información Geográfica.

Agradecemos también a nuestras familias, amigos y compañeros por todo el apoyo incondicional recibido.

Por último, a todos los que directa o indirectamente hicieron posible este trabajo.

Muchas Gracias.

Resumen Analítico Especializado

Tipo de Documento	Trabajo de Grado, en versión Proyecto Aplicado para optar por el título de INGENIERO (A) AMBIENTAL
Título	Implementación de un Sistema de Información Geográfica de para las Plantas de Tratamiento de Agua Potable y Residual de la Armada Nacional de Colombia.
Autor	MUÑOZ BONILLA, Alexandra RONCANCIO MORENO, Claudia Janneth MENDOZA JIMÉNEZ, Sergio Armando
Año	2018
Resumen	La Implementación del Sistema de Información Geográfica (SIG) para las Plantas de Tratamiento de Agua Potable y Residual de la Armada Nacional de la Republica de Colombia, propone organizar, automatizar y actualizar el inventario físico, administrativo, operativo y de resultados de la caracterización de análisis fisicoquímicos y biológicos relacionados con el funcionamiento de las plantas de tratamiento, acordes con la legislación actual en nuestro país. De este modo, la División de Saneamiento Ambiental, contará con una herramienta de fácil manejo que permitirá el registro confiable y oportuno de la información para la toma de decisiones.

Palabras Clave	Sistemas de Información Geográfica, Agua Potable, Agua Residual, Saneamiento Ambiental, Normatividad, Base de Datos, Modelo de Datos Caracterización, Parámetros, Unidades, ArcGIS.
Problema de Investigación	La División de Saneamiento Ambiental de la Dirección de Medio Ambiente de la Armada Nacional, carece de una herramienta eficaz para la gestión de la información en el manejo de las condiciones tanto físicas como operativas, dentro de las cuales se destaca el análisis de los resultados de las muestras de aguas de sus plantas de tratamiento de agua potable y residual en el país. Es por ello, que se propone la implementación de un Sistema de Información Geográfica (SIG), cuya finalidad es contar con el inventario físico, administrativo, operativo y la verificación del funcionamiento de las plantas, en términos de control de calidad del agua, para garantizar la salud humana y la protección del medio ambiente.
Metodología	Para el proyecto aplicado se basó en la búsqueda de información secundaria, encontrada en la sede Bogotá, posteriormente se organizó y se sistematizó dentro del Software ArcGIS versión 10.1. Por tratarse de un proyecto aplicado se apoya en la metodología de selección de etapas, sobre técnicas concretas y trabajos vinculados, para garantizar la solución al problema planteado durante la fase del reconocimiento.

Objetivo

Implementar un Sistema de Información Geográfica para las Plantas de Tratamiento de Agua Potable y Residual de la Armada Nacional de Colombia, para la consulta y suministro de la información y que sirva de base en la toma de decisiones.

Conclusiones

La implementación del Sistema de Información Geográfico dentro de la Armada Nacional, se constituye como una herramienta novedosa y funcional que permite evaluar el funcionamiento físico, administrativo, operativo y de resultados de la caracterización de análisis fisicoquímicos y biológicos de cada una de las plantas de tratamiento presentes en las unidades militares a nivel nacional, así mismo, cimienta las bases para el desarrollo de un sistema general, que permita tomar decisiones en el ámbito de saneamiento ambiental, a la preservación del Medio Ambiente y al fortalecimiento institucional de la Armada Nacional.

Referencias

- [1] ArcGIS Resources. (s.f.). ¿Qué es ArcGIS? Recuperado de <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- [2] Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (agosto de 1995). Conceptos Básicos sobre Sistemas de Información Geográfica y Aplicaciones en Latinoamérica. Santafé de Bogotá: Colección: Cuadernos del Sistema de Información Geográfica. Recuperado el 15 de octubre de 2016.

[3] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (17 de 3 de 2015). Resolución 631 de 2015. Recuperado de ICBF:

http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambientes_0631_2015.htm

[4] Organización Mundial de la Salud. (2004). Guías para la

Calidad del Agua Potable. Recuperado de

http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf

[5] Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA. (1999).

Operación y mantenimiento de potabilización de agua.

Recuperado de Programa de Capacitación y Certificación del

Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico:

http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html#

Tabla de Contenido

Resumen.....	14
Abstract.....	15
Introducción	16
Definición del Problema	17
Justificación	18
Antecedentes.....	20
Objetivos.....	22
General.....	22
Específicos	22
Marco Teórico.....	23
Marco Legal	27
Marco Conceptual.....	28
Metodología	32
Fases Desarrollo del Proyecto.....	34
1. Estudios Preliminares.....	34
1.1. Reconocimiento de la Situación.....	34
1.2. Factibilidad.....	36
1.3. Selección del Grupo de Trabajo.....	39
2. Análisis y Diseño.....	40
2.1. Diagnóstico Inicial del Manejo de la Información.....	40
2.2. Análisis de la Información Inicial.....	40
2.3. Organización y estructuración de la información.....	45

2.4. Planificación.....	47
3. Desarrollo y Ejecución.....	49
3.1. Revisión de la Información Base.....	49
3.2. Modelo de Diseño de Datos.....	50
3.3. Búsqueda y Edición de la Información.....	51
3.4. Implementación de la Información en Software Aplicativo.....	52
3.5. Pruebas y Resultados.....	55
<i>Salidas Generales.</i>	58
<i>Salidas Opcionales.</i>	62
<i>Normatividad Agua Potable.</i>	68
<i>Normatividad Aguas Residuales.</i>	69
<i>Resultados del Cumplimiento de la Normatividad.</i>	70
Análisis de Resultados	75
3.6. Puesta en Marcha.....	77
3.7. Elaboración del Manual del Usuario	77
3.8. Presentación Final.....	78
Conclusiones.....	79
Recomendaciones	84
Anexos	86
Bibliografía.....	88



Lista de Tablas

Tabla 1 Normatividad Ambiental Vigente.....	27
Tabla 2 Matriz DOFA.....	34
Tabla 3 Recurso Necesario Factibilidad	37
Tabla 4 Datos Incluidos en Visor Geográfico para Plantas de Tratamiento de Agua Potable	52
Tabla 5 Datos Incluidos en Visor Geográfico para Plantas de Tratamiento de Agua Residual .	532
Tabla 6 Diccionario de Datos Caracterización de Agua Potable	532
Tabla 7 Diccionario de Datos Caracterización de Agua Residual	54
Tabla 8 Resultados Finales de Consultas.....	67
Tabla 9 Parámetros Máximos Permitidos Agua Potable	68
Tabla 10 Parámetros Máximos Permitidos Agua Residual	70



Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Diagrama Ishikawa	17
<i>Figura 2.</i> Fases del Proyecto de Desarrollo del SIG	33
<i>Figura 3.</i> Gráfica Estadística Demanda de Agua l/seg PTAP	42
<i>Figura 4.</i> Gráfica Estadística Prueba de Jarras PTAP	42
<i>Figura 5.</i> Gráfica Estadística Procedimiento Mantenimiento del Sistema PTAP	43
<i>Figura 6.</i> Gráfica Estadística Procedimiento Para la Operación de la Planta PTAP.....	43
<i>Figura 7.</i> Gráfica Estadística Índices de Riesgo de Calidad del Agua PTAP	44
<i>Figura 8.</i> Diagrama Gestión Documental Antes y Después de la Implementación.	46
<i>Figura 9.</i> Diagrama de Flujo de la Información	48
<i>Figura 10.</i> Administración del SIG	49
<i>Figura 11.</i> Diseño Modelo de Datos.....	51
<i>Figura 12.</i> Tabla de Consulta Lenguaje SQL.....	55
<i>Figura 13.</i> Funcionalidades Básicas del SIG.....	57
<i>Figura 14.</i> Mapas Georreferenciados de las Plantas de Tratamiento Operativas en el País.	58
<i>Figura 15.</i> Imagen Visor Geográfico. PTAP - Estación de Guardacostas de San Andrés.	59
<i>Figura 16.</i> Imagen Visor Geográfico. PTAR- Complejo Militar Barranquilla	60
<i>Figura 17.</i> Visualización Manuales de Operación y Mantenimiento de las Plantas de Tratamiento en el País.	61
<i>Figura 18.</i> Imagen Visualización Manual de Operación y Mantenimiento PTAP Estación Guardacostas Buenaventura – Valle del Cauca.	62
<i>Figura 19:</i> Operario PTAP que no son Competentes para la Operación de la Planta.....	63

<i>Figura 20.</i> Operarios en PTAR que no son Competentes para la Operación de la Planta.	63
<i>Figura 21.</i> PTAP que no Cuentan con Caracterización de Aguas (Análisis).....	64
<i>Figura 22.</i> PTAR que no Cuentan con Caracterización de Aguas (Análisis).	64
<i>Figura 23.</i> PTAP que Cuentan con Concesión de Aguas.....	65
<i>Figura 24.</i> PTAR que Cuentan con Permiso de Vertimiento.	65
<i>Figura 25.</i> PTAP que Cuentan con Concesión de Aguas en Trámite.	66
<i>Figura 26.</i> PTAR que Cuentan con Permiso de Vertimiento en Trámite.....	66
<i>Figura 27.</i> Consulta Parámetro Dureza Total.....	71
<i>Figura 28.</i> Gráfica de Plantas que Incumplen con la Norma PTAP.....	72
<i>Figura 29.</i> Muestra 1 Entrada PTAR parámetro DBO.....	73
<i>Figura 30.</i> Gráfica de Plantas que Incumplen con la Norma PTAR.....	73
<i>Figura 31.</i> Muestra 2 Salida PTAR parámetro DBO.....	74
<i>Figura 32.</i> Gráfica de Plantas que Incumplen con la Norma PTAR.....	75
<i>Figura 33.</i> Detrás de Cámara Video.....	76
<i>Figura 34.</i> Detrás de Cámara Acercamiento.....	87

Lista de Anexos

Anexo A. Diagnóstico PTAP.....	86
Anexo B. Diagnóstico PTAR	86
Anexo C. Registro Fotográfico de la Capacitación.....	86
Anexo D. Manual del Usuario	87
Anexo E. Video Puesta en Marcha	87
Anexo F. Carta de Confidencialidad de la Información.....	87

Resumen

Un Sistema de Información Geográfica – SIG es una herramienta fundamental dentro de una organización, permitiendo la integración de componentes físicos como el hardware; humanos como los usuarios y lógicos como el Software, cuyo propósito es almacenar, manejar y analizar datos, que conlleven a la solución de un problema. Por tal motivo, la implementación del SIG para las Plantas de Tratamiento de Agua Potable y Residual de la Armada Nacional de la Republica de Colombia, propone organizar, automatizar y actualizar el inventario físico, administrativo, operativo y de resultados de la caracterización de análisis fisicoquímicos y biológicos del funcionamiento de las plantas, para determinar la calidad del agua, acordes con la legislación actual y su posterior análisis ambiental. Se identificó elementos para estructurar el modelo de datos, la conceptualización y el diseño, permitiendo realizar consultas rápidas y ágiles de forma digital y gráfica, mejorando las actividades que se realizan al interior de la División de Saneamiento Ambiental, y de esta forma resaltar el desempeño de este departamento dentro de la Institución.

De acuerdo con la tecnología SIG, se conformó una base de datos numéricos, alfanuméricos y gráficos, que permite estructurar una memoria documental, facilitando el seguimiento, manejo y control de las plantas en relación con la legislación actual (Resolución 631 del 17 de Marzo de 2015 para aguas residuales y 2115 del 22 de Junio de 2007 para agua potable). Es así como la División de Saneamiento Ambiental de la Armada Nacional contará con una herramienta de fácil manejo para la toma de decisiones.

Palabras Clave: Sistemas de Información Geográfica, Agua Potable, Agua Residual, Saneamiento Ambiental, Normatividad, Base de Datos, Modelo de Datos Caracterización, Parámetros, Unidades, ArcGIS.

Abstract

A Geographic Information System - GIS is a fundamental tool within an organization, which allows the integration of physical components such as hardware; human as the users and logical as the Software, which aims to store, analyze and analyze data, which is consistent with the solution of a problem. For this reason, the implementation of the GIS for the Potable and Residual Water Treatment Plants of the National Navy of the Republic of Colombia, proposes, automates and updates the physical, administrative, operative and results inventory of the physicochemical analysis characterization and of the operation of the plants, to determine the quality of the water, in accordance with the current legislation and its subsequent environmental analysis. Elements were identified to structure the data model, conceptualization and design, allowing quick and agile consultations in digital and graphic form, improving the activities carried out within the Environmental Sanitation Division, and in this way highlighting the performance of this department within the Institution.

In accordance with GIS technology, a numerical, alphanumeric and graphic database was created, which allows structuring a documentary memory, facilitating the monitoring, management and control of plants in relation to current legislation (Resolution 631 of March 17, 2015 for wastewater and 2115 of June 22, 2007 for drinking water). This is how the Division of Environmental Sanitation of the National Navy will have an easy-to-use tool for decision making.

Keywords: Geographic Information Systems, Drinking Water, Residual Water, Environmental Sanitation, Regulations, Database, Characterization Data Model, Parameters, Units, ArcGIS.

Introducción

El presente documento constituye el informe final del proyecto aplicado desarrollado en el marco del proyecto curricular del programa Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, como requisito para optar al título de Ingeniero (a) Ambiental, y cuyo objetivo es la implementación de un Sistema de Información Geográfica (SIG), en la Armada Nacional de la Republica de Colombia, cuyo propósito es recopilar la información necesaria para las plantas de tratamiento en el territorio colombiano, con el fin de optimizar los procesos para el correcto funcionamiento de las mismas dentro del software aplicativo ArcGIS versión 10.1.

La implementación del SIG es el punto de partida y cimienta las bases para el desarrollo de un sistema general dentro de la Armada, con nuevas capas de información que permitirá registrar, actualizar y evaluar el funcionamiento de las plantas de tratamiento, con el fin abordar la relación entre el territorio y las unidades militares, contribuyendo al fortalecimiento y la gestión institucional. Para el logro del proyecto se recopiló, organizó, y se sistematizó una memoria documental física, administrativa, operativa, con el fin de estructurar el sistema para obtener resultados y elementos digitales por medio de consultas ágiles y eficientes y así optimizar el desempeño en la institución.

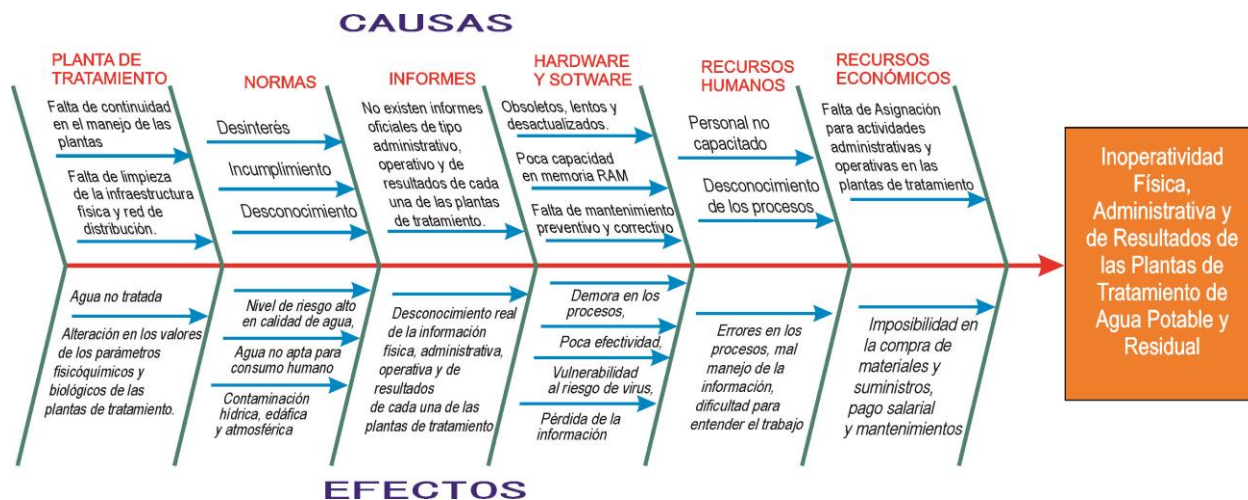
Así mismo, se establece el trabajo sobre realidades de hecho, la información se presentó de forma sistemática, por medio de un Sistema de Información Geográfica, las variables fueron medidas y comparadas con las Resoluciones 631 del 17 de marzo de 2015 para aguas residuales y 2115 del 22 de junio de 2007 para agua potable.

Definición del Problema

La División de Saneamiento Ambiental de la Dirección de Medio Ambiente de la Armada Nacional, carece de un Sistema de Información que permita el buen manejo y difusión de la información de sus cincuenta y seis (56) Plantas de Tratamiento de Agua Potable y Residual, donde éstas se ubiquen e identifiquen espacialmente y que además, cuente con una base de datos de la información más relevante de cada una de ellas, para así lograr identificar las falencias presentadas y de este modo, tomar decisiones que faciliten la gestión integral de cada una de sus plantas de tratamiento de agua potable y residual.

En la **Figura 1**. Diagrama Ishikawa, se detalla el principal problema referente a la inoperatividad física, administrativa y de resultados de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable y Residual de la Armada. Dentro de la sección de las Causas, se encuentran los aspectos Planta de Tratamiento, Normas, Informes, Hardware y Software, Recursos Humanos y Recursos Económicos y en la sección de efectos, se establecen los resultados de cada una de las causas.

Figura 1. Diagrama Ishikawa



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

Justificación

La Armada Nacional tiene como misión “Contribuir a la defensa de la Nación, a través del empleo efectivo de un poder naval flexible en los espacios marítimo, fluvial y terrestre bajo su responsabilidad, con el propósito de cumplir la función constitucional y participar en el desarrollo del poder marítimo y a la protección de los intereses de los colombianos”, partiendo de la misionalidad de la Institución, el mando naval ha orientado la protección ambiental dentro de su estrategia pentagonal como parte fundamental de los intereses de los colombianos. (Armada Nacional, (s/f)).

Desde este enfoque y considerando la distribución de Unidades en el territorio Nacional, especialmente en aquellas zonas más vulnerables y alejadas de la geografía donde carece de servicios públicos, la institución ha venido realizando esfuerzos para instalar plantas de tratamiento que permita tratar agua para la salud del personal de la las unidades militares en la Armada Nacional y vertimientos en cuerpos de agua, sin embargo la existencia de tantas unidades y la falta de centralización de información, ha generado vacíos que limitan la planeación ambiental en la institución.

Es allí donde surge la necesidad de utilizar una herramienta, que facilite la gestión de las plantas de tratamiento de agua potable y residual, motivo por el cual se propone a la institución, el proyecto de la creación de un Sistema de Información Geográfica (SIG), en el que se incluya la georreferenciación, los atributos físicos, administrativos y operativos de cada una de las plantas de tratamiento, así como los resultados de análisis de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que conforman el sistema, para evaluar el funcionamiento de cada una de ellas. La implementación del sistema inicialmente se encuentra centralizado en la sede principal de la División, ubicada en la ciudad de Bogotá D.C.

A través de la implementación del SIG, se logrará presentar la distribución espacial de cada una de las plantas de tratamiento de agua potable y residual, un registro detallado y actualizado de cada una de ellas a nivel nacional, el control de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con el fin de proporcionar datos sobre la calidad del recurso y así mismo proponer alternativas de solución, optimizar a nivel operativo y la eficiencia de cada una de las plantas, generar informes técnicos que ayudan en la toma de decisiones, difusión y comunicación dentro de la División de Saneamiento Ambiental de la Dirección de Medio Ambiente y externo con las entidades gubernamentales de vigilancia y control ambiental; todo lo anterior encaminado a mejorar la calidad del agua potable y los vertimientos acordes a la normatividad actual vigente para la protección del consumo humano y del medio ambiente.

Este proyecto aporta desde la Ingeniería ambiental, el manejo y la gestión de las plantas de tratamiento y a la optimización de procesos administrativos y operativos a través de la articulación de la información, con el fin de determinar la calidad del agua que se entrega tanto a las unidades militares como al medio ambiente (cuerpos de aguas, suelos).

Gracias a la consulta, por medio del despliegue en pantalla de información general de cada Planta de Tratamiento, se tiene información de primera mano sobre sus principales condiciones operativas, además del conocimiento de la fuente de abastecimiento y de vertimiento, para determinar los posibles impactos generados en su entorno, disminuyendo dicho impacto en la las unidades militares que puedan conllevar a la inoperatividad del sistema.

Antecedentes

A continuación, se detallan algunos ejemplos de Implementación de Sistemas de información Geográfica en Colombia.

- **Aguas de Manizales S.A. ESP:** Empresa encargada del tratamiento y distribución de agua potable, recolección de aguas residuales y saneamiento básico. Por medio del SIG cuenta con el inventario de las redes de acueducto y alcantarillado, optimiza la planeación de inversiones en la instalación de hidrantes, entre otros. (Aguas de Manizales S.A. ESP, 2017)
- **EPM (Empresas Públicas de Medellín):** Empresa prestadora de los servicios públicos de agua, energía y gas natural. Por medio del SIG administra la información de redes de servicios públicos domiciliarios de Transmisión y Distribución Energía, Aguas y Gas. Apoya la gestión en terreno de la operación comercial, para disponer a los grupos de interés de mapas con la localización de las oficinas de atención, ubicación de estaciones de gas vehicular, áreas de prestación de servicios de aguas y para los usuarios internos, las aplicaciones SIG, mapas, visores, servicios geográficos, entre otros. (Empresas Públicas de Medellín E.S.P., 2018)

A nivel internacional se destaca:

- **USGS: (United States Geological Survey).** El Servicio Geológico de los Estados Unidos, es una agencia científica que proporciona información confiable sobre los problemas y condiciones de los recursos naturales, además cuenta con una extensa cartografía y base geoespacial digital de los recursos: agua, tierra y ciencias biológicas. En relación con el recurso del agua, la plataforma por medio del SIG proporciona

información fundamental para el bienestar económico, social, calidad de vida y gestión del recurso hídrico por medio de archivos de datos espaciales que se pueden descargar para posterior análisis. Dentro de las variables manejadas, se encuentra las condiciones del agua, uso, calidad, disponibilidad, niveles de caudal, mediciones en tiempo real, datos estadísticos actuales e históricos en relación a los niveles de flujo tanto de agua superficial como subterránea. (Servicio Geológico de los Estados Unidos, 2018).

- **Empresa Municipal de Aguas y Saneamiento de Murcia: Aguas de Murcia** gestiona el ciclo integral del agua en el municipio de Murcia España). Presta servicio a los ciudadanos del núcleo urbano, la huerta y pedanías a lo largo y ancho de más de 890 km cuadrados. En la actualidad emplea el sistema de información geográfica para el Sistema de abastecimiento de Agua Potable, Depósitos y Estaciones de Tratamiento de Agua Potable, Red tuberías de distribución, Acometidas, entre otros. (Aguas de Murcia, 2018)

Objetivos

General

- Implementar un Sistema de Información Geográfica para las Plantas de Tratamiento de Agua Potable y Residual de la Armada Nacional de Colombia, para la consulta y suministro de información como base en la toma de decisiones.

Específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual que presenta el manejo de información en la División de Saneamiento Ambiental de la Dirección del Medio Ambiente de la Armada Nacional.
- Analizar la información inicial de las plantas de tratamiento tanto potable como residual, con el fin de obtener datos y de esta forma evaluar su comportamiento general.
- Organizar los datos en un sistema de información geográfico que permita a los usuarios de la División administrar eficientemente la información de cada planta de tratamiento.
- Corroborar los resultados de la caracterización de aguas con la legislación actual. Para aguas residuales, Resolución 0631 del 17 de marzo de 2015 y para Agua potable Resolución 2115 del 22 de junio de 2007
- Realizar un Manual del Usuario que permita el manejo indicado del sistema.

Marco Teórico

En este capítulo se desarrolla un acercamiento a los conceptos, sobre los que se sustenta el proyecto. El manejo integral de la información es de vital importancia para llevar a cabo una adecuada planificación y gestión de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable y Residual, lo cual, conlleva a garantizar el control y vigilancia de la calidad del agua como producto final. Dicho manejo se obtiene por medio de la implementación de sistemas automatizados y organizados que permiten almacenar, procesar y producir información útil que conducen a la toma de decisiones; tal es el caso de los Sistemas de Información Geográfica, el cual se desarrolla en torno a los adelantos tecnológicos y a la gestión de base de datos a la que se accede con propósitos de análisis espacial. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 1995).

SIG, Bases de Datos y Software

Debido a que la información en papel se hizo más lenta y complicada de tratar y analizar, se han desarrollado programas de computador, capaces de automatizar diferentes procesos de manipulación de la información. De aquí, que la gestión de base de datos ha evolucionado, de ser una aplicación de computador, a ser el componente central de un ambiente de automatización moderno y especializado. Un sistema de gestión de base de datos, consiste en una colección de datos interrelacionados, mediante programas, para acceder a ellos y cuyo objetivo primordial es proporcionar una visión abstracta de los datos en un entorno que sea eficiente, para ser utilizado tanto para almacenar información como para extraerla. La importancia de la información en las organizaciones, ha llevado al desarrollo de una cantidad de conceptos y técnicas para la gestión eficiente de los datos. (Korth & Silberschatz, 1993). Por esta razón, los Sistema de Información Geográfica (SIG) son una herramienta idónea de análisis de información; su principal

característica es que está diseñado para trabajar tanto con datos referenciados (coordenadas), así como con bases de datos, de manera integrada permitiendo generar información gráfica útil para la toma de decisiones. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 1995)

La construcción e implementación de un SIG en cualquier organización es una tarea progresiva, compleja, laboriosa y continúa, sin embargo, nos permite manejar la información para la gestión de resultados. Por ello, antes de iniciar con la implementación del sistema, es necesario realizar un modelo de bases de datos, que no es más que la representación lógica y estructural de cómo se va a almacenar y organizar la información para su posterior manipulación. Con este modelo se define de manera organizada cada uno de los datos que harán parte de la operatividad del sistema y de este modo permitir la implementación y funcionamiento del aplicativo para un manejo eficiente de procesamiento de datos. El modelo utilizado actualmente es el relacional, ya que utiliza tablas bidimensionales para la representación lógica de los datos y sus relaciones entre sí. Debido a que está basado en un conjunto de tablas, los datos se pueden consultar fácilmente, además de insertar, eliminar o actualizar la información contenida en las tuplas (filas) y la adición de nuevos atributos. (CampusMVP, 2014)

Una vez se estructura la información, se procede con la implementación del SIG en software aplicativo ArcGIS, cuya plataforma es considerada como líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG). Dicho sistema tiene como fin recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica a través de navegadores Web, dispositivos móviles y equipos de escritorio. ArcGIS es utilizada para poner el conocimiento geográfico al servicio de diferentes sectores, sean públicos o privados permitiendo así realizar análisis de una forma más eficiente. (ArcGIS Resources, (s/f)).

El desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica y su aplicación se ha extendido a diversos campos, uno de ellos es la gestión del medio ambiente siendo el sector hídrico uno de los más importantes por su relación existente entre las condiciones de calidad de agua y el saneamiento básico como determinantes de calidad de vida y salud de las poblaciones.

Agua potable y Residual - Tratamiento

El agua es uno de los elementos reguladores del equilibrio del sistema natural, su dinámica dentro del sistema natural le permite estar en diferentes estados, en un ciclo permanente cuya relación es determinante para posibilitar la vida y por ende el desarrollo de las actividades productivas del ser humano. Dentro de esta premisa, La potabilización del agua se efectúa para mejorar sus condiciones físicas, químicas y bacteriológicas y poderla ofrecer para el consumo del hombre, sin afectar su salud.(Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, 1999). El acceso y la calidad del agua potable son derechos humanos básicos contemplados dentro del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, dentro de la observación general No. 15, Derecho al Agua, artículos 11 y 12. (Naciones Unidas, 2015). El agua potable, es indispensable para el consumo humano, uso doméstico e higiene personal, el abastecimiento de agua, es aplicable en zonas rurales y urbanas, especialmente para consumo. A este respecto, y de acuerdo con (Organización Mundial de la Salud, 2004), la mayoría de los problemas de salud son relacionados con la contaminación química y por microorganismos. Reducir los niveles de contaminación hace que la actividad microbiana y los componentes químicos del agua, no representen riesgos para la salud de la población.

En cuanto a aguas residuales se refiere, la implementación de sistemas de tratamiento, son importantes para proteger la salud pública y el medio ambiente. Si las aguas residuales van a ser

vertidas a un cuerpo receptor natural (mar, río, lago), será necesario realizar un tratamiento para evitar enfermedades causadas por bacterias y virus en las personas que entran en contacto con esas aguas, y también para proteger la fauna y flora presentes en el cuerpo receptor natural. El reúso del agua tratada, riego de áreas verdes, riego de cultivos, uso Industrial y de servicios confirma que el tratamiento de las aguas residuales debe garantizar la inexistencia de efectos nocivos a la salud. La gestión y operación de plantas de tratamiento de agua residual, forma parte importante de la solución para el grave problema ambiental de contaminación y escasez de agua, sin embargo, para que estos procesos se lleven a cabo de manera correcta, es indispensable una operación y mantenimiento continuo, pero además adecuado. (Acosta, (s/f))

El control de la operación tanto de agua potable como residual es de primordial importancia para mantener los parámetros dentro de los límites permitidos en correlación con la normatividad vigente del país. (Acosta, (s/f)). El Sistema de Información Geográfica (SIG), compara los informes de análisis de aguas de las diferentes plantas de tratamiento con legislación actual, proporcionando informes interactivos de la información subyacente, como tablas y gráficos. De acuerdo a esto, la implementación de este sistema permitirá analizar la operación de las plantas de tratamiento de agua potable y residual, de esta forma se administrará información clave como: instalaciones físicas, equipos utilizados, análisis de laboratorio necesarios para determinar su funcionamiento como son los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, tratamientos aplicados y la disponibilidad de personal para operar y mantener adecuadamente dichas instalaciones.

Marco Legal

A continuación, se relacionan las principales normas vigentes aplicables para la implementación del sistema de información geográfica, la cuales serán consultadas y comparadas con los resultados de los análisis de aguas arrojados por cada planta de tratamiento a fin de garantizar el cumplimiento de la norma sobre agua potable y residual, la calidad de vida de las personas y la protección al medio ambiente. El marco legal por el cual se basa la elaboración del Sistema de Información Geográfica se detalla en la **Tabla 1** Normatividad Ambiental Vigente:

Tabla 1

Normatividad Ambiental Vigente

CARACTERÍSTICA	NORMA	FUENTE	DETALLE
Agua Potable	Resolución 2115 del 22 de junio de 2007	Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial	Por el cual se señalan las características de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. (Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, 2007)
Agua Residual	Resolución 631 del 17 de marzo de 2015	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se establecen los parámetros de vertimientos y valores límites máximos puntuales a cuerpos de agua. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, 2007); (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)

Marco Conceptual

El marco conceptual del presente trabajo fue tomado de (Ocampo, 2011) y (Gutiérrez, 2011) como base principal:

Agua potable: Es el agua que podemos consumir sin que exista peligro para nuestra salud. El agua potable no debe contener sustancias o microorganismo que puedan provocar enfermedades.

Agua residual: Son aguas cuya calidad se ve afectada negativamente con sustancias procedentes de desechos domésticos o industriales

Base de datos espacial: Es una colección de datos referenciados espacialmente, que actúan como un modelo de la realidad y se encuentran localizados en un área determinada en la superficie de la tierra

Cartografía: Arte y ciencia de representar el espacio en mapas. La Cartografía se dedica a la representación del espacio real o imaginado, en diferentes tipos de dibujos o presentaciones digitales. Para ello utiliza una serie de técnicas destinadas a la correcta presentación del espacio y sus atributos. Incluye ramas de la ciencia como la geodesia, geografía y fotogrametría, además por medio de los mapas se puede observar información de un área de terreno.

Componente espacial: Hace referencia a la localización geográfica, las propiedades espaciales de los objetos y las relaciones espaciales que existen entre ellos.

Construcción de un SIG: La construcción e implementación de un SIG en cualquier organización es una tarea siempre progresiva, compleja, laboriosa y continúa. Los análisis y estudios anteriores a la implementación de un SIG son similares a los que se deben realizar para establecer cualquier otro sistema de información. Pero, en los SIG, además, hay que considerar

las especiales características de los datos que utiliza y sus correspondientes procesos de actualización.

Dato: Es una colección de hechos considerados de forma aislada. Representa un atributo que puede ser numérico, alfanumérico y lógicos, interactúan entre sí.

Estructura de datos: La estructura de datos está representada por la forma que tenemos de organizar los datos de un equipo informático con el fin de utilizarlos de la manera más efectiva posible.

Geografía: es la ciencia que se ocupa de analizar las relaciones del hombre con su medio natural, identifica y caracteriza secciones del espacio (territorios, regiones, ciudades, paisajes y localidades).

Información: Es el conjunto de datos arreglados y ordenados en forma útil.

Información Geográfica o Geoinformación: Es información que tiene un componente geométrico (espacial), que describe la localización de los objetos en el espacio y las relaciones espaciales entre ellos; un componente temático, que recoge sus características descriptivas (atributos), y un componente temporal (tiempo).

Latitud: Distancia angular de un punto al plano del Ecuador, el cual pasa por el centro de la tierra y es perpendicular al eje de rotación, se consideran líneas imaginarias llamadas paralelos, los puntos que se ubiquen al norte del Ecuador se nombran como Norte N, y los que se ubiquen al sur se denominan Sur S, el paralelo del Ecuador es latitud 0° y a partir de allí aumenta (hacia el norte o sur) hasta llegar a los 90° o -90° respectivamente, por lo tanto los polos son latitud 90° N y 90° S.

Localización Geográfica: La localización geográfica o posición de los objetos en el espacio se expresa mediante un sistema de coordenadas que debe ser el mismo para las distintas capas o estratos de la información con que se presenta la realidad del área de estudio.

Longitud: Distancia angular de un punto y el meridiano de Greenwich y las líneas imaginarias que cruzan la tierra perpendicular al eje de rotación se meridianos. El punto 0 se encuentran en Greenwich, Londres, y se mide de 0° a 180° según la ubicación con respecto al meridiano de Greenwich se denominan Este (E) u Oeste (W).

Mapa: Representación gráfica de la tierra o de una parte del territorio, de forma plana con medidas longitudinales, teniendo en cuenta la curvatura de la tierra.

Modelo de datos: Determina la estructura lógica de una base de datos, es decir, el modo de almacenar, organizar y manipular los datos.

Parámetros Físicoquímicos: Son variables que toman valores cualitativos o cuantitativos en relación con los resultados de análisis de laboratorio del agua potable y residual, para interpretar y analizar y tomar decisiones.

Plano: Representación de un área de terreno sin tener en cuenta la curvatura de la tierra.

Planta de tratamiento de agua potable (PTAP): Es un conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

Planta de tratamiento de agua residual (PTAR): Es una instalación donde a las aguas residuales se les retiran los contaminantes, para hacer de ella un agua sin riesgos a la salud y/o medio ambiente al disponerla en un cuerpo receptor natural o por su reúso en otras actividades de nuestra vida cotidiana con excepción del consumo humano.

Sistema de Información Geográfica: Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar,

almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial.

Sistema: Es una reunión o conjunto de elementos relacionados que interactúan entre sí para lograr un fin determinado.

Sistema de Información: Es una disposición de personas, actividades, datos, redes y tecnología integrados entre sí con el propósito de apoyar y mejorar las operaciones cotidianas de una empresa, así como satisfacer las necesidades de información para la resolución de problemas y la toma de decisiones por parte de los directivos.

Tratamiento de aguas: Consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar o reducir los contaminantes presentes en el agua.

Usuarios Internos: Corresponde a un grupo selecto multidisciplinario de profesionales quienes diseñan y gestionan el sistema, y que son conocedores de los equipos y programas con fines de producción. Estos usuarios tienen la capacidad de utilizar las facilidades del software SIG, con la finalidad de plantear una solución a un problema específico en la organización.

Usuarios Externos: Corresponde al grupo de profesionales u organizaciones que requieren de la información digital almacenada o producida por los SIG, con el fin de aplicarla a su trabajo diario o al desarrollo de proyectos específicos.

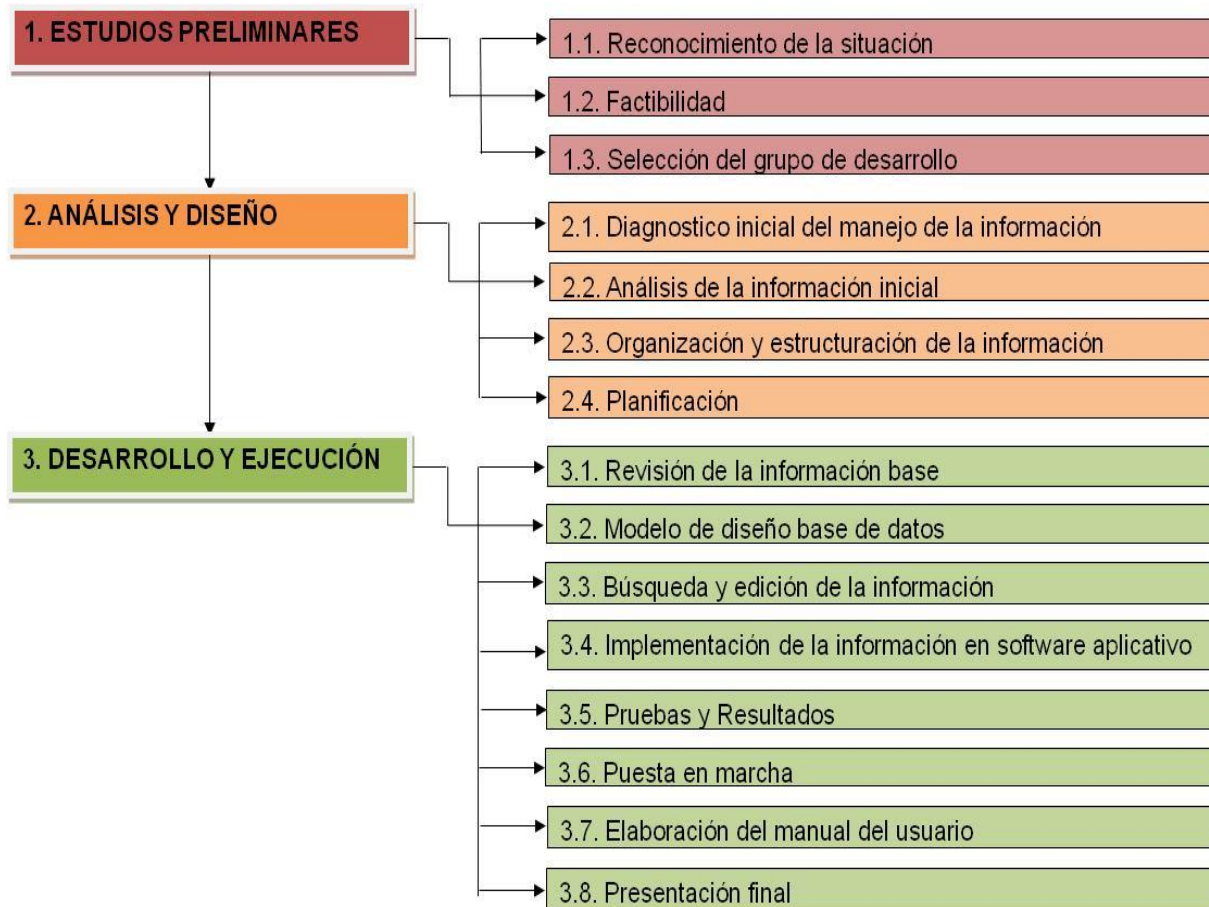
Metodología

Se basó en la búsqueda de información secundaria, encontrada dentro de la División de Saneamiento Ambiental de la Dirección de Medio Ambiente de la Armada Nacional de Colombia, sede Bogotá, se buscó los análisis de laboratorio realizadas a las 21 plantas de agua potable y 35 plantas de agua residual, estos documentos se encontraban en carpetas en forma desordenada. Posteriormente se organizó, se rotuló y se archivó en nuevas carpetas, clasificando los análisis de laboratorio por unidades operativas. Seguidamente los documentos fueron escaneados, digitalizados en tablas dinámicas en el programa Excel. Con la información anterior, se agregó al software ArcGIS versión 10.1

Por tratarse de un proyecto aplicado se apoya en la metodología de selección de etapas, sobre técnicas concretas y trabajos vinculados, para garantizar la solución al problema planteado durante la fase del reconocimiento.

Las fases del proyecto de desarrollo del sistema, se representa en la **Figura 2**. Fases del Proyecto de Desarrollo del SIG.

Figura 2. Fases del Proyecto de Desarrollo del SIG



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

Fases Desarrollo del Proyecto

1. Estudios Preliminares

1.1.Reconocimiento de la Situación.

El reconocimiento de la situación se realizó por medio de la entrevista al personal de la División de Gestión Ambiental de la Dirección de Medio Ambiente Desastres y Emergencias de la Armada Nacional, donde se identificó mediante la Matriz DOFA, la Gestión Ambiental de la Armada Nacional, como se detalla en la **Tabla 2**. Matriz DOFA.

Tabla 2

Matriz DOFA

MATRIZ DOFA	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
<p>La Armada Nacional cuenta con 35 gestores ambientales “ingenieros o tecnólogos” distribuidos en las Unidades de la ARC, a fin de asesorar y desarrollar la gestión ambiental en la institución.</p> <p>Como parte del desarrollo de la Gestión Ambiental en la institución, se han desarrollado proyectos de infraestructura para satisfacer las necesidades en el ámbito de Saneamiento Ambiental.</p>	<p>La estructura del manejo del talento humano en la institución ha generado la rotación de personal por todas las Unidades de la ARC, lo cual causa que las personas capacitadas o encargadas de las áreas neurálgicas como la operación y mantenimiento de plantas sean rotadas y se formen vacíos de conocimiento e incluso, se pierdan dichos cargos.</p> <p>La documentación importante no está centralizada con referencia a los sistemas de</p>

La institución está certificada con ISO 9001, lo cual ha llevado al desarrollo de procedimientos y formatos que orientan o dan los lineamientos dentro de la institución.

tratamiento existentes en las Unidades, esto conlleva a que no exista información oportuna de las 56 plantas de tratamiento existentes dentro del territorio nacional.

OPORTUNIDADES

AMENAZAS

La Institución cuenta con la Dirección de Medio Ambiente Desastres y Emergencias dentro de la estructura organizacional, lo cual demuestra el interés del alto mando para fortalecer la Gestión Ambiental de la Armada Nacional.

El incumplimiento de la normatividad ambiental tanto de los parámetros de calidad de agua potable y residual, como los permisos de operación y funcionamiento (concesión de agua, permiso de vertimientos) pueden generar sanciones legales para la institución.

La Armada Nacional, ha orientado sus esfuerzos institucionales al fortalecimiento de la Gestión Ambiental por medio de la creación de la Política Ambiental, el Plan Estratégico Ambiental 2013.2030 y los Planes de Acción Anuales.

La imagen institucional de la Armada Nacional puede verse afectada por la falta de control de los impactos ambientales generados con la misionalidad de la institución del manejo del recurso humano.

La implementación de un Sistema de Información Geográfico aportará las bases para optimizar la planeación y gestión de recursos y aclarar las necesidades presupuestales de las plantas.

Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En virtud de lo anterior, se determinó como punto crítico, la debilidad del desconocimiento del estado de Saneamiento Ambiental de las Unidades de la ARC, donde se encuentran varios factores inmersos, como la falta de manuales de operación y funcionamiento de las plantas, desconocimiento del estado actual legal de las plantas de tratamiento de agua potable y residual, el correcto seguimiento, control y monitoreo de los análisis de aguas para verificar el estado de funcionamiento de cada sistema y la idoneidad de los operarios entre otros.

1.2.Factibilidad.

Una vez definidos los recursos requeridos, para el desarrollo del presente proyecto, que se describen en la **Tabla 3. Recurso Necesario**, mediante reuniones de trabajo con el personal de la Dirección de Medio Ambiente Desastres y Emergencias de la Armada Nacional, se determinó:

Factibilidad operativa: El proyecto es factible operativamente, ya que se cuenta con el siguiente recurso humano:

1. 3 estudiantes del programa Ingeniería Ambiental
2. 2 Oficiales asesores de la Armada Nacional
3. Gestores ambientales ubicados en las Unidades del país.
4. Conocimientos, habilidades y experiencia, los cuales fueron consensuados en mesas de trabajo con la Dirección de Medio Ambiente y definidos entre los estudiantes y la institución, siendo oportunos para el correcto desarrollo del proyecto. Cabe aclarar que la institución tiene una política de confidencialidad de la información, la cual no podrá ser revelada a terceros debido a su naturaleza, razón por la cual es responsabilidad del equipo de desarrollo y/o trabajo el manejo y seguridad de los datos que les fueron suministrados.

Factibilidad Técnica: El proyecto es factible técnicamente, debido a que contará con el siguiente recurso de Hardware y Software:

1. Herramientas ofimáticas
2. Computador con software especializado (ArcGIS versión 10.1)
3. Navegador marca Garmin
4. Cámara fotográfica
5. Impresora multifuncional

Factibilidad Económica:

1. La institución no entregara ninguna remuneración económica por el trabajo realizado, solo asumirá el valor de la ARL de los estudiantes.

Tabla 3

Recurso Necesario Factibilidad

RECURSO NECESARIO			
RECURSO	DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO	OBSERVACIONES
Equipo Humano	Personal encargado de la División de Saneamiento Ambiental de la Dirección de Medio Ambiente de la Armada Nacional: teniente Calpa, Suboficial Mendoza.	<u>3 estudiantes x 9 Meses</u> Salario Básico: \$14.400.000 Cesantías: \$1.199.520 Int. Cesantías: \$11.988 Prima Servicios: \$1.199.520 Vacaciones: \$544.932	Los estudiantes asumen los aportes no monetarios (Contrapartida) por valor de \$19.446.840 La Armada Nacional no entregará ninguna remuneración

Estudiantes del programa de Ingeniería Ambiental de la UNAD:	Pensión (12%): \$1.568.160	económica por el trabajo realizado,
Alexandra Muñoz, Sergio Mendoza y Claudia Roncancio.	ARL (1.44%): \$188.172 Caja: \$522.720 Total: \$19.635.012	solamente asume el valor de la ARL: \$188.172

Equipos y Software	Equipos:	Equipos:
	Computador propiedad de la Armada.	\$1.000.0000 La Armada suministra el computador. (Aportes no monetarios)
	Computador estudiantes.	\$1.000.000 Los estudiantes suministran estos
	Impresoras estudiantes.	\$500.000 equipos para el
	Navegador marca Garmin estudiantes.	\$900.000 proyecto. (Aportes no monetarios,
	Cámara Fotográfica estudiantes	\$1.500.000 contrapartida)
	Software	
	ArcGIS 10.1 (software utilizado para organizar, analizar y administrar la información geográfica)	\$20.316.375 La Armada suministra el software. (Aportes no monetarios)
	Paquete Ofimática	\$600.000

	Internet	\$600.000	
	Google maps o Google Earth (consulta y utilización de imágenes satelitales)	Descarga gratuita	
	Primo (PDF)	Descarga gratuita	
Viajes y Salidas de Campo	Los requeridos por la Armada para obtención o verificación de datos con recursos propios de la entidad.	Suministrado por la Armada en caso de que se realizaren.	Suministrado por la Armada
Materiales y suministros	Información física y digital propia de la institución	Escáner	La Armada suministra materiales requeridos (Aportes no monetarios)
Publicaciones	Producto final: Manual del Usuario	Elaboración del Manual \$50.000	Aportes monetarios estudiantes.

Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

1.3. Selección del Grupo de Trabajo.

El grupo de trabajo administrativo fue conformado por los tres estudiantes del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, con el apoyo del personal de la División de Saneamiento Ambiental de la Dirección de Medio Ambiente de la Armada Nacional, específicamente los encargados del área de saneamiento ambiental, así mismo se conformó un equipo de trabajo operativo integrado por el personal de gestores ambientales de todas las Unidades de la Armada Nacional, quienes fueron los encargados de recopilar y

transmitir la información existente en campo consistente en manuales de operación y funcionamiento, resultados análisis de aguas, georreferenciación, toma de fotografías entre otros.

2. Análisis y Diseño.

2.1. Diagnóstico Inicial del Manejo de la Información.

El diagnóstico inicial de la organización de la información de las plantas de tratamiento parte de la existencia de un archivo central de la Dirección de Gestión Ambiental donde se almacena desde hace varios años y forma física la información correspondiente al desarrollo de la gestión ambiental de todas las Unidades de la Armada Nacional, los cuales se envían de manera trimestral como registro de las actividades realizadas; en tal sentido, no se cuenta con un proceso estructurado de información, lo cual no permite adquirir de primera mano datos importantes para la gestión administrativa y operativa de las Unidades en el país.

De este proceso se logró evidenciar que la gestión ambiental institucional presenta una desarticulación en el control y seguimiento del funcionamiento de cada una de las Unidades, por lo que se requiere disponer de un sistema de información digital que permita acceder a la realización de consultas de diversos tipos y mantener un control fácil y rápido del estado y funcionamiento de las plantas de tratamiento presentes a nivel nacional y por ende permita a la Armada Nacional realizar una planeación efectiva de los recursos de operación y mantenimiento además de la planeación de asignación de personal idóneo.

2.2. Análisis de la Información Inicial.

En el momento inicial, la Dirección de Medio Ambiente, Desastres y Emergencias de la Armada Nacional, contaba con un reporte total de 56 Plantas de Tratamiento distribuidas en 19

de Agua Potable y 37 de Agua Residual, de acuerdo con los documentos existentes y registros históricos. Al realizar el análisis preliminar de la información, se determinó que efectivamente existen un total de 56 plantas de tratamiento, sin embargo, la distribución real corresponde a 21 de Agua Potable y 35 de Agua Residual, En el año en curso (2018), se realizó la construcción de dos Plantas de Tratamiento de Agua Potable en la Estación de Guardacostas de Punta Espada y la Estación de Guardacostas de San Andrés Islas; al tiempo, se desactivaron dos Sistemas de Tratamiento de Agua Residual correspondientes a la Base de Entrenamiento de I.M., ubicada en Coveñas, Sucre y la Brigada de Infantería de Marina No. 1, ubicada en Corozal, Sucre.

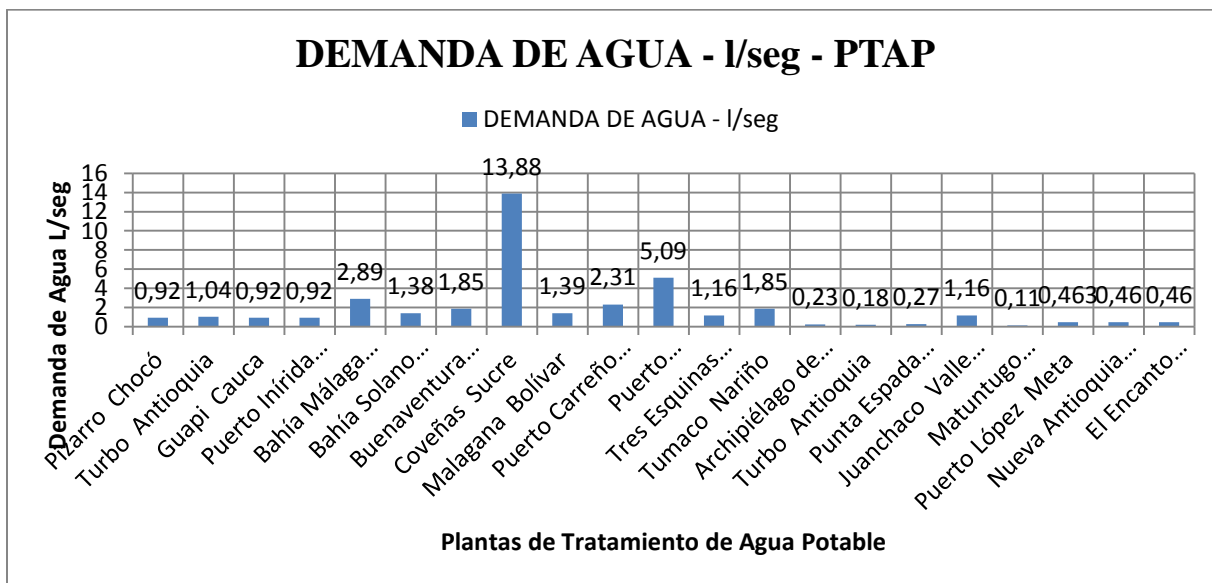
Con respecto al diagnóstico de las plantas de tratamiento, se determinó que se realiza seguimiento y monitoreo a 21 plantas de tratamiento de Agua Potable y 28 Plantas de Tratamiento de Agua Residual, como se puede verificar en el ANEXO A. Diagnóstico PTAP y ANEXO B Diagnóstico PTAR.

En cuanto al orden legal de los sistemas de tratamiento, no se cuenta con un registro claro de cuántas y cuáles plantas de tratamiento de agua potable y residual tienen concesión y con permiso de vertimientos, sin embargo, según los registros existentes, la mayoría de las Unidades se encuentran en trámite de dichos permisos, pero aún no han obtenido la resolución.

Con referencia al personal capacitado, no se cuenta con un registro confiable debido a la rotación de personal, sin embargo, la institución se encuentra incorporando analistas ambientales regionales y locales como directos responsables de la operación y administración de los sistemas existentes en sus guarniciones militares. (Armada Nacional, (s/f))

En relación con el diagnóstico de la situación actual de las plantas de agua potable y agua residual, la información encontrada, se tabuló en hojas de Excel y los resultados se detallan en gráficos estadísticos relacionados a continuación tanto para PTAP como PTAR.

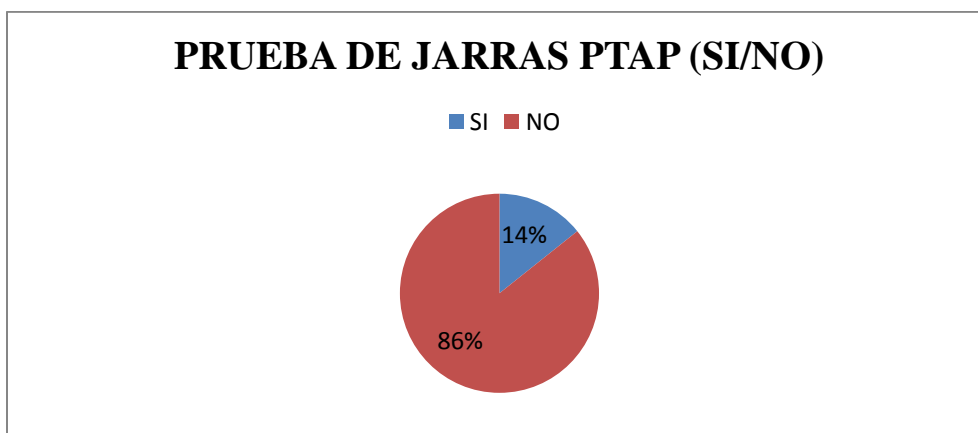
Figura 3. Gráfica Estadística Demanda de Agua l/seg PTAP



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En la **Figura 3. Gráfica Estadística Demanda de Agua l/seg PTAP**, se detalla los nombres de las plantas de Tratamiento de Agua Potable con su correspondiente demanda de agua medido en litros sobre segundo. Se observa que la PTAP Coveñas – Sucre, presenta una demanda de agua superior de 13,88 l/seg en relación con las demás.

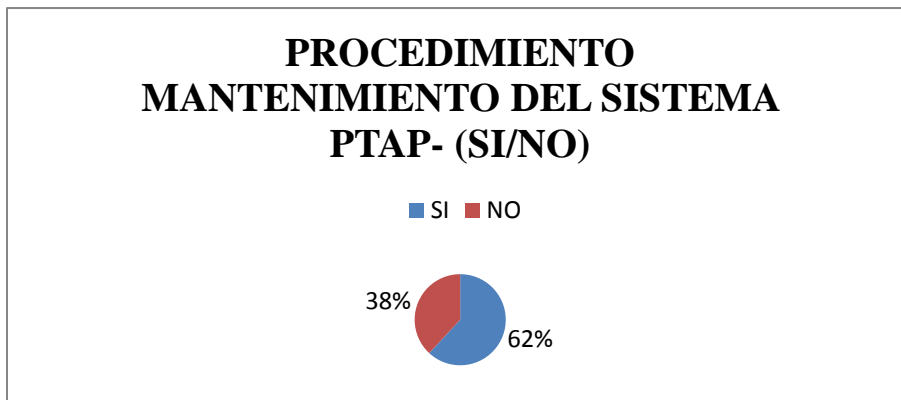
Figura 4. Gráfica Estadística Prueba de Jarras PTAP



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En la **Figura 4. Gráfica Estadística Prueba de Jarras PTAP**, se detalla que el 14% correspondiente a 3 plantas, realizan la prueba de jarras para determinar el dosaje de coagulantes para agua potable, mientras que el 86% que corresponde 18 plantas no tienen este sistema.

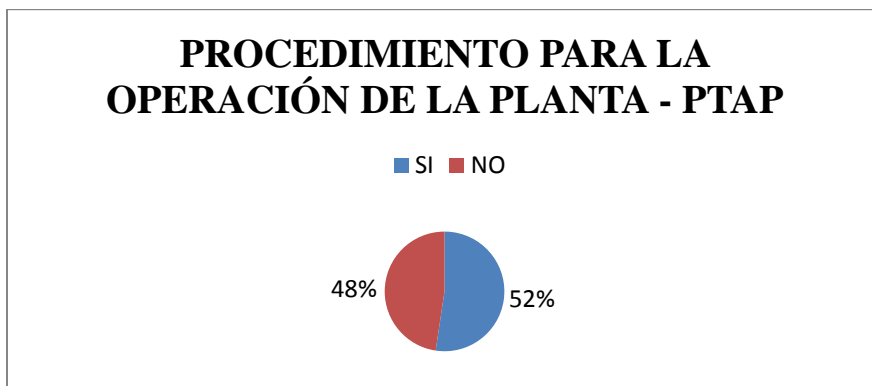
Figura 5. Gráfica Estadística Procedimiento Mantenimiento del Sistema PTAP



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En la **Figura 5. Gráfica Estadística Procedimiento Mantenimiento del Sistema PTAP**, se observa que el 62% igual a 13 plantas presentan procedimiento de Mantenimiento del Sistema y el 38% igual a 8 plantas no tienen procedimiento.

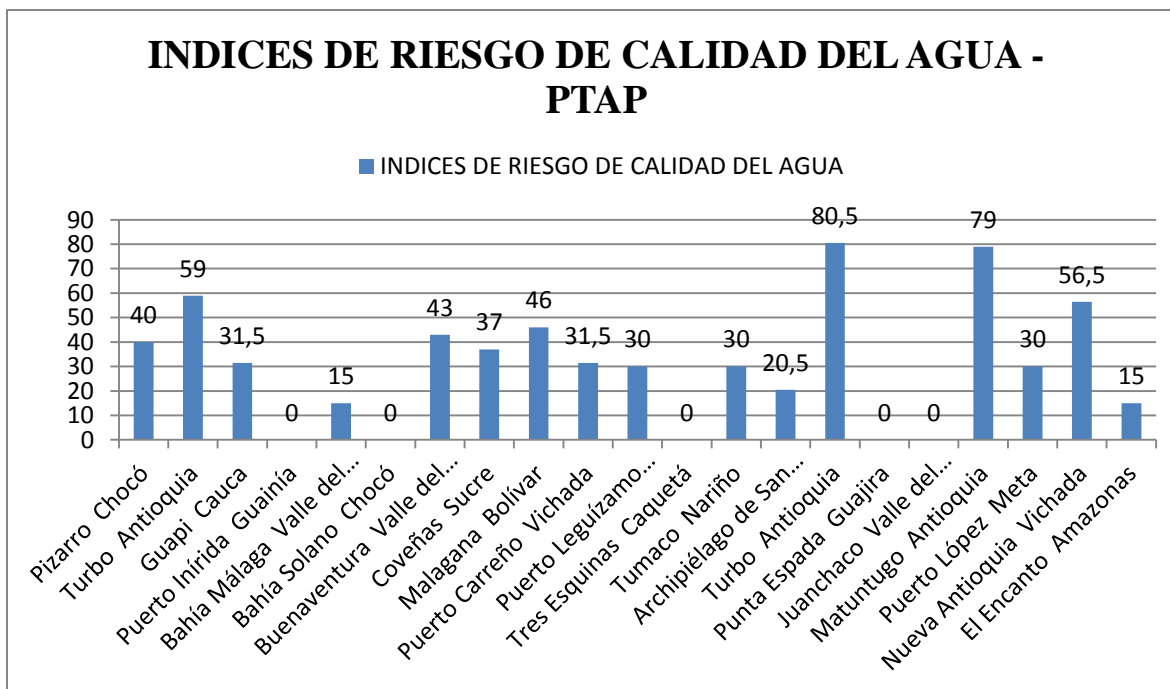
Figura 6. Gráfica Estadística Procedimiento Para la Operación de la Planta PTAP



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En la **Figura 6. Gráfica Estadística Procedimiento Para la Operación de la Planta PTAP**, se observa que el 52% igual a 11 plantas, presentan Procedimiento para la operación de sus PTAP y el 48% igual a 10 plantas no presentan procedimiento para la operación.

Figura 7. Gráfica Estadística Índices de Riesgo de Calidad del Agua PTAP



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En la **Gráfica 7. Índices de Riesgo de Calidad del Agua PTAP**, se detalla los valores de acuerdo con la Resolución 2115 de 2007, nótese que dos plantas la de Turbo Antioquia y la de Matuntugo Antioquia presentan los valores más altos, lo que significa que de acuerdo a la norma se encuentra entre ALTO e INVIABLE SANITARIAMENTE, lo que significa que es agua no apta para consumo humano.

2.3.Organización y estructuración de la información.

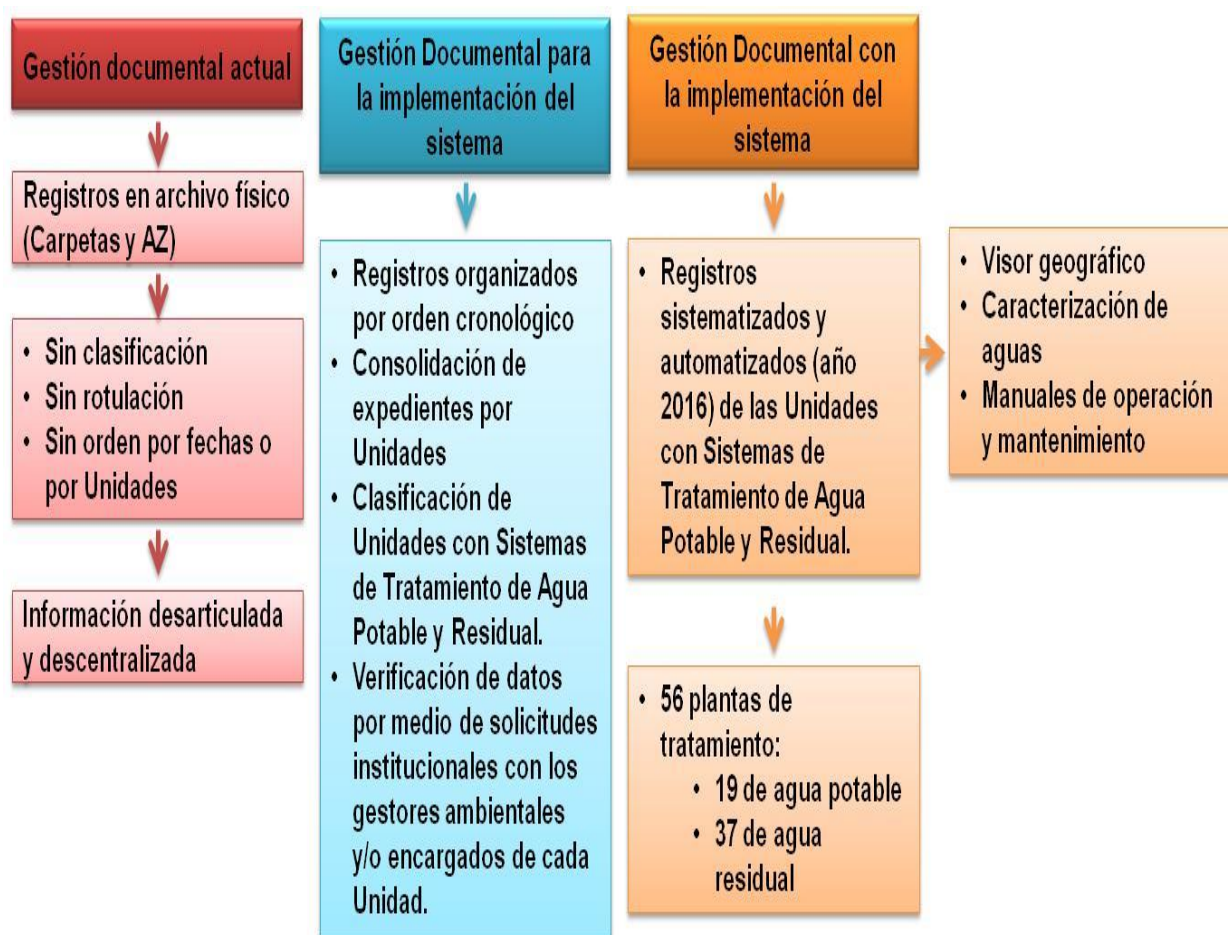
Recopilación y consolidación: Consistió en la revisión minuciosa de los registros físicos de la Dirección de Medio Ambiente Desastres y Emergencias de la Armada Nacional, la cual contaba con archivo físico desde el año 2010 en carpetas A-Z, pero sin ningún tipo de clasificación ni rotulación por fechas o por unidades, en virtud de lo anterior, se procedió a consolidar la información que correspondía a la Gestión documental de la Institución a partir del año 2016.

Ordenación y clasificación: Consistió en la ordenación del archivo de la División de Gestión Ambiental, el cual se realizó por orden cronológico, posteriormente se organizó por Unidades, con el fin de consolidar expedientes de cada una de las Unidades de la Armada Nacional e iniciar la clasificación de aquellas Unidades que cuentan con Sistemas de Tratamiento de Agua Potable y Residual y que aportó información importante para alimentar y consolidar el Sistema de Información Geográfico.

Priorización y análisis: Después de la generación de los expedientes de cada Unidad, se realizó la priorización de la información encontrada de acuerdo con la disponibilidad de los datos obtenidos (Si contaba con Manuales de Operación y Mantenimiento, Registro de Análisis de aguas del año 2016, Información del Operario, Permisos de Concesión o de Vertimientos, entre otros). Dicha información fue analizada y filtrada para ser digitalizada e incorporada al SIG, teniendo en cuenta que mucha de esta información se encontraba deteriorada, era ilegible, repetida o en casos no correspondía a la realidad, además, se contradecía en muchas partes. Durante esta etapa de análisis de la información, se realizó contacto directo con los Gestores Ambientales de las Unidades de la Armada Nacional, para lograr corroborar o establecer la información corresponde a la situación real de cada Unidad.

De acuerdo con los datos encontrados en el Análisis de la Información, se clasificó, escaneó y se digitalizó los registros en tablas dinámicas en Microsoft Excel, con el fin de verificar el estado actual de los datos en donde se identificó omisiones en su contenido. En la **Figura 8. Diagrama Gestión Documental Antes y Después de la Implementación**, se muestra cómo estaban organizados los documentos antes de la implementación del SIG y el después.

*Figura 8.*Diagrama Gestión Documental Antes y Después de la Implementación.



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

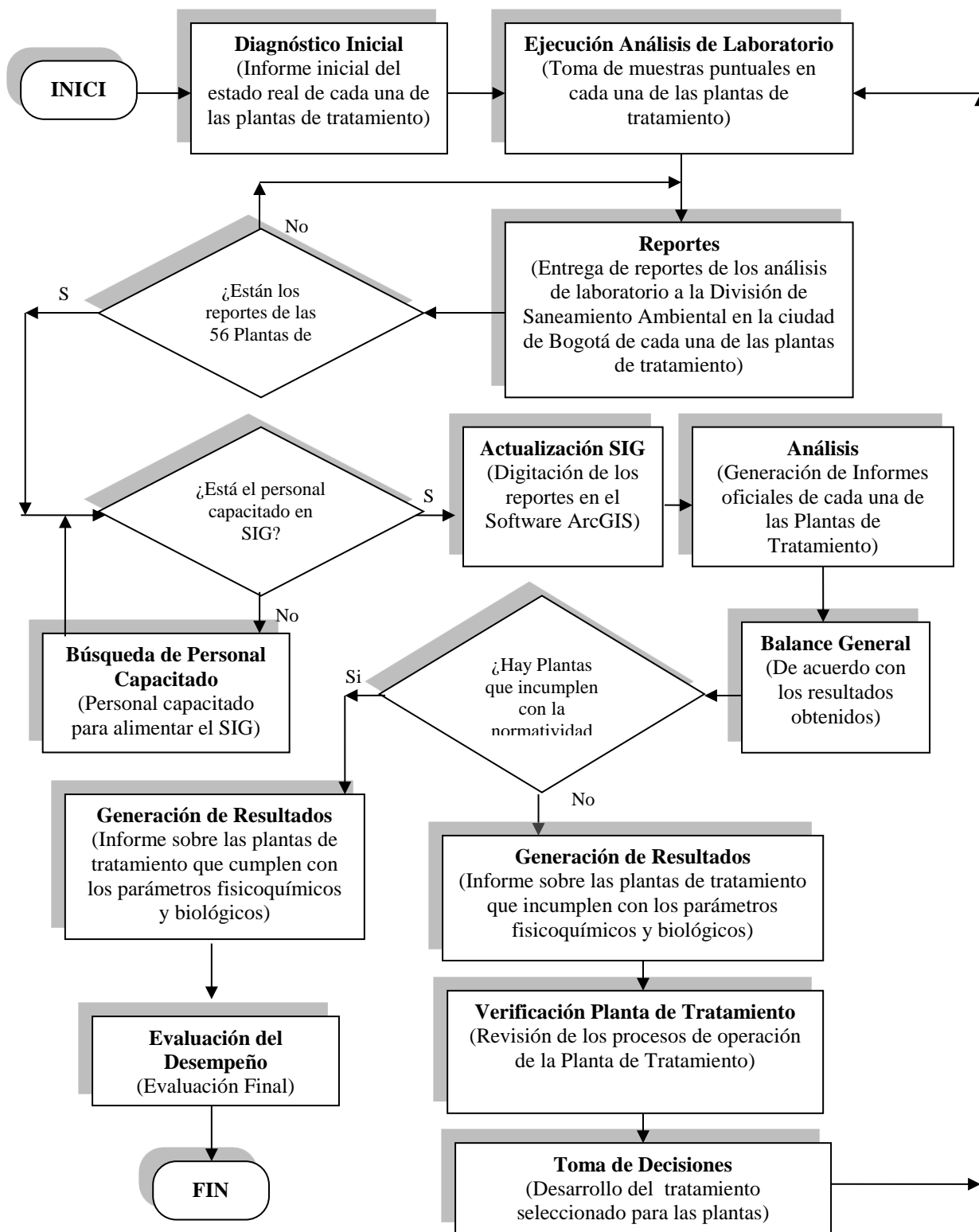
2.4. Planificación.

En esta fase se definió mediante mesas de trabajo, los horarios y el tiempo de ejecución del proyecto dentro de las oficinas de la División de Saneamiento Ambiental, con el fin de no entorpecer sus actividades cotidianas. Se ajustaron los tiempos de acuerdo con el cronograma entregado en el anteproyecto para cumplir con lo establecido. Así mismo, se realizó el Diagrama del Flujo de la Información y el Diseño de Administración del SIG, acorde a las actividades de la Institución, lo cual se puede observar en la **Figura 9. Diagrama de Flujo de la Información.**

Una vez implementado el sistema, éste se administrará de acuerdo a la **Figura 10.**

Administración del SIG.

Figura 9. Diagrama de Flujo de la Información



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

Figura 10. Administración del SIG



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

3. Desarrollo y Ejecución

3.1.Revisión de la Información Base.

Una vez digitada la información en tablas dinámicas en Microsoft Excel, se conceptualizó y delimito el sistema, encontrando que las categorías presentadas a continuación son las más relevantes para implementar el sistema, por medio de un visor geográfico que facilite la condición operativa de las plantas de tratamiento de agua potable y residual.

A continuación, se detalla el Diccionario de Datos utilizado para la implementación del visor geográfico:

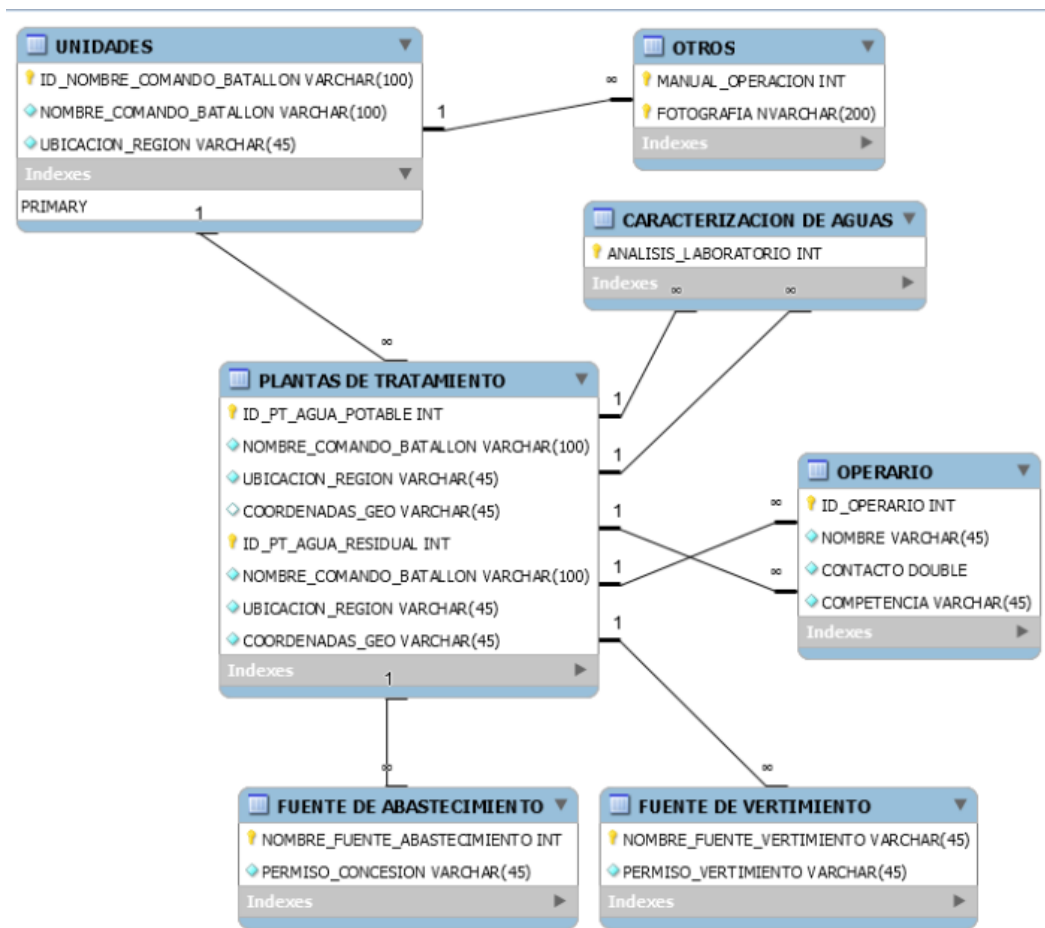
- **ID:** Código interno en el sistema.
- **Unidad:** Nombre de la regional y/o sucursal de la Armada Nacional en el país.
- **Ubicación:** Nombre del departamento o municipio donde se encuentra ubicada la unidad.
- **Coordenadas Geográficas:** Ubicación geográfica en la superficie de la tierra de la unidad.
- **Vista General de la Planta:** Imagen y/o fotografía de la planta.
- **Operario (Nombre y contacto):** Persona encargada del manejo de la planta
- **Competencia del Operario:** Preparación idónea para operar la planta.
- **Fuente de Abastecimiento (PTAP):** Punto donde se capta el agua.
- **Fuente Receptora (PTAR):** Punto donde se descargan las aguas residuales.
- **Caracterización:** Este ítem es informativo (si/no cuenta con análisis de aguas)
- **Manual de Operación y Mantenimiento:** Información de operación y mantenimiento de la planta.

3.2. Modelo de Diseño de Datos.

Posteriormente se determinó la estructura de la base de datos y la manera como se iba a almacenar y organizar la información para su posterior manipulación. Con este modelo de datos, se transformó el esquema conceptual en un esquema lógico, es decir, definiendo de manera racional y organizada cada uno de los datos que harían parte de la operatividad del sistema y de este modo permitir la implementación y funcionamiento del aplicativo.

En la **Figura 11. Diseño Modelo de Datos**, representa la organización y gestión de las bases de datos que se utilizaron para el desarrollo del sistema.

Figura 11. Diseño Modelo de Datos



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

3.3. Búsqueda y Edición de la Información.

La búsqueda de la información faltante y la verificación de la misma se realizó en la División de Saneamiento Ambiental, para cada una de las plantas en el país, por medio del archivo físico y solicitudes institucionales (correo electrónico y telefónicamente), las cuales se logró obtener en un 90%. Lo anterior teniendo en cuenta que las salidas a campo no fueron autorizadas por la Institución.

3.4. Implementación de la Información en Software Aplicativo.

Una vez se definió la estructura básica en tablas dinámicas Microsoft Excel, se georreferenció la información por medio de ArcGIS 10.1 como software principal, tomando como base el marco geocéntrico nacional de referencia (MAGNA SIRGAS) dátum oficial de Colombia, teniendo en cuenta que, para realizar un correcto análisis de la información, esta debe estar dispuesta en el mismo sistema de referencia para ser integrados en el SIG. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2004) Dicho trabajo se realizó en las instalaciones de la Armada Nacional en Bogotá.

La digitalización de los datos se realizó de la siguiente manera:

- Digitalización con estructura de datos (lista de coordenadas).
- Digitalización manual en donde se manipulo la información convirtiéndola de análoga en digital (Caracterización de aguas)
- Digitalización automática por medio de escáner (Manuales de operación y mantenimiento)

La información digitalizada en tablas dinámicas Microsoft Excel (objeto no espacial), se agregó a cada objeto geográfico (objeto espacial), que para el caso es cada Unidad de la Armada Nacional a nivel nacional, mediante la entidad punto para ubicaciones exactas.

Tabla 4

Datos Incluidos en Visor Geográfico para Plantas de Tratamiento de Agua Potable

ID	Unidad	Ubicación	Latitud	Longitud	Vista General	Operario	Contacto
E-mail	Competencia	Fuente de abastecimiento	de	Concesión	Caracterización		

Nota: Debido a la extensión de las tablas no es posible anexarlas. Se presenta la información que estas contienen.

Tabla 5

Datos Incluidos en Visor Geográfico para Plantas de Tratamiento de Agua Residual

ID	Unidad	Ubicación	Latitud	Longitud	Vista General	Operario	Contacto
E-mail	Competencia	Fuente receptora	Permiso de vertimiento	Caracterización			

Nota: Debido a la extensión de las tablas no es posible anexarlas. Se presenta la información que estas contienen.

Los datos que se tuvo en cuenta para la **Caracterización de Agua Potable** y que hacen parte del diccionario de datos para compararlos con la norma anteriormente expuesta se detallan en la

Tabla 6. Diccionario de Datos Caracterización de Agua Potable.

Tabla 6

Diccionario de Datos Caracterización de Agua Potable

Coordenadas Geográficas	Aluminio Total	Fosfatos	Sulfatos
Ubicación	Calcio	Hierro Total	Turbiedad
Empresa que tomó la muestra	Carbono Orgánico Total	Magnesio	Zinc Total
Fecha de Muestreo	Cloruros	Manganeso	Coliformes Totales
Punto de la Toma de	Color Aparente	Molibdeno	E-coli

la Muestra			
Tipo de muestra	Dureza Total	Nitratos	pH
Alcalinidad	Fluoruros	Nitritos	Cloro Residual Libre

Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

Los datos que se tuvo en cuenta para la **Caracterización de Agua Residual** y que hacen parte del diccionario de datos para compararlos con la norma anteriormente expuesta se detallan en la **Tabla 7. Diccionario de Datos Caracterización de Agua Residual.**

Tabla 7

Diccionario de Datos Caracterización de Agua Residual

Coordenadas Geográficas	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Nitrógeno total
Ubicación	Demanda química de oxígeno (DQO)	Ortofosfatos
Empresa que tomó la muestra	Fosforo Total	Sólidos suspendidos totales (SST)
Fecha de Muestreo	Hidrocarburos totales	Tensoactivos
Punto de la Toma de la Muestra	Nitratos	Sólidos sedimentables (SS)
Tipo de muestra	Nitritos	pH
Aceites y grasas	Nitrógeno Amoniacal	Temperatura

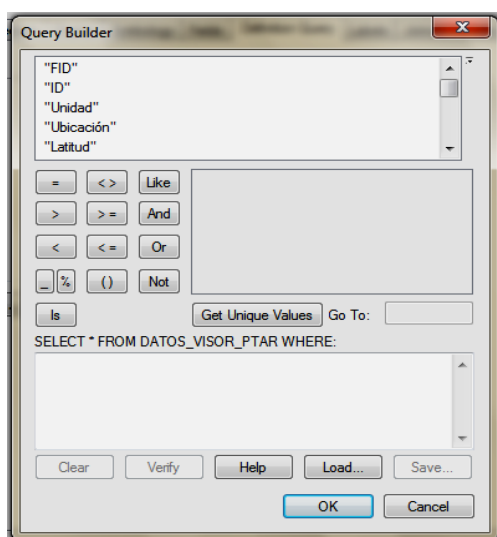
Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

3.5.Pruebas y Resultados.

Una vez se implementó el sistema se procedió a realizar las pruebas de verificación así

- **Visor geográfico:** En mapa base del software aplicativo ArcGIS versión 10.1, en donde se identifica la imagen general de la planta y los datos mencionados con anterioridad, los cuales se podrán actualizar por el personal encargado.
- **Visualización de los Manuales de Operación y Mantenimiento para Cada Planta:** Por medio de hipervínculos de donde se extraen los documentos en formato PDF de una red interna en la División y los cuales se agregó a la ubicación geográfica de cada planta sobre el mapa.
- Finalmente, las consultas para el cumplimiento de la normatividad de aguas se realizó en lenguaje SQL, es decir que por medio de comandos fundamentales como Select - From – Where, los cuales permiten seleccionar datos de acuerdo a su ubicación para realizar consultas sobre las tablas de las bases de datos.

Figura 12. Tabla de Consulta Lenguaje SQL.



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

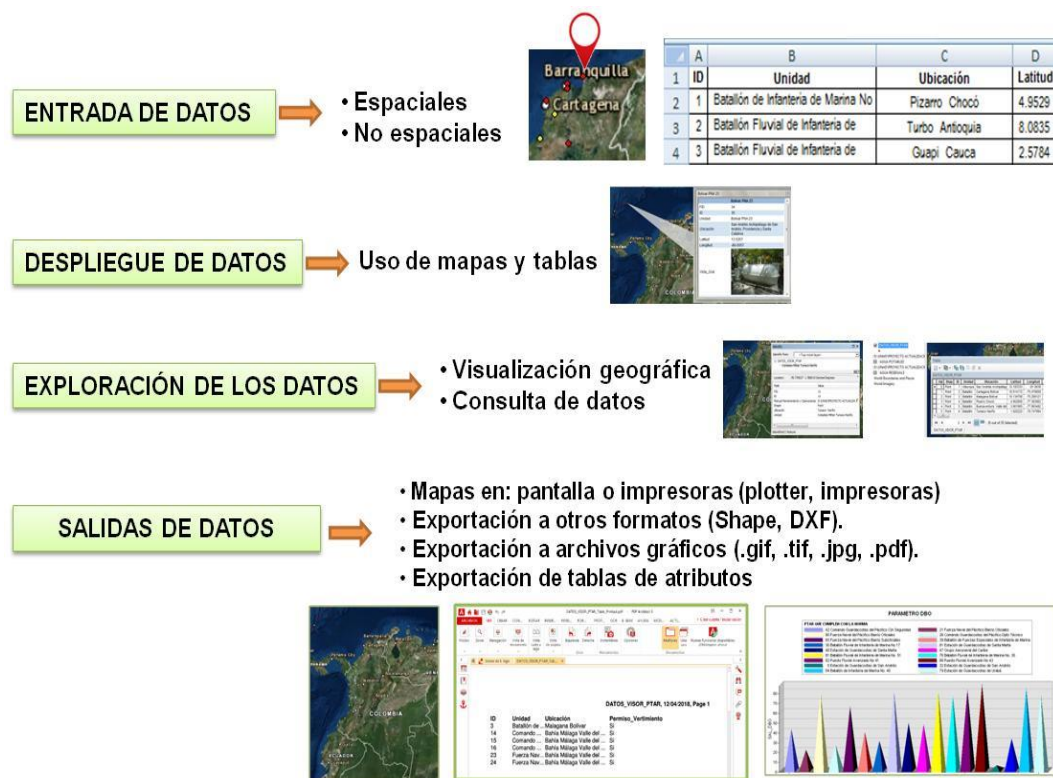
- Se evaluó la operatividad del sistema con base en el diseño planteado, para lo cual fue necesario realizar diferentes pruebas de la operatividad del sistema. Es de aclarar que el sistema aún no se encuentra en un servidor web; lo que quiere decir que la entrega de la información fue centralizada en la sede de la División de Saneamiento Ambiental en la ciudad de Bogotá D.C., donde posteriormente se realizara el montaje respectivo para su funcionamiento a nivel nacional.
- La frecuencia para la actualización de datos se deberá realizar teniendo en cuenta la rotación de personal así:
 - Oficiales y Suboficiales que tiene a cargo las Unidades: uno a tres años y de dos a cuatro años respectivamente.
 - Infantes de marina, cada cinco años.
 - Sin embargo, la rotación de traslados se da cada seis meses (junio y diciembre).
 - Actualmente la institución se encuentra incorporando personal idóneo para el manejo de temas ambientales, es por esto que la asignación de cargos dependerá de las competencias requeridas y definidas en cada una las Unidades.
 - Para la caracterización de aguas se adicionará información anualmente.
- Los productos finales del Sistema de Información Geográfica son presentados a través de las salidas generales y opcionales; en ellas se muestra al usuario la información que se maneja, tanto textual como gráfica.
 - En las salidas generales encontramos la ubicación de las plantas en el mapa, la visualización de las plantas que cuentan con los manuales de operación y

mantenimiento y el despliegue de la información presentada en el visor geográfico.

- En las salidas opcionales se identifican datos concernientes con la operatividad de la planta (Ej. competencia de operarios y permisos), además el cumplimiento de los análisis de aguas con la normatividad vigente para el control de la calidad del agua.

Dentro de las principales funcionalidades del SIG se encuentra la Entrada, Despliegue, Exploración y Salidas de Datos, como se observa en la **Figura 13. Funcionalidades Básicas del SIG**

Figura 13. Funcionalidades Básicas del SIG.



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

Salidas Generales.

En la **Figura 14. Mapas Georreferenciados de las Plantas de Tratamiento Operativas en el País.** De color amarillo se identifican las Plantas de Tratamiento de Agua Potable y de color Rojo las Plantas de Tratamiento de Agua Residual.

Figura 14. Mapas Georreferenciados de las Plantas de Tratamiento Operativas en el País.




Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En la **Figura 15. Imagen Visor Geográfico. PTAP - Estación de Guardacostas de San Andrés,** se relaciona un ejemplo de información física y operativa de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable.

Figura 15. Imagen Visor Geográfico. PTAP - Estación de Guardacostas de San Andrés.

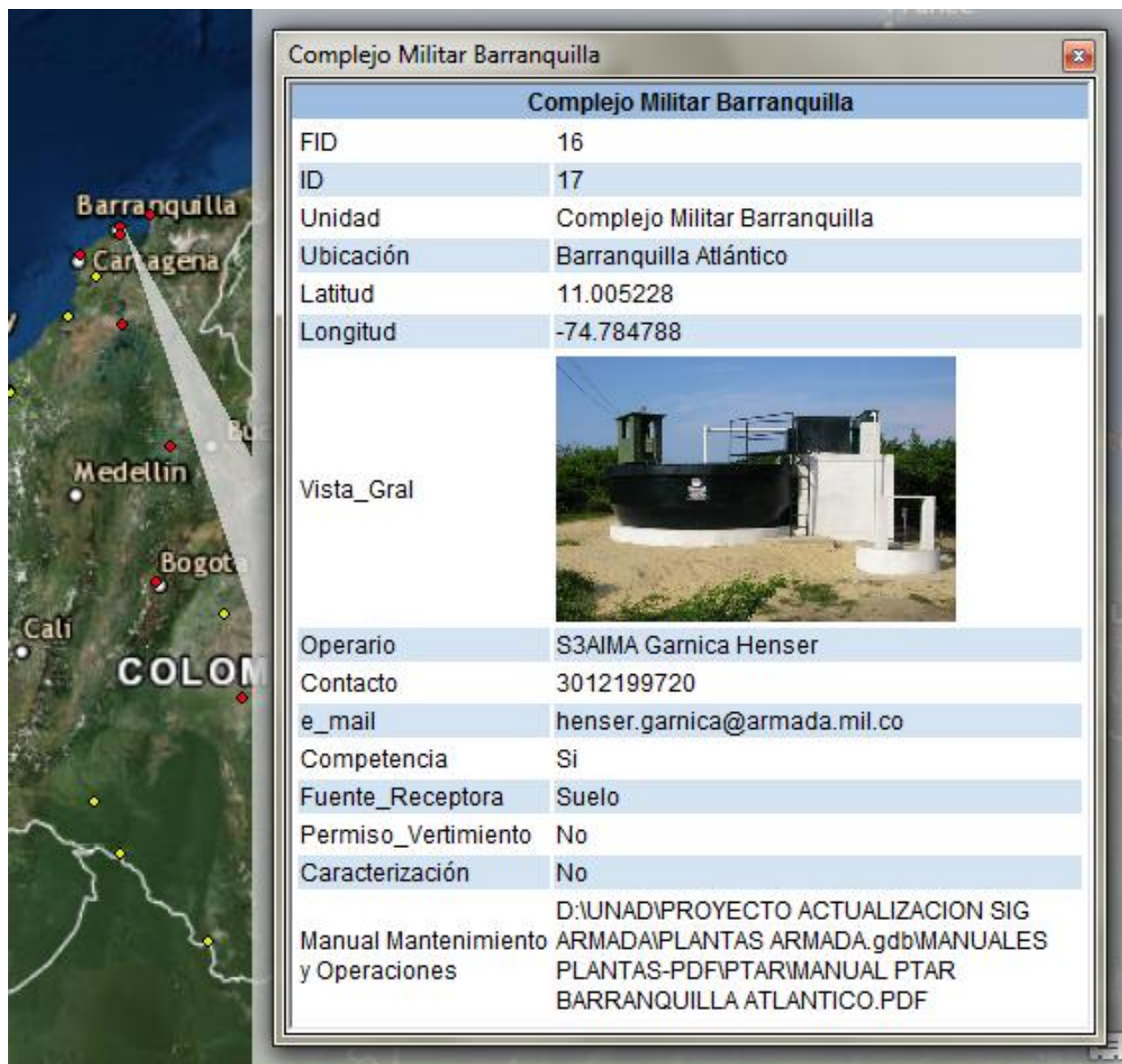
The screenshot displays a GIS application window titled 'Estación de Guardacostas de San Andrés'. On the left, a map shows Central America with labels for Tegucigalpa, Nicaragua (Managua), Costa Rica (San Jose), and Panama. The main window contains a data table with the following information:

Estación de Guardacostas de San Andrés	
FID	13
ID	14
Unidad	Estación de Guardacostas de San Andrés
Ubicación	San Andrés Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina
Latitud	12.56831
Longitud	-81.702267
Vista_Gral	
Operario	TK Whitiman Muñoz Julián David
Contacto	3153101470
e_mail	whitiman.munoz@armada.mil.co
Competencia	Si
Fuente_Abastecimiento	Pozo Barreno
Concesión	En trámite
Caracterización	Si
Manual Mantenimiento y Operaciones	D:\UNAD\PROYECTO ACTUALIZACION SIG ARMADA\PLANTAS ARMADA.gdb\MANUALES PLANTAS-PDF\PTAP\MANUAL PTAP SAN ANDRES.PDF


Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En la **Figura 16. Imagen Visor Geográfico. PTAR- Complejo Militar Barranquilla**, se relaciona un ejemplo de información física y operativa de las Plantas de Tratamiento de Agua Residual

Figura 16. Imagen Visor Geográfico. PTAR- Complejo Militar Barranquilla



The image shows a GIS application window titled 'Complejo Militar Barranquilla'. On the left is a satellite map of Colombia with a white line pointing to Barranquilla. On the right is a data popup window with the following information:

Complejo Militar Barranquilla	
FID	16
ID	17
Unidad	Complejo Militar Barranquilla
Ubicación	Barranquilla Atlántico
Latitud	11.005228
Longitud	-74.784788
Vista_Gral	
Operario	S3AIMA Garnica Henser
Contacto	3012199720
e_mail	henser.garnica@armada.mil.co
Competencia	Si
Fuente_Receptora	Suelo
Permiso_Vertimiento	No
Caracterización	No
Manual Mantenimiento y Operaciones	D:\UNAD\PROYECTO ACTUALIZACION SIG ARMADA\PLANTAS ARMADA.gdb\MANUALES PLANTAS-PDF\PTAR\MANUAL PTAR BARRANQUILLA ATLANTICO.PDF

Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En la **Figura 17. Visualización Manuales de Operación y Mantenimiento de las Plantas de Tratamiento en el País**. De color azul se identifican las plantas que cuenta con el manual, los cuales se generan mediante hipervínculos, **donde se extraen los documentos en formato PDF por medio de una red interna en la División**.

Figura 17. Visualización Manuales de Operación y Mantenimiento de las Plantas de Tratamiento en el País.



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En la **Figura 18. Imagen visualización Manual de Operación y Mantenimiento PTAP Estación Guardacostas Buenaventura – Valle del Cauca**, se relaciona un ejemplo de la visualización del manual de operación y mantenimiento de la PTAP.

Figura 18. Imagen Visualización Manual de Operación y Mantenimiento PTAP Estación Guardacostas

Buenaventura – Valle del Cauca.



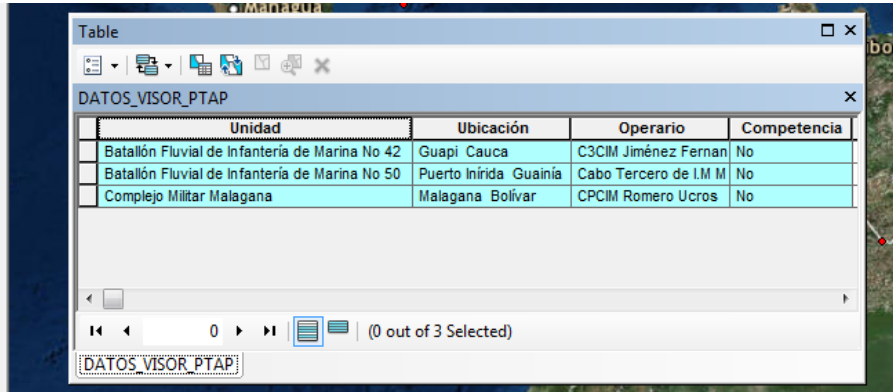
Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

Salidas Opcionales.

En primera instancia se presentan los resultados en cuanto a planes de seguimiento y control administrativo de las plantas a nivel nacional.

En la **Figura 19. Operarios PTAP que no son Competentes para la Operación de la Planta.** Se identifican por Unidad, Ubicación y Nombre en pantalla por medio de la tabla de atributos. (Información suministrada por cada unidad).

Figura 19: Operario PTAP que no son Competentes para la Operación de la Planta.




Unidad	Ubicación	Operario	Competencia
Batallón Fluvial de Infantería de Marina No 42	Guapi Cauca	C3CIM Jiménez Ferman	No
Batallón Fluvial de Infantería de Marina No 50	Puerto Inírida Guainía	Cabo Tercero de I.M M	No
Complejo Militar Malagana	Malagana Bolívar	CPCIM Romero Ucros	No

Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En la **Figura 20. Operarios en PTAR que no son Competentes para la Operación de la Planta.** Se identifican por Unidad, Ubicación y Nombre en pantalla por medio de la tabla de atributos. (Información suministrada por la cada unidad).

Figura 20. Operarios en PTAR que no son Competentes para la Operación de la Planta.



ID	Unidad	Ubicación	Operario	Competencia
3	Batallón de Infantería de Marina No 13	Malagana Bolívar	CPCIM Romero Ucros Gustavo	No
8	Batallón Fluvial de Infantería de Marina No 17	Yatí Bolívar	SSCIM Jiménez Arenales Gerson Eduardo	No
9	Batallón Fluvial de Infantería de Marina No 32	San José del Guaviare Guaviare	CPCIM Bohórquez Mejía Yeison	No
21	Estación de Guardacostas de Santa Marta	Santa Marta Magdalena	S3 González Vladimir	No
22	Estación de Guardacostas de Urabá	Turbo Antioquia	S3 Ariel López Molina Fabio Andrés	No
28	Puesto Fluvial Avanzado No 31	Barrancabermeja Santander	S3ABCO Martínez Barón Oscar Danilo	No

Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En la **Figura 21. PTAP que no Cuentan con Caracterización de Aguas (Análisis).** Se identifican por Unidad y Ubicación en pantalla por medio de la tabla de atributos.

Figura 21. PTAP que no Cuentan con Caracterización de Aguas (Análisis).

ID	Unidad	Ubicación	Caracterización
4	Batallón Fluvial de Infantería de Marina No 50	Puerto Inírida Guainía	No
12	Complejo Militar Tres Esquinas	Tres Esquinas Caquetá	No
16	Estación de Vigilancia Punta Espada	Punta Espada Guajira	No
17	Grupo Aeronaval del Pacífico	Juanchaco Valle del Cauca	No

Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En la **Figura 22.** PTAR que no Cuentan con Caracterización de Aguas (Análisis). Se identifican por Unidad y Ubicación en pantalla por medio de la tabla de atributos.

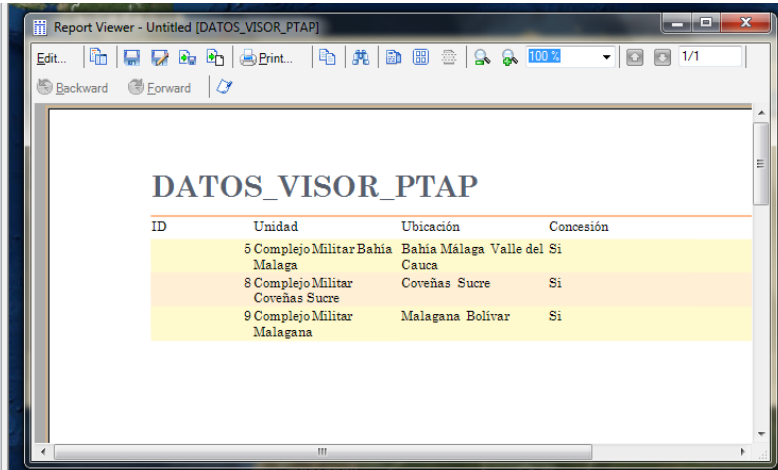
Figura 22. PTAR que no Cuentan con Caracterización de Aguas (Análisis).

ID	Unidad	Ubicación	Caracterización
1	Albuquerque PNA27 Tilapia	San Andrés Archipiélago de San Andrés	No
9	Batallón Fluvial de Infantería de Marina No 32	San José del Guaviare Guaviare	No
17	Complejo Militar Barranquilla	Barranquilla Atlántico	No
19	Estación de Guardacostas de Coveñas	Coveñas Sucre	No
28	Puesto Fluvial Avanzado No 31	Barrancabermeja Santander	No
29	Puesto Fluvial Avanzado No 41	Puerto López Meta	No
30	Puesto Fluvial Avanzado No 43	Nueva Antioquia Vichada	No
31	Roncador PNA26 Octavio	San Andrés Archipiélago de San Andrés	No
32	San Andres y Providencia Islas	San Andrés Archipiélago de San Andrés	No
33	Serrana PNA24 Cachama	San Andrés Archipiélago de San Andrés	No
34	Serranilla PNA 22	San Andrés Archipiélago de San Andrés	No
35	Bolívar PNA 23	San Andrés Archipiélago de San Andrés	No

Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En la **Figura 23.** PTAP que Cuentan con Concesión de Aguas. Se identifican por Unidad y Ubicación en reporte generado para impresión

Figura 23. PTAP que Cuentan con Concesión de Aguas



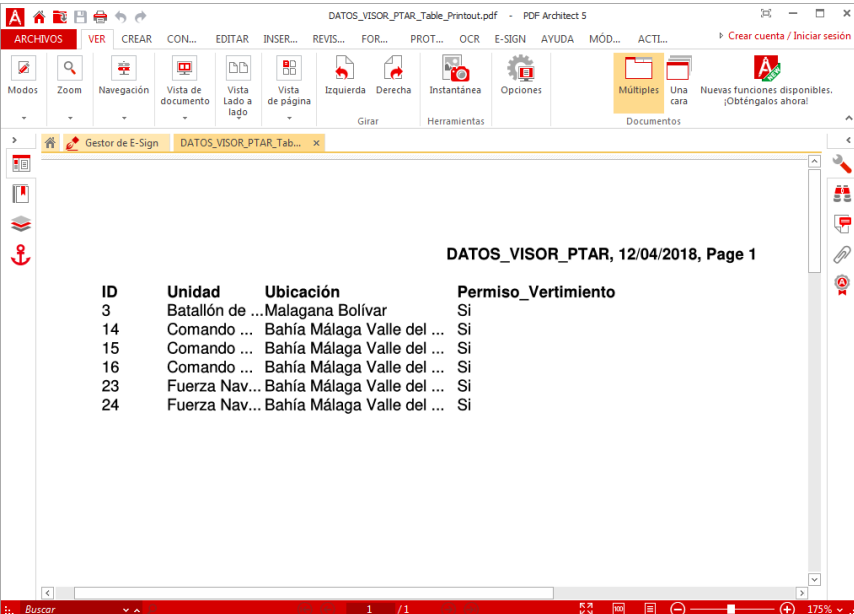
The screenshot shows a 'Report Viewer - Untitled [DATOS_VISOR_PTAP]' window. The table displayed is titled 'DATOS_VISOR_PTAP' and contains the following data:

ID	Unidad	Ubicación	Concesión
5	Complejo Militar Bahía Málaga	Bahía Málaga Cauca	Valle del Si
8	Complejo Militar Coveñas Sucre	Coveñas Sucre	Si
9	Complejo Militar Malagana	Malagana Bolivar	Si

Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En la **Figura 24.** PTAR que Cuentan con Permiso de Vertimiento. Se identifican por Unidad y Ubicación en reporte generado en documento formato PDF

Figura 24. PTAR que Cuentan con Permiso de Vertimiento.



The screenshot shows a PDF document titled 'DATOS_VISOR_PTAR, 12/04/2018, Page 1'. The table displayed is as follows:

ID	Unidad	Ubicación	Permiso_Vertimiento
3	Batallón de ...	Malagana Bolivar	Si
14	Comando ...	Bahía Málaga Valle del ...	Si
15	Comando ...	Bahía Málaga Valle del ...	Si
16	Comando ...	Bahía Málaga Valle del ...	Si
23	Fuerza Nav...	Bahía Málaga Valle del ...	Si
24	Fuerza Nav...	Bahía Málaga Valle del ...	Si

Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En la **Figura 25**. PTAP que Cuentan con Concesión de Aguas en Trámite. Se identifican por Unidad y Ubicación.

Figura 25. PTAP que Cuentan con Concesión de Aguas en Trámite.

Unidad	Ubicación	Concesión
Batallón Fluvial de Infantería de Marina No 50	Puerto Inirida Guainía	En trámite
Complejo Militar Puerto Carreño	Puerto Carreño Vichada	En trámite
Estación de Guardacostas de San Andrés	San Andrés Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina	En trámite

Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En la **Figura 26**. PTAR que Cuentan con Permiso de Vertimiento en Trámite. Se identifican por Unidad y Ubicación en reporte generado en documento formato PDF.

Figura 26. PTAR que Cuentan con Permiso de Vertimiento en Trámite.

ID	Unidad	Ubicación	Permiso_Vertimiento
2	Batallón de...	Cartagena Bolívar	En Trámite
4	Batallón de ...	Pizarro Chocó	En Trámite
5	Batallón de ...	Buenaventura Valle del ...	En Trámite
6	Batallón de ...	Tumaco Nariño	En Trámite
7	Batallón Fluv...	Turbo Antioquia	En Trámite
10	Batallón Fluv...	Puerto Leguizamo Putu...	En Trámite
11	Batallón Fluv...	Tres Esquinas Caquetá	En Trámite
12	Batallón Fluv...	Puerto Carreño Vichada	En Trámite
18	Estación d...	Buenaventura Valle del ...	En Trámite
20	Estación d...	San Andrés Archipiélago...	En Trámite
21	Estación d...	Santa Marta Magdalena	En Trámite
25	Grupo Aer...	Soledad Atlántico	En Trámite
26	Grupo Aer...	Juanchaco Valle del Cauca	En Trámite
27	Providencia...	San Andrés Archipiélago...	En Trámite
30	Puesto Fluv...	Nueva Antioquia Vichada	En Trámite
32	San Andres...	San Andrés Archipiélago...	En Trámite

Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En la **Tabla 8. Resultados Finales de Consultas**, se presentan los resultados finales de los planes de seguimiento y control administrativo de las plantas a nivel nacional.

Tabla 8

Resultados Finales de Consultas.

ÍTEM	TIPO DE PLANTA	<u>PORCENTAJE DE INCUMPLIMIENTO</u>	TOTAL DE PLANTAS
Incompetencia de Operarios	POTABLE	14%	3
	RESIDUAL	17%	6
Caracterización de aguas	POTABLE	19%	4
	RESIDUAL	34%	12
ÍTEM	TIPO DE PLANTA	<u>PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO</u>	TOTAL DE PLANTAS
Concesión de aguas	POTABLE	14%	3
Permiso de vertimientos	RESIDUAL	17%	6
ÍTEM	TIPO DE PLANTA	<u>PORCENTAJE EN TRAMITE</u>	TOTAL DE PLANTAS
Permiso de Concesión de aguas en tramite	POTABLE	14%	3
Permiso de vertimientos de aguas en tramite	RESIDUAL	45%	16

Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

En segunda instancia se presenta y describe la normatividad con las cuales se determina el cumplimiento tanto de calidad del agua para consumo humano como de vertimientos de aguas residuales a cuerpos de aguas superficiales.

Normatividad Agua Potable.

La normatividad vigente en Colombia para Agua potable es la Resolución 2115 del 22 de junio de 2007, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, el cual se detalla en la **Tabla 9. Parámetros Máximos Permitidos Agua Potable.**

Tabla 9

Parámetros Máximos Permitidos Agua Potable

PARÁMETRO	UNIDADES	VR. MÁXIMO
Color Aparente	UPC	15.00
Turbiedad	UNT	2.00
Carbono Orgánico Total	mg/L	5.00
Nitritos	mg/L	0.10
Nitratos	mg/L	10.00
Fluoruros	mg/L	1.00
Calcio	mg/L	60.00
Alcalinidad Total	mg/L	200.00
Cloruros	mg/L	250.00

Aluminio Total	mg/L	0.20
Dureza Total	mg/L	300.00
Hierro Total	mg/L	0.30
Magnesio	mg/L	36.00
Manganeso	mg/L	0.10
Molibdeno	mg/L	0.07
Sulfatos	mg/L	250.00
Zinc	mg/L	3.00
Fosfatos	mg/L	0.50
Coliformes totales	UFC/100cm ³	0.00
Escherichia coli	UFC/100cm ³	0.00
pH	Unidades de pH	6.5 a 9.0
Cloro Residual Libre	mg/L	0.3 a 2.0

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, 2007)

Normatividad Aguas Residuales.

La normatividad vigente en Colombia para Agua Residual es la Resolución 631 del 17 de marzo de 2015. En El Capítulo V, Artículo 8. En relación a los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de Aguas Residuales Domésticas, (ARD) y de las Aguas Residuales no Domésticas (ARnD), de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cumplir, se detallan en la **Tabla 10. Parámetros Máximos Permitidos Agua Residual:**

Tabla 10

Parámetros Máximos Permitidos Agua Residual

PARÁMETRO	UNIDADES	VR. MÁXIMO
pH	Unidades de pH	6.00 a 9.00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	180.00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L O ₂	90.00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	90.00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5.00
Grasas y Aceites	mg/L	20.00
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	Análisis y Reporte
Ortofosfatos	mg/L	Análisis y Reporte
Fosforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte
Nitratos	mg/L	Análisis y Reporte
Nitritos	mg/L	Análisis y Reporte
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	Análisis y Reporte
Nitrógeno Total	mg/L	Análisis y Reporte

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)

Resultados del Cumplimiento de la Normatividad.

Para las Plantas De Tratamiento Agua Potable, las muestras puntuales fueron tomadas en el segundo semestre del año 2016, teniendo en cuenta que a la fecha de la iniciación de la implementación del sistema la institución aun no iniciaba con el proceso de análisis de aguas para el año 2017. Para la realizar la actualización se deberá agregar nuevas capas para registrar el año de la toma de la muestra, de este modo se podrá realizar la comparación con la normatividad

mencionada o vigente con el fin de verificar el cumplimiento de esta. En la **Figura 27. Consulta Parámetro Dureza Total**, se detalla un ejemplo de consulta del cumplimiento de la norma, del parámetro Dureza Total, cuyo valor máximo permitido es de 300 mg/L según norma.

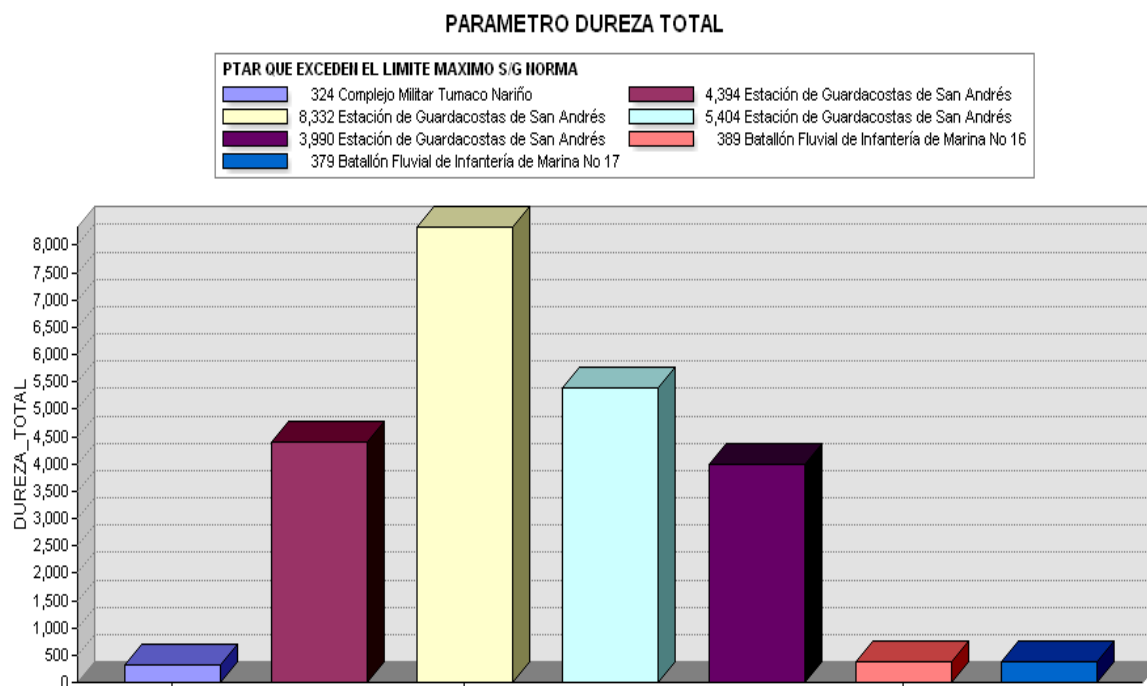
Figura 27. Consulta Parámetro Dureza Total

UNIDAD	UBICACIÓN	FECHA_MU	PUNTO_TOMA_MUESTRA	DUREZA_TOTAL
Complejo Militar Tumaco Nariño	Tumaco Nariño	13/08/2016	SALIDA PTAP	324
Estación de Guardacostas de San Andrés	Archipiélago de San Andrés	18/11/2016	GRIFO BARRACAS INFANTES	4394
Estación de Guardacostas de San Andrés	Archipiélago de San Andrés	18/11/2016	GRIFO EDIFICIO COMANDO	8332
Estación de Guardacostas de San Andrés	Archipiélago de San Andrés	17/11/2016	POZO PROFUNDO GUARDACOSTAS	5404
Estación de Guardacostas de San Andrés	Archipiélago de San Andrés	18/11/2016	GRIFO SANIDAD	3990
Batallón Fluvial de Infantería de Marina No 16	Turbo Antioquia	16/08/2016	ENTRADA POZO PROFUNDO	389
Batallón Fluvial de Infantería de Marina No 17	Turbo Antioquia	16/08/2016	SALIDA PTAP	379

Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

Como resultado para el parámetro **Dureza Total**, se obtiene que cuatro plantas incumplen con lo establecido en la norma (menos de 300 mg/L). El análisis arrojado después de la consulta realizada es que Unidad de la Estación Guardacostas de San Andrés y Providencia sobrepasa dicho límite en todas las muestras tomadas. En la **Figura 28. Gráfica de Plantas que Incumplen con la Norma PTAP**, se detalla de forma gráfica el incumplimiento de la norma

Figura 28. Gráfica de Plantas que Incumplen con la Norma PTAP



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

Para las Plantas de Tratamiento Agua Residual, las muestras (simples y compuestas), fueron tomadas a la entrada y salida de la planta, en el segundo semestre del año 2016, teniendo en cuenta que a la fecha de la iniciación de la implementación del sistema la institución aun no iniciaba con el proceso de análisis de aguas para el año 2017. Para la realizar la actualización se deberá agregar nuevas capas para registrar el año de la toma de la muestra, de este modo se podrá realizar la comparación con la normatividad mencionada y así verificar el cumplimiento de esta. En la **Figura 29. Muestra 1 Entrada PTAR parámetro DBO**, Se detalla un ejemplo de consulta del cumplimiento de la norma del parámetro DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), DBO para la Muestra 1 (Entrada PTAR) cuyo valor máximo permitido es de 90 mg/L O₂ según norma.

Figura 29. Muestra 1 Entrada PTAR parámetro DBO

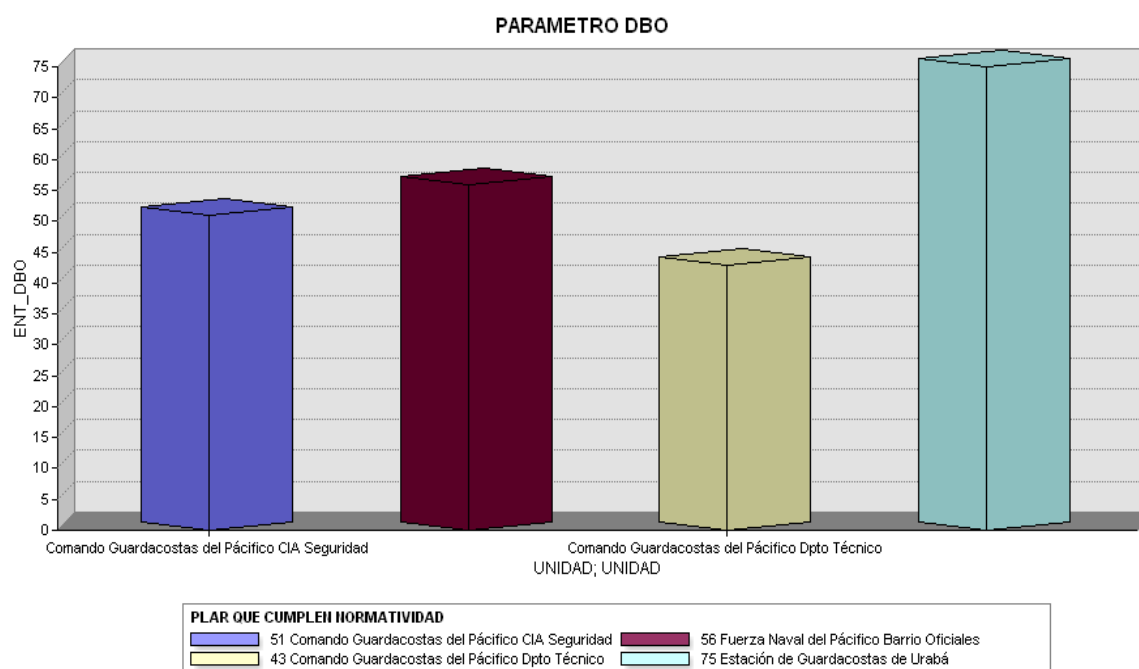
DATOS_VISOR_PTAR

UNIDAD	UBICACIÓN	FECHA_MU	MUESTRA_1	MUESTRA	ENT_DBO
Comando Guardacostas del Pacífico CIA Seguridad	Bahía Málaga Valle del Cauca	01/11/2016	ENTRADA PTAR COMPAÑIA DE SEGURIDAD	COMPUEST	51
Fuerza Naval del Pacífico Barrio Oficiales	Bahía Málaga Valle del Cauca	31/10/2016	ENTRADA PTAR BARRIO CÁMARA OFICIAL	COMPUEST	56
Comando Guardacostas del Pacífico Dpto Técnico	Bahía Málaga Valle del Cauca	29/10/2016	ENTRADA PTAR DPTO TECNICO	COMPUEST	43
Estación de Guardacostas de Urabá	Turbo Antioquia	17/08/2016	ENTRADA PTAR	SIMPLE	75

Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

Como resultado del cumplimiento de la norma para la muestra 1 del parámetro DBO, cuatro plantas cumplen con la norma (menos de 90 mg/L O₂), ver **Figura 30. Gráfica de Plantas que Incumplen con la Norma PTAR**, se detalla de forma gráfica el cumplimiento de la norma.

Figura 30. Gráfica de Plantas que Incumplen con la Norma PTAR



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

A continuación, en la **Figura 31. Muestra 2 Salida PTAR parámetro DBO**, se relaciona una muestra de salida PTAR.

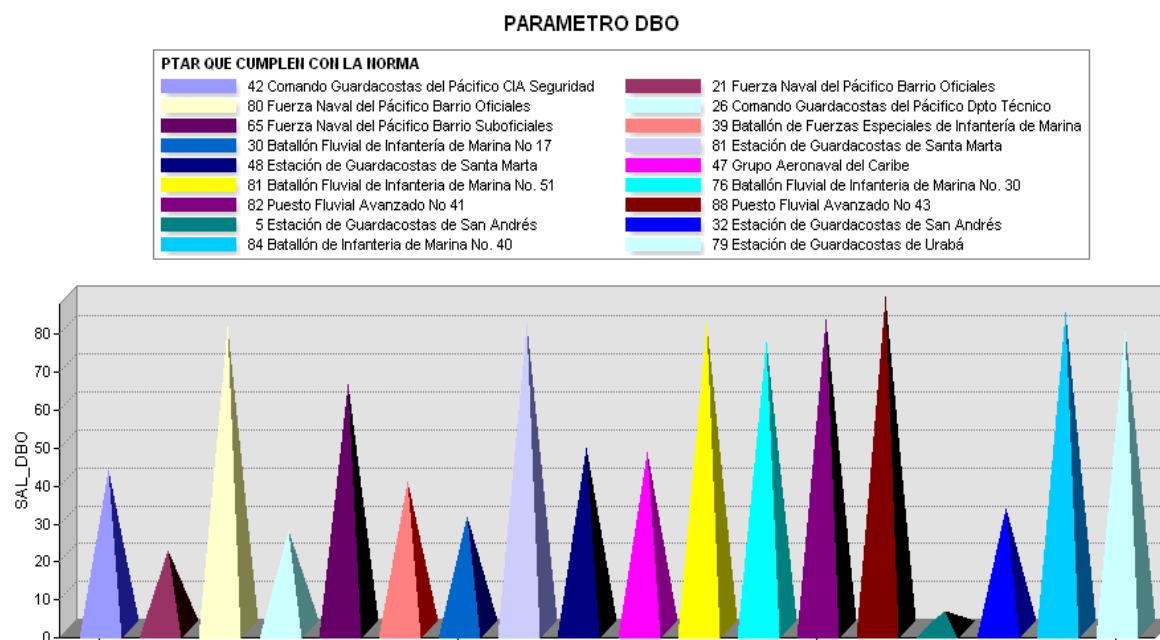
Figura 31. Muestra 2 Salida PTAR parámetro DBO

UNIDAD	UBICACIÓN	FECHA_MU	MUESTRA_2	MUESTRA	SAL_DBO	VR_MAX
Comando Guardacostas del Pacífico CIA Seguridad	Bahía Málaga Valle del Cauca	01/11/2016	SALIDA PTAR COMPA	COMPUEST	42	90
Fuerza Naval del Pacífico Barrio Oficiales	Bahía Málaga Valle del Cauca	31/10/2016	SALIDA PTAR BARRIO	COMPUEST	21	90
Fuerza Naval del Pacífico Barrio Oficiales	Bahía Málaga Valle del Cauca	23/09/2016	SALIDA PTAR BARRIO	COMPUEST	80	90
Comando Guardacostas del Pacífico Dpto Técnico	Bahía Málaga Valle del Cauca	29/10/2016	SALIDA PTAR DPTO TE	COMPUEST	26	90
Fuerza Naval del Pacífico Barrio Suboficiales	Bahía Málaga Valle del Cauca	30/10/2016	SALIDA PTAR SUBOFI	COMPUEST	65	90
Batallón de Fuerzas Especiales de Infantería de Marina	Cartagena Bolívar	01/09/2016	SALIDA PTAR	COMPUEST	39	90
Batallón Fluvial de Infantería de Marina No 17	Yati Bolívar	29/08/2016	SALIDA PTAR	SIMPLE	30	90
Estación de Guardacostas de Santa Marta	Santa Marta Magdalena	10/08/2016	SALIDA ESTACIÓN GU	COMPUEST	81	90
Estación de Guardacostas de Santa Marta	Santa Marta Magdalena	26/10/2016	SALIDA PTAR	SIMPLE	48	90
Grupo Aeronaval del Caribe	Soledad Atlántico	18/08/2016	SALIDA PTAR	SIMPLE	47	90
Batallón Fluvial de Infantería de Marina No. 51	Puerto Carreño Vichada	17/08/2016	SALIDA PTAR	COMPUEST	81	90
Batallón Fluvial de Infantería de Marina No. 30	Puerto Leguizamo Putumayo	19/09/2016	SALIDA PTAR	COMPUEST	76	90
Puesto Fluvial Avanzado No 41	Puerto López Meta	17/08/2016	SALIDA PTAR	COMPUEST	82	90
Puesto Fluvial Avanzado No 43	Nueva Antioquia Vichada	18/08/2016	SALIDA PTAR	SIMPLE	88	90
Estación de Guardacostas de San Andrés	San Andrés Archipiélago de	16/11/2016	SALIDA PTAR	COMPUEST	5	90
Estación de Guardacostas de San Andrés	San Andrés Archipiélago de	15/11/2016	SALIDA PTAR	SIMPLE	32	90
Batallón de Infantería de Marina No. 40	Tumaco Nariño	15/08/2016	SALIDA PTAR	SIMPLE	84	90
Estación de Guardacostas de Urabá	Turbo Antioquia	17/08/2016	SALIDA PTAR	SIMPLE	79	90

Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

Como resultado del cumplimiento de la norma, para la muestra 2 del parámetro DBO, quince plantas incumplen con la norma (menos de 90 mg/L O₂), ver **Figura 32. Gráfica de Plantas que incumplen con la Norma PTAR**, se detalla de forma gráfica el cumplimiento de la norma.

Figura 32. Gráfica de Plantas que Incumplen con la Norma PTAR



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

Análisis de Resultados

De las 35 Plantas de Tratamiento de Agua Residual, que cuentan con caracterización de vertimientos, se observa un 90.85% de cumplimiento de los parámetros exigidos en la Resolución 0631 del 17 de marzo de 2015. El cual se obtuvo así:

$$\begin{aligned} & \% \text{ cumplimiento normatividad} \\ &= \frac{N^{\circ} \text{ resultados cumplen limites establecidos}}{\text{No. variables con limites establecidos} \times \text{No de plantas}} \\ & \% \text{ cumplimiento normatividad} = \frac{159}{(7 \times 25)} = \frac{159}{175} = 90.85\% \end{aligned}$$

Así mismo del 9,15% de los parámetros que presentan un valor superior a los límites permisibles establecidos por la norma se observa que el 75% de estos corresponde a DBO y DQO, lo cual genera una alerta en el estado de funcionamiento de las fases de tratamiento que se encargan de la remoción de estos parámetros en las plantas.

De las 60 muestras de agua potable el promedio del IRCA corresponde a 44.15, lo cual se clasifica como riesgo alto, sin embargo, se observa que el incumplimiento de los parámetros está asociado en más del 50% a la presencia de coliformes totales en el agua, lo cual representa una falla en los sistemas de desinfección, asociado en gran medida a la dosificación de los desinfectantes o a la pérdida del mismo en su recorrido o almacenamiento temporal.

La Armada Nacional solo muestrea el 64% de las plantas de tratamiento de agua, que corresponden a 36 de las 56 existentes, las cuales no son muestreadas no por ausencia de recursos sino por las dificultades logísticas asociadas al difícil acceso, largas distancias o condiciones de seguridad para el transporte de técnicos, dentro de este grupo se destacan las islas que conforman el Archipiélago de San Andrés y Providencia, donde se cuenta con 5 plantas de tratamiento de agua residual en los cayos de Serrana, Serranilla, Alburquerque, Roncador y Bolívar, y plantas de tratamiento de agua potable como el complejo militar de tres esquinas Caquetá, lo cual genera una ausencia total de información que permita conocer el estado actual de funcionamiento y operación de dichos sistemas y para lo cual la Armada Nacional deberá plantear estrategias eficientes que permitan hacer un correcto seguimiento.

En cuanto al orden legal de los sistemas de tratamiento se evidencio que de las 21 plantas de tratamiento de agua potable, solo 3 poseen concesión y de las 35 plantas de tratamiento de agua residual solo 6 poseen permiso de vertimientos, lo cual corresponde tan solo a un 16% de estado de legalidad de los sistemas de tratamiento, sin embargo se evidencio que 19 sistemas de tratamiento que corresponden al 33%, se encuentran en trámite de obtención de los mismos, lo cual representa los esfuerzos de la institución por consolidar el cumplimiento de los parámetros legales establecidos.

Con referencia al personal capacitado se encontró que la mayoría de los operarios de las plantas cuentan la experiencia e idoneidad para ejercer el cargo, sin embargo, la institución como estrategia de cambio planteo capacitar y/o contratar analistas ambientales regionales y locales como directos responsables de la operación y administración de los sistemas existentes en sus guarniciones militares, con el fin de entrenar a los funcionarios designados para la operación y se logre la recuperación de la idoneidad en dichos cargos y de esta forma, se propongan alternativas de solución para reducir los resultados de los parámetros que incumplen con lo exigido en la norma.

3.6.Puesta en Marcha.

Se realizó una inducción y/o capacitación al sistema a los usuarios finales en la Dirección de Medio Ambiente Desastres y Emergencias de la Armada Nacional, ubicada en la ciudad de Bogotá, con el fin que el personal a cargo verificaran la información física y operativa de las plantas y realizaran las consultas pertinentes para comparar los análisis de laboratorio de cada parámetro con la normatividad vigente en el país y de esta forma analizar la funcionalidad de las plantas y tomar las decisiones que hubieren lugar.

3.7.Elaboración del Manual del Usuario

Esta actividad se realizó conforme se implementaba el sistema, y el cual tiene como fin permitir a los usuarios finales interactuar de una manera óptima con el SIG. Dentro de este documento se evidencia de forma gráfica las técnicas de uso para visualización, adición y edición de datos, así como recomendaciones para el uso eficiente del sistema.

3.8. Presentación Final

Esta fase corresponde a la sustentación final ante la Universidad Nacional Abierta y Distancia – UNAD con el fin de optar al Título de Ingenieros Ambientales, en donde se presentan los productos finales del Sistema de Información Geográfica a través de las salidas generales y opcionales, tanto graficas como textuales.

Conclusiones

La disponibilidad de información de las Plantas de Tratamiento de la Armada Nacional relacionadas con la ubicación, manuales, fotografías, caracterizaciones de agua, diagnósticos de trámites de legalidad y estados de funcionamiento de sus plantas, conforman una debilidad institucional que ha limitado la planeación ambiental de recursos, personal y sobre todo el diagnóstico de la situación de saneamiento de sus Unidades; dentro del desarrollo del trabajo se identificaron como factores determinantes que la mayoría de plantas de tratamiento de agua ya sea potable o residual fueron construidas y puestas en funcionamiento con antelación a la asignación de una persona competente en el área ambiental, además la rotación de personal por los traslados propios de la institución generaron en algunos casos pérdida de información, discontinuidad en la operación y funcionamiento, así como descuido en la realización de trámites ambientales para la obtención de permisos de vertimientos o concesiones de agua.

La evaluación inicial de las plantas de tratamiento de la Armada Nacional, evidenciaron unos patrones de comportamiento asociados a la falta de direccionamiento, gestión y control de la operatividad de las mismas por parte de la Dirección de Medio Ambiente Desastres y emergencias de la Armada Nacional, la cual se estaba presentando por la dificultad de manejo y análisis de la información que se encontraba de forma física y dispersa, la cual en el desarrollo del trabajo fue centralizada, clasificada, digitalizada y analizada, logrando los siguientes resultados:

- El 16% de las plantas de tratamiento de agua potable y residual, cuentan con los permisos de concesión y/o vertimientos respectivamente, representadas en 3 concesiones de agua y 6 permisos de vertimientos vigente.
- El 19 % de las plantas de tratamiento de agua potable no cuentan con una caracterización de aguas que permita diagnosticar el estado de funcionamiento de las mismas, así como el índice de riesgo de calidad de agua, lo cual genera el incumplimiento de los parámetros exigidos en la Resolución 2115 de 2007, así como debilidades en la operación y mantenimiento del sistema toda vez que al no caracterizar la calidad del agua es imposible garantizar la dosificación de químicos, entre otros factores determinantes para garantizar una buena calidad del agua.
- El 34 % de las plantas de tratamiento de agua residual no cuentan con una caracterización de aguas que permita diagnosticar el estado de funcionamiento de las mismas y el cálculo de los niveles de remoción de la carga contaminante, lo cual genera además del incumplimiento de los parámetros exigidos en el Decreto 1076 de 2015, el riesgo de generación de afectación a los cuerpos de agua o suelo donde se realiza el vertimiento.
- Se consideró que el 16% de los operarios no son competentes, por no contar con la experiencia, formación, conocimientos o habilidades requeridas para ejercer el cargo asignado.
- Los índices de riesgo de calidad de agua IRCA, en promedio sobrepasan el 40%, lo cual indica un nivel de riesgo alto, que acuerdo al artículo 15 de la Resolución 2115 de 2007, se considera agua no apta para el consumo humano, sin embargo se determinó que más del 50% de la causa de los altos niveles de riesgo corresponden a la presencia microbiológica de organismos y la ausencia o bajos niveles de cloro residual en el

suministro de agua; en virtud de esto se requiere un fortalecimiento en los sistemas de desinfección del agua lo cual generara una disminución significativa del riesgo existente.

- Las debilidades en los procesos de caracterización de aguas, se deben en su mayoría a la dificultad de acceso para la toma de muestras a plantas que se encuentran a días de tránsito en mar abierto y/o sectores en donde el orden público limita la toma o extracción de muestras.

La verificación del estado de cumplimiento de los parámetros exigidos en la Resolución 0631 del 17 de marzo de 2015 para la remoción de carga contaminante de las aguas residuales tratadas, arrojó un 90,85% de cumplimiento de la legislación mencionada, indicando un buen funcionamiento de los sistemas con oportunidades de mejora en la remoción de DBO₅ y DQO, para garantizar el total cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

El desarrollo e implementación del sistema de información geográfico de las plantas de tratamiento de agua potable y residual de la Armada Nacional ejecutado como objetivo principal de este trabajo permitirá el desarrollo de las siguientes capacidades para la institución:

- Consulta y visualización espacial de todas las plantas de tratamiento de agua potable y residual, que existen en las Unidades de la Armada Nacional.
- Planificación de las necesidades de talento humano requeridas en la institución, gracias a la disponibilidad de información que respecta a la infraestructura ambiental existente y la relación de los funcionarios que tienen competencias para su correcta operación y funcionamiento, lo cual permite identificar las necesidades de incorporación de talento

humano en el área de gestión ambiental y da las pautas para la organización y planificación de la rotación de personal en las diferentes Unidades.

- Identificación y seguimiento de los trámites y permisos ambientales adelantados en las diferentes unidades para el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente requerido para la operación y funcionamiento de la infraestructura ambiental.
- Verificación del estado de funcionamiento de las plantas de tratamiento de agua potable y residual, a través de la consulta de cada uno de los parámetros analizados en las caracterizaciones de agua realizados anualmente, lo cual permite determinar el estado de cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en la ley determinando su eficacia, eficiencia y efectividad en el ámbito de saneamiento ambiental.
- Planeación de recursos de inversión para el mantenimiento y operación de las plantas de tratamiento, partiendo de los diagnósticos previos del estado de funcionamiento de cada planta, lo cual permite realizar una priorización de las necesidades y por ende la asignación de recursos de manera eficiente.
- Creación de la memoria histórica de la trazabilidad de cada una de las plantas de tratamiento de agua potable y residual, ya que el sistema permite visualizar información histórica como reciente, contemplando la posibilidad que el usuario pueda consultar el histórico de la información ubicando la capa correspondiente al año en que desee observar los resultados de las caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicos.
- Garantizar el sostenimiento y actualización del sistema de información geográfico de las plantas de tratamiento de agua potable y residual, gracias al diseño del manual del usuario que está en proceso de aprobación y publicación como parte del procedimiento de

desarrollo de la gestión ambiental de la Armada Nacional integrado a los documentos claves establecidos en la certificación ISO 9001 de la Institución.

El desarrollo de las pruebas y puesta en funcionamiento del sistema de información geográfico en la Dirección de Medio Ambiente Desastres y Emergencias de la Armada Nacional, cumplió las expectativas esperadas por esta dirección, la cual avaló el presente proyecto y agradeció el desarrollo de esta herramienta que sin duda potencializara la gestión ambiental interna de la Institución.

Recomendaciones

Se sugiere que el personal de la División de Saneamiento Ambiental de la Armada Nacional de Colombia se inscriba al programa de formación “Introducción a Sistemas de Información Geográfica”, que, como valor agregado al proyecto por parte de los integrantes del proyecto, se logró realizar un convenio con el SENA para orientar al personal en esta área, para potencializar el uso y actualización de esta herramienta.

Con el fin de contar con información más precisa sobre la ubicación espacial de las plantas de tratamiento en cada unidad, se recomienda materializar puntos según los parámetros establecidos para el amojonamiento por el IGAC y georreferenciar dichos hitos con sistema global de navegación satelital (GNSS).

Actualizar versión del Software aplicativo ArcGIS 10.1, con el fin de aprovechar la funcionalidad que está disponible en la última versión 10.5 y actualizar periódicamente la base de datos para que el sistema sea un esfuerzo provechoso y que redunde en una mayor autonomía y agilidad en la gestión, agregando nuevas capas de información, para ampliar los análisis espaciales y temporales con el fin de analizar los posibles impactos negativos en la cada zona o región, en donde la Armada Nacional tiene presencia.

De igual forma, se sugiere actualizar periódicamente la base de datos, agregando nuevas capas de información como: Año de Construcción y/o Construcción, Empresa que Provee Insumos,

Fecha de Mantenimiento, Población Beneficiada, Cobertura, entre otros, con el fin de planificar una gestión integral de las Plantas de Tratamiento a nivel nacional.

Se sugiere aplicar normatividad Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA) para consumo humano en cada una de las Plantas de Agua Potable de la Armada en el país, teniendo en cuenta que la caracterización de aguas para este tipo de plantas se realiza anualmente. Igualmente usar el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico- PORH como instrumento de planificación para garantizar las condiciones de calidad requeridas en las diferentes zonas donde la institución tiene presencia con las Plantas de Tratamiento de Agua Residual.

Para futuras investigaciones, se propone que la Armada Nacional de Colombia, realice un diagnóstico de variables o parámetros tanto en agua potable como en agua residual, en donde se indica el incumplimiento de la norma actual vigente, Resolución 2115 del 22 de Junio de 2007 para Agua Potable y Resolución 631 del 17 de Marzo de 2015 para Agua residual, seleccionando el método de tratamiento más adecuado en relación a la eficiencia de remoción de sustancias contaminantes, a la viabilidad del procedimiento en zonas de difícil acceso y disponibilidad de recursos económico.

Finamente, se recomienda implementar un servidor SIG dentro de la institución a fin de permitir la visualización de datos y acceder a sus funcionalidades y consultas a través de internet o de una red informática, teniendo en cuenta que habrá funcionarios que solo puedan ver y consultar la información, mientras que los encargados de la División de Saneamiento Ambiental podrán agregar, editar y manipular la información para su posterior análisis.

Anexos

Anexo A. Diagnóstico PTAP

Diagnóstico de las 21 Plantas de Tratamiento de Agua Potable, en el siguiente link se puede descargar

<https://drive.google.com/open?id=1CiIOxJvfaJGbwBXfwyjSpdHB45OwnqSK>

Anexo B. Diagnóstico PTAR

Diagnóstico de las 35 Plantas de Tratamiento de Agua Residual en el siguiente link se puede descargar

https://drive.google.com/open?id=1d_RZsYq3Cgnht7UI6RSYVxRYMWIr2eM0

Anexo C. Registro Fotográfico de la Capacitación

Para tener constancia de la puesta en marcha y entrega final a la Armada Nacional, se realizó un video para verificar el uso adecuado del sistema. En las **Figuras 33 y 34** se observa el registro de la capacitación.

Figura 33. Detrás de Cámara Video



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2017)

Figura 34. Detrás de Cámara Acercamiento



Fuente: (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, Fotografías Detrás de Cámara Video, 2017)

Anexo D. Manual del Usuario

Este manual se encuentra adjunto al presente trabajo y fue entregado a la Armada Nacional.

Anexo E. Video Puesta en Marcha

El video contiene la puesta en marcha y manipulación de la herramienta por parte del personal de la División de Saneamiento Ambiental de la Armada Nacional de Colombia.

<https://drive.google.com/open?id=1LdTkFrNcqIX3IXQeKbdO3I1TfRDRUyYC>

Anexo F. Carta de Confidencialidad de la Información

La carta de confidencialidad de la información se encuentra al final del presente documento.

Bibliografía

- [1] Acosta, E. J. ((s/f)). *Anexo IX. aguas residuales y tratamiento de efluentes cloacales*. Obtenido de http://www.academia.edu/5104248/Anexo_IX._Aguas_Residuaes_y_Tratamiento_de_Efluentes_Cloacales
- [2] Aguas de Manizales S.A. ESP. (2017). *Página Principal*. Obtenido de <http://www.aguasdemanizales.com.co/>
- [3] Aguas de Murcia. (2018). *Sistema de Información Geográfica*. Obtenido de <https://www.emuasa.es/index.asp?Sistema%20de%20informaci%F3n%20geogr%Elfica>
- [4] ArcGIS Resources. ((s/f)). *¿Qué es ArcGIS?* Obtenido de <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- [5] Armada Nacional. ((s/f)). *Objetivos y Funciones*. Obtenido de <https://www.armada.mil.co/es/content/objetivos-y-funciones>
- [6] CampusMVP. (09 de junio de 2014). *Diseñando una base de datos en el modelo relacional*. Obtenido de <https://www.campusmvp.es/recursos/post/Disenando-una-base-de-datos-en-el-modelo-relacional.aspx>
- [7] Empresas Públicas de Medellín E.S.P. (9 de 2 de 2018). *Sistema de Información Georreferenciada de EPM recibió premio en México*. Obtenido de <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/noticias-y-novedades/sistema-de-informacion-georreferenciada-de-epm-recibio-premio-en-mexico>
- [8] Gutiérrez, H. A. (12 de 08 de 2011). *Sistemas de Información Geográficos*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/sigarcgis/bd-geografica>
- [9] Infraestructura Integrada de Datos Espaciales para el Distrito Capital - IDECA. (12 de 2017). *Mapa de Referencia*. Obtenido de <https://www.ideca.gov.co/es/servicios/mapa-de-referencia>
- [10] Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (agosto de 1995). *Conceptos básicos sobre sistemas de informacion geografica y aplicaciones en latinoamerica*. Santafé de Bogotá: Colección: Cuadernos del Sistema de Información Geográfica. Recuperado el 15 de octubre de 2016
- [11] Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (octubre de 2004). *Adopción del Marco Geocentrico Nacional de Referencia Magna-Sirgas como Datum Oficial de Colombia*. Obtenido de http://www2.igac.gov.co/igac_web/UserFiles/File/MAGNAWEB_final/documentos/adopcion.pdf

[12] Korth, H. F., & Silberschatz, A. (1993). *Fundamentos de Base de Datos*. España: McGRAW HILL.

[13] Meneses Hernandez, J. M., & Cardenas Velasco, J. (2011). *diseño e implementación de un sistema de información geográfico (SIG sobre software libre para la secretaria de planeación del municipio de Guadalajara de Buga*. Recuperado el 25 de octubre de 2016, de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/3223/1/CB-0449644.pdf>

[14] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (17 de 3 de 2015). *Resolución 631 de 2015*. Obtenido de ICBF: http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambienteds_0631_2015.htm

[15] Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial. (22 de 06 de 2007). *Resolución 2115 de 2007*. Obtenido de Alcaldía Mayor de Bogotá: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=30008>

[16] Muñoz, A., Roncancio, C., & Mendoza, S. (25 de 10 de 2017). *Fotografías Detrás de Cámara Video*. Bogotá.

[17] Muñoz, A., Roncancio, C., & Mendoza, S. (14 de 04 de 2018). Bogotá.

[18] Naciones Unidas. (2015). *Observaciones generales aprobadas por el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales*. Obtenido de https://conf-dts1.unog.ch/1%20spa/tradutek/derechos_hum_base/cescr/00_1_obs_grales_cte%20dchos%20ec%20soc%20cult.html#GEN15

[19] Ocampo, D. E. (2011). *Sistemas de Información Geográfica. Módulo Didáctico*. (J. D. Actualizado por el Ingeniero Ambiental y Docente UNAD, Ed.) Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.

[20] Organización Mundial de la Salud. (2004). *Guías para la calidad del Agua Potable*. Obtenido de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowres.pdf

[21] Palencia, M. L. (2012). *Módulo Metodología de la Investigación*. UNAD.

[22] Presidencia de la República. (18 de 12 de 1974). *Decreto 2811 de 1974*. Obtenido de Alcaldía Mayor de Bogotá: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1551>

[23] Servicio Geológico de los Estados Unidos. (2018). *Áreas de Misión*. Obtenido de <https://www.usgs.gov/science/mission-areas/water-resources>

[24] Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA. (1999). *Operación y mantenimiento de potabilización de agua*. Obtenido de Programa de capacitación y certificación del sector de agua potable y saneamiento básico: http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html#

[25] Subgerencia Cultural del Banco de la República. (2015). Recuperado el 01 de octubre de 2016, de http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/geografia/sistema_de_informacion_geografica

Manual Básico del Usuario

*Implementación de un Sistema de
Información Geográfica de las Plantas de
Tratamiento de Agua Potable y Residual*

División de Saneamiento Ambiental
Dirección del Medio Ambiente

Elaborado Por:

Alexandra Muñoz Bonilla
Claudia Janneth Roncancio Moreno
Sergio Armando Mendoza

Estudiantes del Programa de Ingeniería Ambiental
Universidad Nacional Abierta y A Distancia



Bogotá, D.C., - 2018



Manual Básico del Usuario
Sistemas de Información Geográfica
Plantas de Tratamiento de Agua Potable y Residual
División de Saneamiento Ambiental
Dirección de Medio Ambiente
Armada Nacional Republica de Colombia

Elaborado por:
Alexandra Muñoz Bonilla
Claudia Janneth Roncancio Moreno
Sergio Armando Mendoza Jiménez
Estudiantes del Programa de Ingeniería Ambiental
Universidad Nacional Abierta y A Distancia - UNAD

TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	97
1. GENERALIDADES	98
1.1. DEFINICIÓN.....	99
1.2. FINALIDAD.....	99
1.3. ÁMBITO DE APLICACIÓN	99
1.4. MARCO LEGAL	100
1.5. MARCO CONCEPTUAL.....	100
Funcionamiento de los SIG	101
Magna Sirgas	101
Ventajas de los datos espaciales referidos a MAGNA-SIRGAS.....	101
Sistemas de referencia.....	102
Marco de referencia	102
Sistemas de Coordenadas	102
Sistema Internacional de Referencia Terrestre ITRS	103
Marco Internacional de Referencia Terrestre ITRF	103
Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS)	103
Marco Geocéntrico Nacional de Referencia (MAGNA)-SIRGAS.....	104
Dátum.....	104
Agua potable y residual – Tratamiento.....	105
2. DESARROLLO	107
2.1. RECURSOS EMPLEADOS.....	108
2.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	108
2.3. INGRESO DE INFORMACIÓN BASE DE DATOS.....	109
Plantas de tratamiento de agua potable:.....	109
Plantas de tratamiento de agua residual:	109
2.4. MAPAS DIGITALES	110
SALIDAS GENERALES MAPA UBICACIÓN GEOGRAFICA	112
INFORMACIÓN FÍSICA DE LAS PTAP	114



INFORMACIÓN FÍSICA DE LAS PTAR.....	115
CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD	116
Plantas De Tratamiento Agua Potable	116
Plantas de Tratamiento Agua Residual.....	117
3. DISEÑO.....	118
3.1. FUNCIONALIDAD	119
3.2. ACCESO A LA APLICACIÓN	119
3.3. OPCIONES DE CONSULTA.....	120
3.3.1. BARRA DE HERRAMIENTAS	120
3.3.2. CONSULTAS SQL.....	122
3.4. PROCESO DE EDICIÓN O ACTUALIZACIÓN	129
3.4.1. INSERCIÓN DE COLUMNAS Y EDICIÓN DE LA INFORMACIÓN EN TABLA DE ATRIBUTOS.....	129
3.4.2. INSERCIÓN DE IMÁGENES EN TABLA DE ATRIBUTOS	131
3.4.3. INSERCIÓN DE HYPERLINK.....	132
GLOSARIO.....	134
BIBLIOGRAFÍA	135



LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Atributos con datos iniciales	122
Tabla 2: Tabla final con datos solicitados	126
Tabla 3: Tabla de atributos que cumplen con la norma.....	127

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ubicación de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable	112
Ilustración 2: Ubicación de las Plantas de Tratamiento de Agua Residual.....	113
Ilustración 3: Imagen Visor Geográfico. PTAP - Estación de Guardacostas de San Andrés.....	114
Ilustración 4: Imagen Visor Geográfico. PTAR- Complejo Militar Barranquilla	115
Ilustración 5: Consulta Parámetro Dureza Total	116
Ilustración 6: Grafica de Plantas que Incumplen con la Norma PTAP	116
Ilustración 7: Muestra 1 Entrada PTAR parámetro DBO	117
Ilustración 8: Gráfica de Plantas que Incumplen con la Norma PTAR	117
Ilustración 9: Despliegue de Plantas Identificadas.....	119
Ilustración 10: Barra de Herramientas Arcgis HTML Popup	120
Ilustración 11: Despliegue Datos Visor PTAR	120
Ilustración 12: Barra de Herramientas Arcgis Hyperlink	121
Ilustración 13: Herramienta para Visualizar el Manual de Operaciones y Mantenimiento	121
Ilustración 14: Despliegue Manual de Operación y Mantenimiento	122
Ilustración 15: Ruta para Consulta de Datos	123
Ilustración 16: Constructor de Consultas	123
Ilustración 17: Despliegue de ventana Query builder	124
Ilustración 18: Consulta caracterización.	124
Ilustración 19: Ventana Query Builder datos SI - NO	125
Ilustración 20: Verificación de la Consulta	125
Ilustración 21: Consulta límites máximos permisibles	126
Ilustración 22: Despliegue Create Graph	127
Ilustración 23: Datos requeridos para generar una gráfica 1	128
Ilustración 24: Datos requeridos para generar una gráfica 2	128
Ilustración 25: Inserción de columnas y edición de información.....	129
Ilustración 26: Opciones de la Tabla Add Field	130
Ilustración 27: Agregar nombre de columna.....	130
Ilustración 28: Inclusión de imágenes.....	131
Ilustración 29: Agregar hipervínculo	131
Ilustración 30: Pestaña Add Hyperlink.....	132
Ilustración 31: Ventana adjuntar documento	133



PRESENTACIÓN

El constante avance tecnológico permite que la información geográfica sea más accesible, facilitando el análisis y georreferenciación de puntos de interés. Esta tecnología se ha convertido, para muchos, en una herramienta fundamental de análisis y de toma de decisiones.

Los SIG (Sistemas de Información Geográfica) permiten relacionar información de una base de datos con una localización geográfica de un mapa. Otra característica poderosa de los SIG es la facilidad para relacionar simultáneamente, por medio de capas, diferentes tipos de información con una localización geográfica, esto permite comparar y analizar información con el fin de revelar causas y efectos muy difíciles de analizar con métodos cuantitativos tradicionales. Además, son una de las más importantes herramientas de trabajo para los analistas e investigadores en la realización de sus actividades, lo que demuestra que la toma de decisiones depende en gran parte de la calidad, exactitud y actualidad de la información espacial.

La implementación de un Sistema de Información Geográfica de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable y Residual de la Armada Nacional de la Republica de Colombia, tiene como propósito organizar la información de las plantas de tratamiento para lograr detectar las diversas alteraciones en el manejo de las aguas tanto potables como residuales. Este trabajo contará con la georreferenciación y atributos como el estado físico, operatividad y análisis de laboratorio necesarios para determinar su funcionamiento. De este modo, la institución contará con una herramienta gráfica de fácil manejo, que optimice su trabajo, con un registro confiable y oportuno que permita dar solución a problemas, planificar proyectos, gestionar recursos y tomar decisiones en el ámbito de saneamiento ambiental. La implementación de este sistema constituye un punto de partida y cimenta las bases para el desarrollo de un sistema general, que incluya nuevas capas de información permitiendo una adecuada apropiación de esta tecnología, sacando el máximo provecho de todos sus beneficios y al mismo tiempo contribuir al fortalecimiento institucional de la Armada Nacional.

1. GENERALIDADES

1.1. DEFINICIÓN

Un Sistema de Información Geográfica es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

1.2. FINALIDAD

El presente manual tiene por finalidad establecer normas y utilizar criterios en el Sistema de Información Geográfica de la Institución, con el fin de estandarizar conceptos y suministrar un documento para la consulta del sistema.

1.3. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El Manual Básico de Sistemas de Información Geográfica está dirigido a los usuarios del División de Saneamiento Ambiental de la Dirección de Medio Ambiente de la Armada Nacional de la Republica de Colombia

El objetivo de los Sistemas de Información Geográfico es suministrar una herramienta de consulta de las plantas de tratamiento de agua potable y residual permitiendo así evaluar el funcionamiento de cada una de ellas para la toma de decisiones.

La herramienta contiene la siguiente funcionalidad básica:

- Visualización sobre capas de información específicas, de acuerdo a criterios solicitados por los usuarios.
- Tematizar la información para poder hacer análisis en la toma de decisiones.
- Activar y desactivar capas de información, con el fin de realizar consultas individuales o generales más claras y rápidas.

1.4. MARCO LEGAL

En Colombia, la entidad oficial encargada de la estandarización de las normas es el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). A esta entidad le corresponde dirigir la normalización de información geográfica a través del Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica – (CTN 028), cuya secretaría técnica es ejercida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y además es apoyado por la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE).

Los adelantos alcanzados en esta materia están enfocados hacia la aprobación de Normas Técnicas Colombianas referentes a la temática geográfica, a partir de la adopción de estándares del Comité Técnico ISO/TC 211.

1.5. MARCO CONCEPTUAL

Un Sistema de Información Geográfica (SIG), es una herramienta de análisis de información que cuenta con una referencia espacial. Los datos espaciales que son introducidos a un SIG pueden ser presentados como capas en un mapa o modelo espacial. Estos datos son usados para crear imágenes en tres dimensiones que representan el relieve, las vías o calles de un espacio determinado. En un SIG, se analizan varios tipos de información, como datos estadísticos, fotografías aéreas, imágenes satelitales y datos espaciales, además permiten procesar diferentes variables simultáneamente y simular procesos. (Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015)

La construcción e implementación de un SIG en cualquier organización es una tarea progresiva, compleja, laboriosa y continúa. Los análisis y estudios anteriores a la implantación de un SIG son similares a los que se deben realizar para establecer cualquier otro sistema de información. Pero en los SIG, además, hay que considerar las especiales características de los datos que utiliza y sus correspondientes procesos de actualización. Los datos son el principal activo de cualquier sistema de información,

pueden ser adquiridos por quien implementa el sistema de información, así como por terceros que ya los tienen disponibles, por ello el éxito y la eficacia de un SIG se miden por el tipo, la calidad y vigencia de los datos con los que opera. Los esfuerzos, la investigación y la inversión necesaria para crear las bases de datos y tener un SIG eficiente y funcional son permanentes para ampliar y mejorar los datos almacenados, utilizando las herramientas más eficientes para nuestro propósito. (Meneses Hernandez & Cardenas Velasco, 2011)

Funcionamiento de los SIG

La información espacial contiene una referencia geográfica explícita como latitud y longitud o una referencia implícita como dirección de domicilio o código postal.

Los SIG funcionan con dos tipos diferentes de información geográfica: el modelo vector y el modelo raster. El modelo raster ha evolucionado para modelar tales características continuas. Una imagen raster comprende una colección de celdas (píxel) de una rejilla, más como un mapa o una figura escaneada. En el modelo vector, la información sobre puntos, líneas y polígonos se almacena como una colección de coordenadas x, y. Las características lineales pueden almacenarse como un conjunto de puntos de coordenadas x, y. Las características poligonales pueden almacenarse como un circuito cerrado de coordenadas. El modelo vector es extremadamente útil para describir características discretas, pero menos útil para describir características de variación continua. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 1995)

Magna Sirgas

Es el sistema de referencia oficial del país. Fue determinado entre 1994 y 1997, su adopción se oficializó en 2004 mediante la Resolución 068 del 28 de enero de 2005, reemplazó al Datum BOGOTA que no era compatible con GNSS.

Ventajas de los datos espaciales referidos a MAGNA-SIRGAS

- Tienen compatibilidad universal
- Permite la implementación y uso, en Colombia, de técnicas de navegación (aumentación) apoyadas en satélites

- MAGNA-SIRGAS satisface los índices de precisión exigidos por la administración digital de datos espaciales.
- Reduce los costos y tiempos en el levantamiento en campo de datos georreferenciados.
- Las posiciones geográficas asociadas a MAGNA-SIRGAS son más precisas, más rápidas, menos costosas y fáciles de determinar.
- MAGNA-SIRGAS facilita la definición de estándares en la captura, almacenamiento y distribución de información geoespacial, asegurando compatibilidad entre infraestructuras de datos espaciales a diferente escala (local, regional, nacional e internacional)

Sistemas de referencia

Un sistema de referencia es el conjunto de convenciones y conceptos teóricos modelados que definen en cualquier momento la orientación, ubicación y escala de tres ejes coordenados (X, Y, Z). (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2004)

Marco de referencia

Es la materialización del sistema mediante una red global de vértices geodésicos fundamentales cuyas coordenadas son determinadas con técnicas de observación altamente precisas, para una época fija. Este es materializado mediante puntos reales cuyas coordenadas son determinadas sobre el sistema de referencia dado.

Sistemas de Coordenadas

Con el fin de ubicar un punto en la superficie terrestre se crearon los sistemas de coordenadas y de las cuales las que se utilizan en Colombia son: Coordenadas elipsoidales o geográficas [latitud φ y longitud λ], Coordenadas rectangulares 3D [X, Y, Z], Coordenadas Gauss-Krüger [N, E] (mapas nacionales, departamentales y planchas topográficas), Coordenadas Cartesianas [N, E] (planos de ciudades, urbanizaciones, planchas catastrales).

Sistema Internacional de Referencia Terrestre ITRS

International Terrestrial Reference System. El sistema geocéntrico utilizado en Geodesia es el Sistema Convencional de Referencia Terrestre (ITRS: International Terrestrial Reference System), el cual es determinado, mantenido y proporcionado por el Servicio Internacional de Rotación Terrestre y Sistemas de Referencia (IERS: International Earth Rotation and Reference Systems Service).

Su origen de coordenadas coincide con el centro de masas terrestre, Su eje Z coincide con el eje de rotación terrestre, Su eje X está orientado hacia el meridiano de Greenwich, Su eje Y forma un sistema de mano derecha, Su elipsoide asociado tiene la misma masa terrestre y gira sobre su eje menor con la misma velocidad angular de rotación que la Tierra. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2004)

Marco Internacional de Referencia Terrestre ITRF

International Terrestrial Reference Frame. Conjunto de puntos (pilares o equipos de operación continua) cuyas coordenadas $[X, Y, Z]$ han sido definidas precisamente (décima de milímetro) sobre el ITRS (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2004)

Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS)

El ITRF ha sido desplegado en el continente americano mediante SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas). Está conformado por una red con más de 180 estaciones geodésicas de alta precisión (algunas de ellas de funcionamiento continuo), cuya distribución ofrece un cubrimiento homogéneo sobre el continente y, por lo tanto, las condiciones necesarias para que las redes nacionales estén vinculadas al ITRF. El dátum geodésico correspondiente está definido a partir de los parámetros del elipsoide GRS80 (Geodetic Reference System, 1980), orientado según los ejes coordenados del sistema de referencia SIRGAS, equivalente al ITRF94.

En la primera campaña GPS-SIRGAS, adelantada en mayo de 1995, se establecieron 58 estaciones en el área de América del Sur, cuyas coordenadas corresponden con el ITRF94, época 1995.4. En mayo de 2000 se realizó una segunda campaña en la que

se incluyeron, además de las estaciones de 1995, los mareógrafos que definen los sistemas de alturas en los países de América del Sur y nuevos puntos ubicados en América Central, Estados Unidos y Canadá. El resultado de esta nueva campaña es una red homogéneamente distribuida sobre el continente, conformada por 183 estaciones, cuyas coordenadas están calculadas en el ITRF2000, época 2000.4.

El mantenimiento de SIRGAS incluye, además de la preservación física de los monumentos, la determinación del cambio de las coordenadas a través del tiempo (velocidades). Esto garantiza la consistencia entre el sistema terrestre SIRGAS y el sistema de referencia satelital.

Las velocidades correspondientes se determinan a partir de mediciones geodésicas repetitivas, dentro de las que se considera la red de estaciones GPS de funcionamiento continuo (o estaciones permanentes) y la ocupación periódica de las estaciones (pasivas) SIRGAS. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2004)

Marco Geocéntrico Nacional de Referencia (MAGNA)-SIRGAS

Es la extensión del ITRF en América; no obstante, dadas las características técnicas de los sistemas GNSS, debe ser densificado para satisfacer los requerimientos en precisión de los usuarios de información georreferenciado en los diferentes países. En Colombia, el IGAC, organismo nacional encargado de determinar, establecer, mantener y proporcionar los sistemas oficiales de referencia geodésico, gravimétrico y magnético (Decretos 2113/1992 y 208/2004) inició a partir de las estaciones SIRGAS, la determinación de la Red Básica GPS, denominada MAGNA (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia) que, por estar referida a SIRGAS se denomina convencionalmente MAGNA-SIRGAS.

Dátum

Un dátum geodésico define la orientación y ubicación del elipsoide asociado a un sistema coordinado $[X, Y, Z]$; si este es geocéntrico se tendrá un Dátum Geodésico, Geocéntrico o Global; si es local se tendrá un Dátum Geodésico Local. Estos últimos

también se conocen como Dátum Horizontales, dado que la determinación de la altura (H) de los puntos es independiente de sus coordenadas horizontales (latitud, longitud). Un dátum geodésico geocéntrico permite establecer las coordenadas para un punto con respecto a la misma superficie de referencia.

El dátum geodésico asociado corresponde con el elipsoide GRS80 (Geodetic Reference System, 1980) MAGNA equivalente al WGS84 (world Geodetic System 1984). Está conformada por cerca de 70 estaciones GPS de cubrimiento nacional, de las cuales 6 son de funcionamiento continuo, 8 son vértices SIRGAS y 16 corresponden con la red geodinámica CASA (Central and South American Geodynamics Network) Las coordenadas de las estaciones MAGNA-SIRGAS están definidas sobre el ITRF94, época 1995.4. Su precisión interna está en el orden de (± 2 mm ± 7 mm), su exactitud horizontal en ± 2 cm y la vertical en ± 6 cm. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2004)

Agua potable y residual – Tratamiento

El abastecimiento de agua y el saneamiento son elementos fundamentales para la vida comunitaria y un adecuado desarrollo, pues influyen en la salud y por tanto en labores productivas específicas. La potabilización del agua se efectúa para mejorar sus condiciones físicas, químicas y bacteriológicas y poderla ofrecer para el consumo del hombre, sin afectar su salud. El procedimiento de potabilización se lleva a cabo en las plantas de tratamiento, las cuales son diseñadas de acuerdo con la calidad del agua de cada sitio. De ahí que las plantas no sean todas iguales, pues su diseño depende de las necesidades específicas. (Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, 1999)

En el tema de aguas residuales, la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales son importantes para proteger la Salud Pública y el medio ambiente. Si las aguas residuales van a ser vertidas a un cuerpo receptor natural (mar, ríos, lagos), será necesario realizar un tratamiento para evitar enfermedades causadas por bacterias y virus en las personas que entran en contacto con esas aguas, y también para proteger la fauna y flora presentes en el cuerpo receptor natural. El reúso del agua tratada, riego de áreas verdes, riego de cultivos, uso Industrial y de servicios confirma que el tratamiento de las aguas residuales debe garantizar la inexistencia de efectos

nocivos a la salud. La gestión y operación de plantas de tratamiento de agua residual forma parte importante de la solución para el grave problema ambiental de contaminación y escasez de agua al que actualmente nos enfrentamos, sin embargo, para que estos procesos de tratamiento se lleven a cabo de una manera correcta, es indispensable una operación y mantenimiento continuo, pero además adecuado. (Acosta, Anexo IX. aguas residuales y tratamiento de efluentes cloacales)

El control de la operación tanto de agua potable como residual es de primordial importancia para mantener los parámetros dentro de los límites permitidos en correlación con la normatividad vigente del país. (Acosta, Anexo IX. aguas residuales y tratamiento de efluentes cloacales). De acuerdo a esto, la implementación de este sistema permitirá analizar la operación de las plantas de tratamiento de agua potable y residual, de esta forma se administrará información clave como: instalaciones físicas, equipos utilizados, análisis de laboratorio necesarios para determinar su funcionamiento como son los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, tratamientos aplicados y la disponibilidad de personal para operar y mantener adecuadamente dichas instalaciones.

2. DESARROLLO

2.1. RECURSOS EMPLEADOS

Recurso humano

- Estudiantes del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Personal de la División de Saneamiento Ambiental de la Dirección de Medio Ambiente de la Armada Nacional Coordinador del proyecto.

Recurso de hardware

- Computador con software especializado.
- Impresora
- Escáner
- Cámara (realización del video de la puesta en marcha del sistema)

Recursos de software

- Paquete ofimático
- Impresora virtual Primo (PDF9
- Navegador Web Mozilla Firefox – Google Chrome
- ArcGIS como software principal

2.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Requerimientos cartográficos:

Mapa de Colombia:

- Ubicar puntos de localización general de las plantas de tratamiento de agua potable y residual de acuerdo con sus coordenadas geográficas.
- Ubicar información básica como nombres de las unidades, nombres de operarios, fotografías y manuales de operación y mantenimiento.

Requerimientos por topología:

Puntos: Ubicación general de las plantas de tratamiento de agua potable y residual.
(Ubicación por coordenadas).

2.3. INGRESO DE INFORMACIÓN BASE DE DATOSMigración de datos:

El proceso de cargue de la información de las plantas de tratamiento se llevó a cabo con la siguiente información a nivel país:

Plantas de tratamiento de agua potable:

- Unidad (nombre)
- Ubicación por región
- Ubicación por coordenadas (latitud y longitud)
- Vista general (fotografía general de la infraestructura de la planta)
- Operario (nombre del encargado de la planta)
- Contacto (número de celular)
- e-mail (encargado del planta)
- Competencia (idoneidad en el cargo)
- Fuente de abastecimiento
- Concesión (Permiso que otorga la Autoridad Ambiental para obtener el derecho al aprovechamiento de las aguas superficiales)
- Caracterización de aguas mediante Resolución 2115 de 22 de junio de 2007 por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
- Manuales de operación y mantenimiento.

Plantas de tratamiento de agua residual:

- Unidad (nombre)
- Ubicación por región

- Ubicación por coordenadas (latitud y longitud)
- Vista general (fotografía general de la infraestructura de la planta)
- Operario (nombre del encargado de la planta)
- Contacto (número de celular)
- e-mail (encargado del planta)
- Competencia (idoneidad en el cargo)
- Fuente receptora
- Permiso de vertimiento (Permiso que otorga la Autoridad Ambiental para que realice las descargas de aguas residuales generadas de sus actividades domésticas y/o productivas, a un cuerpo de agua, al suelo u otro medio, previo tratamiento de las mismas)
- Caracterización de aguas mediante Resolución 631 del 17 de marzo de 2015 Capítulo V Artículo 8 por medio de la cual establece los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domesticas – ARD y de las aguas residuales ARD-ARnD de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales)
- Manuales de operación y mantenimiento.

2.4. MAPAS DIGITALES

Las capas geográficas con que se cuenta en la actualidad son:

Raster: Imágenes satelitales, mapa base Bing Maps ArcMap en sistema de coordenadas proyectadas WGS-84 como el sistema de coordenadas geográficas.

Salidas generales:

- Visualización de la ubicación general de las plantas de tratamiento de agua potable y residual en el país.
- Visualización de información textual (nombre, región, coordenadas, operario, fuente de abastecimiento y vertimiento, concesión, permisos y caracterización de aguas)

- Visualización de información gráfica (fotografías) de las plantas de tratamiento de agua potable y residual.
- Operatividad de las plantas.

SALIDAS GENERALES MAPA UBICACIÓN GEOGRAFICA

Las plantas de Tratamiento de Agua Potable se distinguirán en el mapa de acuerdo a un círculo amarillo, como se detalla en la Ilustración 1. ●

Ilustración 1: Ubicación de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable



Elaboró: Autores

Las plantas de Tratamiento de Agua Residual se distinguirán en el mapa de acuerdo a un círculo amarillo, como se detalla en la Ilustración 2. ●

Ilustración 2: Ubicación de las Plantas de Tratamiento de Agua Residual

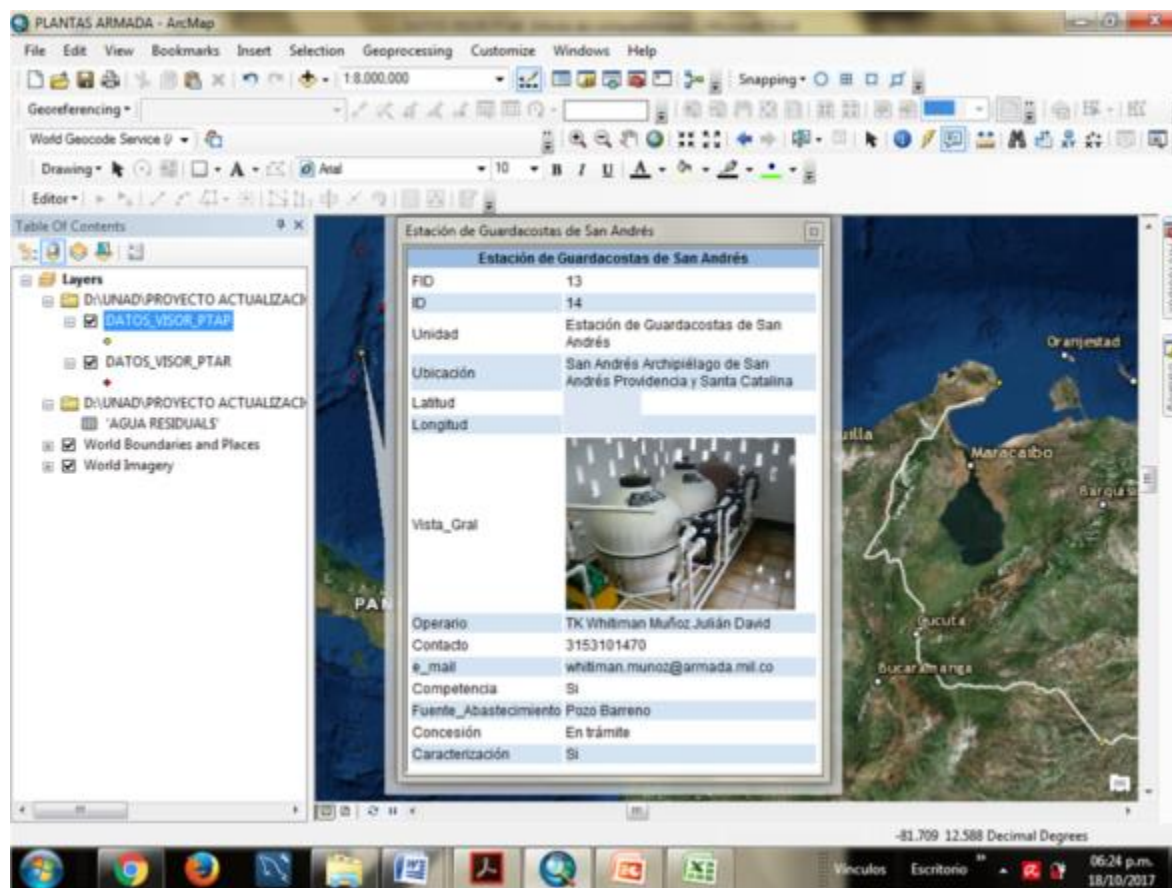


Elaboró: Autores

INFORMACIÓN FÍSICA DE LAS PTAP

En la ilustración 3, se observa un ejemplo de visor geográfico de la planta de Tratamiento de Agua Potable de la Estación de Guardacostas de San Andrés.

Ilustración 3: Imagen Visor Geográfico. PTAP - Estación de Guardacostas de San Andrés.

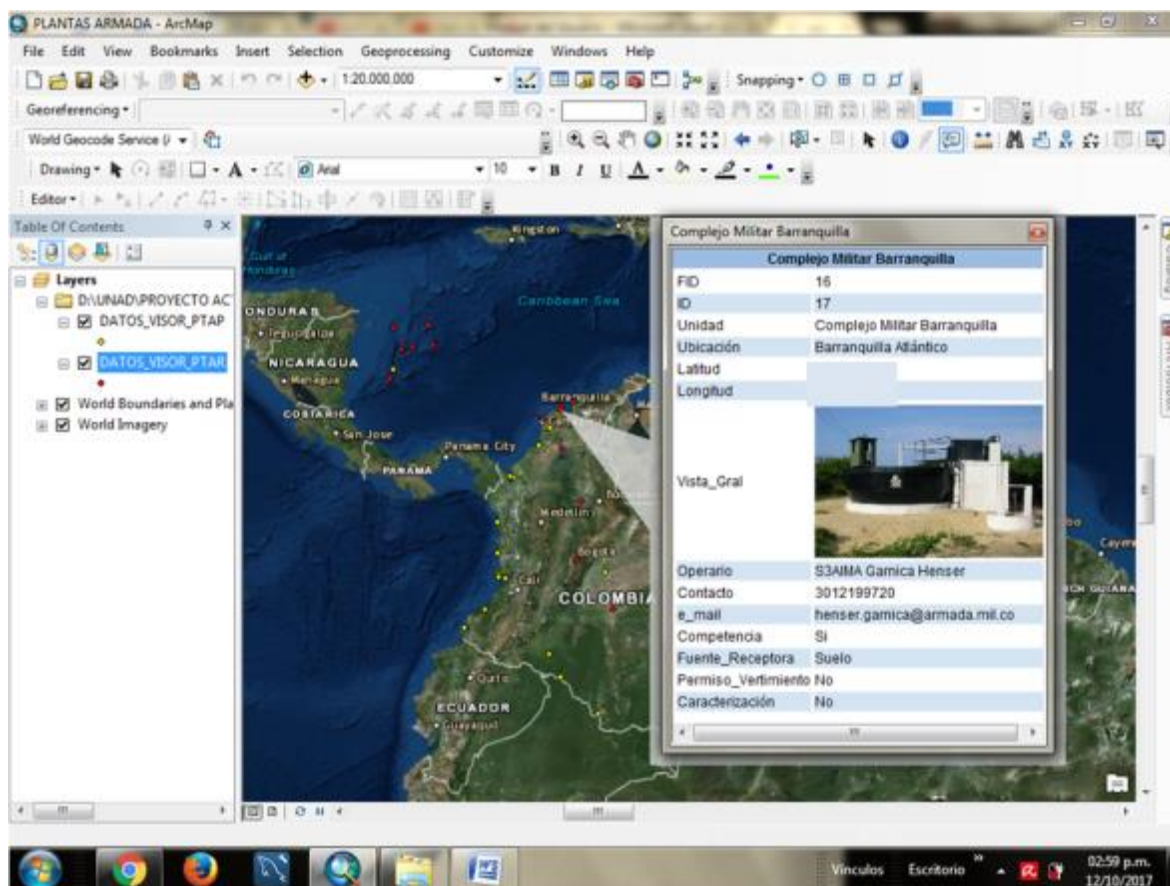


Elaboró: Autores

INFORMACIÓN FÍSICA DE LAS PTAR

En la ilustración 4, se observa un ejemplo de visor geográfico de la planta de Tratamiento de Agua Residual del Complejo Militar Barranquilla

Ilustración 4: Imagen Visor Geográfico. PTAR- Complejo Militar Barranquilla



Elaboró: Autores

Salidas opcionales:

- Visualizar cada parámetro de manera particular para cada planta
- Funcionamiento de plantas por diferentes parámetros representado mediante tablas, y gráficas.

CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD

Plantas De Tratamiento Agua Potable

En la Ilustración 5, se detalla un ejemplo de consulta del cumplimiento de la norma, del parámetro Dureza Total, cuyo valor máximo permitido es de 300 mg/L.

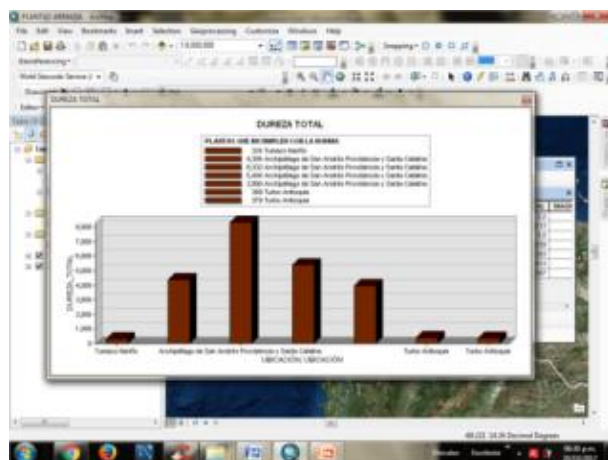
Ilustración 5: Consulta Parámetro Dureza Total

NOMBRE	UBICACIÓN	INDIC. TOTALES	DUREZA TOTAL	CUMPLIMIENTO	ESTADO TOTAL	INDIC. TOTAL	INDIC. TOTAL
02 147004	Tuluca Norte	SAJA PTAP	204	SI	0.14	0.14	0.14
01 152207	Anzures de San Andrés Pro	SAJA BARRAJAS BARRAJES	424	SI	0.14	0.14	0.14
01 152207	Anzures de San Andrés Pro	SAJA BARRAJAS BARRAJES	812	SI	0.14	0.14	0.14
01 152207	Anzures de San Andrés Pro	SAJA BARRAJAS BARRAJES	944	SI	0.14	0.14	0.14
01 152207	Anzures de San Andrés Pro	SAJA BARRAJAS BARRAJES	944	SI	0.14	0.14	0.14
01 151985	Tula Infraval	SAJA PTAP	368	SI	0.14	0.14	0.14
01 151985	Tula Infraval	SAJA PTAP	376	SI	0.14	0.14	0.14

Elaboró: Autores

Como resultado cumplimiento de la norma, para el parámetro DUREZA TOTAL, se obtiene que siete plantas incumplen con la norma (menos de 300 mg/L), el cual se detalla en la Ilustración 6.

Ilustración 6: Grafica de Plantas que Incumplen con la Norma PTAP



Elaboró: Autores

Plantas de Tratamiento Agua Residual

En la Ilustración 7, se detalla un ejemplo de consulta del cumplimiento de la norma, del parámetro DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), cuyo valor máximo permitido es de 90 mg/L O₂.

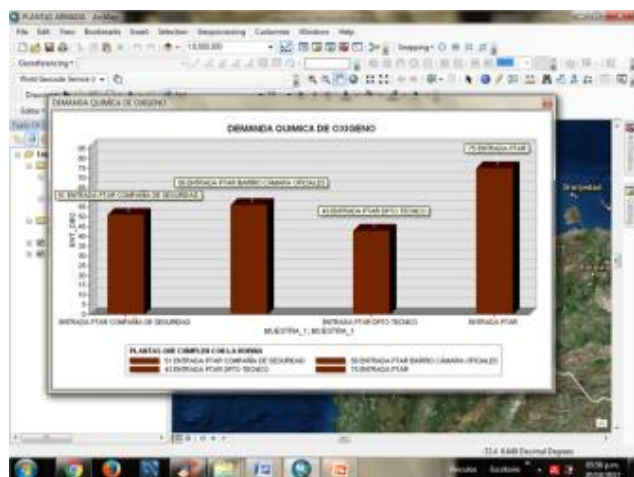
Ilustración 7: Muestra 1 Entrada PTAR parámetro DBO

UBICACION	EMPRESA TRATAM. AGU	GRUPO SIA	DBO (mg/L)
PT 101 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BARRO CANI	56
PT 11 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 12 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 13 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 14 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 15 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 16 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 17 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 18 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 19 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 20 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 21 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 22 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 23 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 24 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 25 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 26 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 27 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 28 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 29 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 30 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 31 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 32 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 33 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 34 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 35 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 36 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 37 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 38 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 39 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 40 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 41 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 42 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 43 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 44 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 45 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 46 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 47 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 48 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 49 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56
PT 50 Santa Bárbara Valle del Cauca	AMAZONIA 20120278	ESTACION PLAR BPO TONCO	56

Elaboró: Autores

Como resultado del cumplimiento de la norma para la muestra 1 del parámetro DBO, cuatro plantas cumplen con la norma (menos de 90 mg/L O₂), como se detalla en la Ilustración 8.

Ilustración 8: Gráfica de Plantas que Incumplen con la Norma PTAR



Elaboró: Autores

3. DISEÑO

3.1. FUNCIONALIDAD


Con la información alcanzada en el sistema de información geográfico se logra obtener la ubicación, inventario, estado físico y parámetros fisicoquímicos y biológicos relacionados con el funcionamiento de cada planta de tratamiento, la cual se podrá actualizar constantemente por el cambio de la información, datos o características.

3.2. ACCESO A LA APLICACIÓN

Para ingresar al software aplicativo ArcGIS, se realizan los siguientes pasos:
Ingresar a carpeta creada de la geodatabase, ubicada en el disco duro D

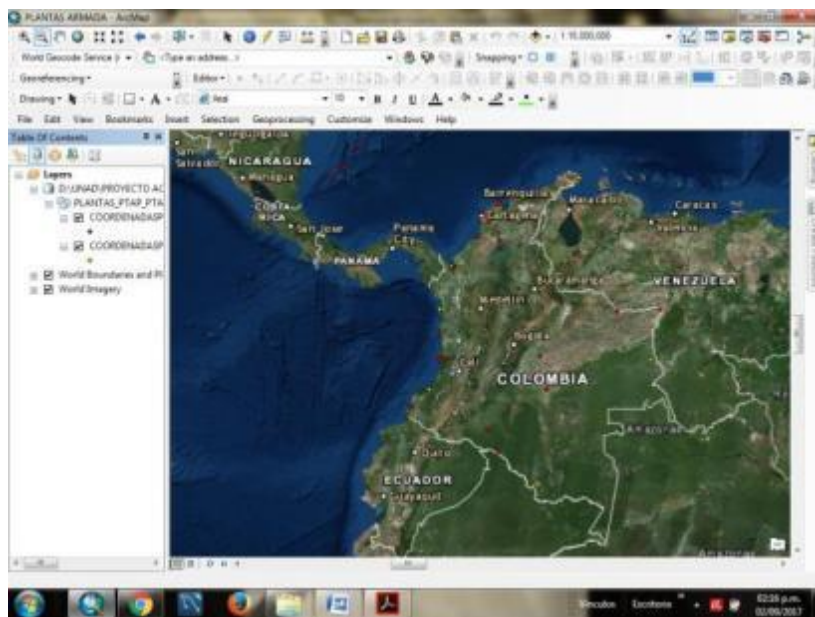
 PLANTAS ARMADA.gdb

Abrir archivo ArcMap

 PLANTAS ARMADA

En este punto se abrirá el mapa general de Colombia con las Plantas identificadas por medio de una capa tipo punto (rojos para residual y amarillos para potable)

Ilustración 9: Despliegue de Plantas Identificadas



Elaboró: Autores

3.3. OPCIONES DE CONSULTA

En estas opciones se encuentran aquellas herramientas para visualización de la información general, así como los manuales de operación y mantenimiento de cada una de las plantas de tratamiento.

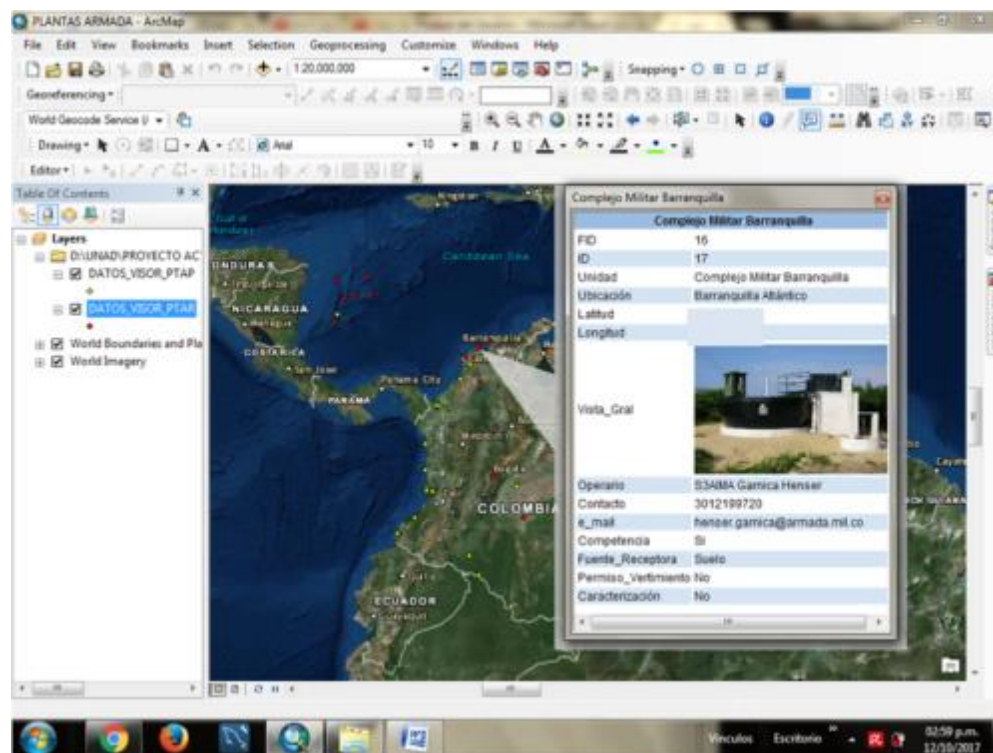
Para visualizar la información general de cada una de las plantas, se realiza por medio de un mensaje HTML emergente al hacer clic en cada entidad (punto).

3.3.1. BARRA DE HERRAMIENTAS

Ilustración 10: Barra de Herramientas Arcgis HTML Popup



Ilustración 11: Despliegue Datos Visor PTAR



Elaboró: Autores

Para visualizar el manual de operaciones y de mantenimiento, basta con dar clic sobre la herramienta Hyperlink, esta herramienta permite obtener acceso al documento relacionado con cada una de las entidades en formato pdf.

Ilustración 12: Barra de Herramientas Arcgis Hyperlink

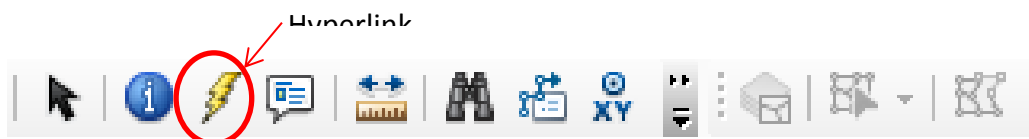
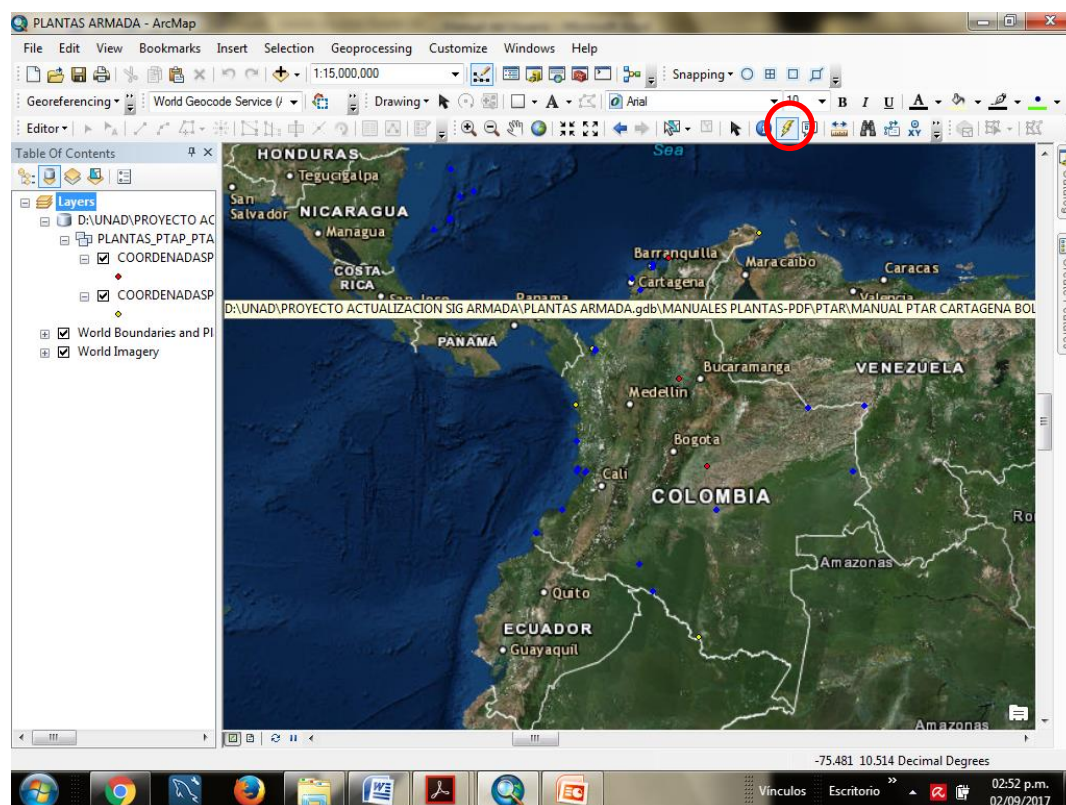


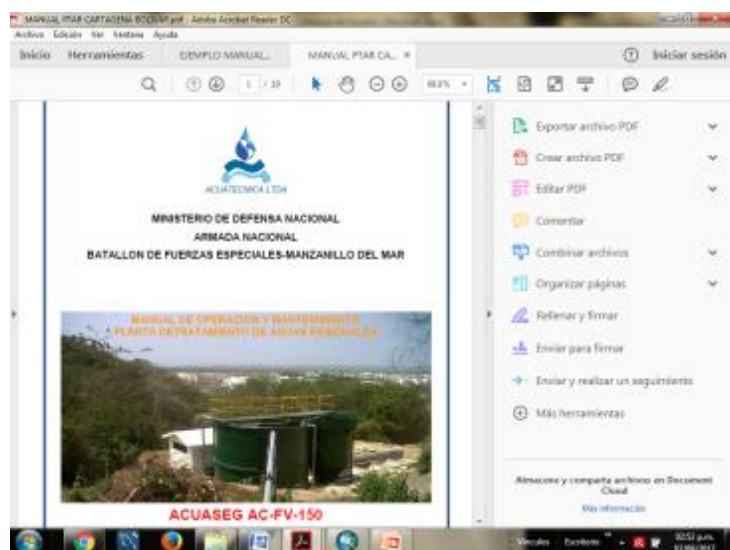
Ilustración 13: Herramienta para Visualizar el Manual de Operaciones y Mantenimiento



Elaboró: Autores

Se extiende el siguiente manual de operación y mantenimiento de acuerdo a la Ilustración 14.

Ilustración 14: Despliegue Manual de Operación y Mantenimiento



Elaboró: Autores

3.3.2. CONSULTAS SQL

(Operaciones básicas de manipulación de la base datos para verificar información)

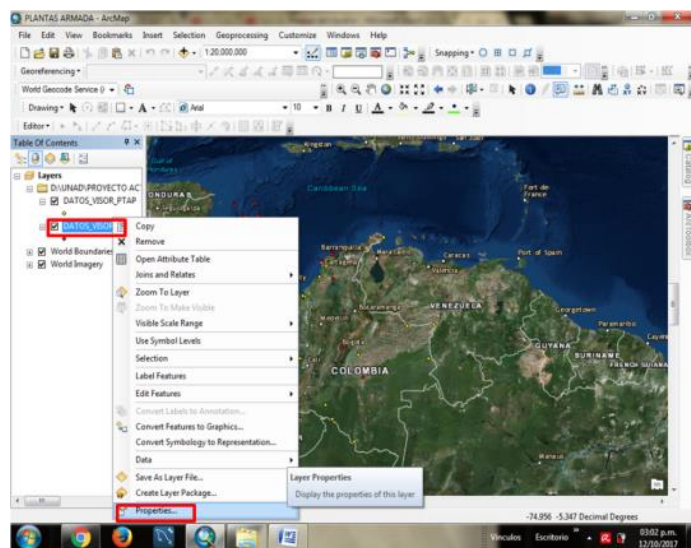
Tabla 11: Atributos con datos iniciales

FID	Shap	ID	Unidad	Ubicación	Competencia	Fuente_Receptora	Permiso_Vertimiento	Caracterizaci
0	Point	1	Alburquerque PNA27 Tilapia	San Andrés Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Si	Suelo	No	No
1	Point	2	Batallón de Fuerzas Especiales de Infantería	Cartagena Bolívar	Si	Suelo	En Trámite	Si
2	Point	3	Batallón de Infantería de Marina No 13	Malagana Bolívar	No	Suelo	Si	Si
3	Point	4	Batallón de Infantería de Marina No 22	Pizarro Chocó	Si		En Trámite	Si
4	Point	5	Batallón de Infantería de Marina No 24	Buenaventura Valle del Cauca	Si	Mar Pacifico	En Trámite	Si
5	Point	6	Batallón de Infantería de Marina No. 40	Tumaco Nariño	Si		En Trámite	Si
6	Point	7	Batallón Fluvial de Infantería de Marina No 16	Turbo Antioquia	Si	Humedal	En Trámite	Si
7	Point	8	Batallón Fluvial de Infantería de Marina No 17	Yali Bolívar	No		No	Si
8	Point	9	Batallón Fluvial de Infantería de Marina No 32	San José del Guaviare Guaviare	No	Rio Guaviare	No	No
9	Point	10	Batallón Fluvial de Infantería de Marina No. 30	Puerto Leguizamo Putumayo	Si	Humedal	En Trámite	Si
10	Point	11	Batallón Fluvial de Infantería de Marina No. 33	Tres Esquinas Caquetá	Si	Suelo	En Trámite	Si
11	Point	12	Batallón Fluvial de Infantería de Marina No. 51	Puerto Carreño Vichada	Si		En Trámite	Si
12	Point	13	Batallón Policia Naval Militar No. 70	Bogotá D.C.			No	Si
13	Point	14	Comando Guardacostas del Pacífico Camara	Bahía Málaga Valle del Cauca	Si	Suelo	Si	Si
14	Point	15	Comando Guardacostas del Pacífico CIA Seg	Bahía Málaga Valle del Cauca	Si	Suelo	Si	Si
15	Point	16	Comando Guardacostas del Pacífico Dpto Té	Bahía Málaga Valle del Cauca	Si	Suelo	Si	Si
16	Point	17	Complejo Militar Barranquilla	Barranquilla Atlántico	Si	Suelo	No	No
17	Point	18	Estación de Guardacostas Buenaventura	Buenaventura Valle del Cauca	Si	Mar Pacifico	En Trámite	Si
18	Point	19	Estación de Guardacostas de Coveñas	Coveñas Sucre	Si	Arroyo Villeros	No	No
19	Point	20	Estación de Guardacostas de San Andrés	San Andrés Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Si	Mar Caribe	En Trámite	Si
20	Point	21	Estación de Guardacostas de Santa Marta	Santa Marta Magdalena	No	Mar Caribe	En Trámite	Si
21	Point	22	Estación de Guardacostas de Urabá	Turbo Antioquia	No	Humedal	No	Si
22	Point	23	Fuerza Naval del Pacífico Barrio Oficiales	Bahía Málaga Valle del Cauca	Si	Suelo	Si	Si
23	Point	24	Fuerza Naval del Pacífico Barrio Suboficiales	Bahía Málaga Valle del Cauca	Si	Suelo	Si	Si
24	Point	25	Grupo Aeronaval del Caribe	Soledad Atlántico	Si	Suelo	En Trámite	Si
25	Point	26	Grupo Aeronaval del Pacifico	Juanchocho Valle del Cauca	Si	Suelo	En Trámite	Si
26	Point	27	Providencia PNA21 Cobre	San Andrés Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Si	Suelo	En Trámite	Si
27	Point	28	Puesto Fluvial Avanzado No 31	Barrancabermeja Santander	No	Rio Magdalena	No	No
28	Point	29	Puesto Fluvial Avanzado No 41	Puerto López Meta	Si	Suelo	No	No
29	Point	30	Puesto Fluvial Avanzado No 43	Nueva Antioquia Vichada	Si	Suelo	En Trámite	No
30	Point	31	Roncador PNA26 Octavio	San Andrés Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Si	Suelo	No	No
31	Point	32	San Andres y Providencia Islas	San Andrés Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Si	Suelo	En Trámite	No
32	Point	33	Serranía PNA24 Cachama	San Andrés Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Si	Suelo	No	No
33	Point	34	Serranía PNA 22	San Andrés Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Si	Suelo	No	No
34	Point	35	Bolívar PNA 23	San Andrés Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Si	Suelo	No	No

Elaboró: Autores

Para iniciar con la consulta SQL damos clic derecho sobre la capa en la cual queremos consultar, posteriormente clic en propiedades:

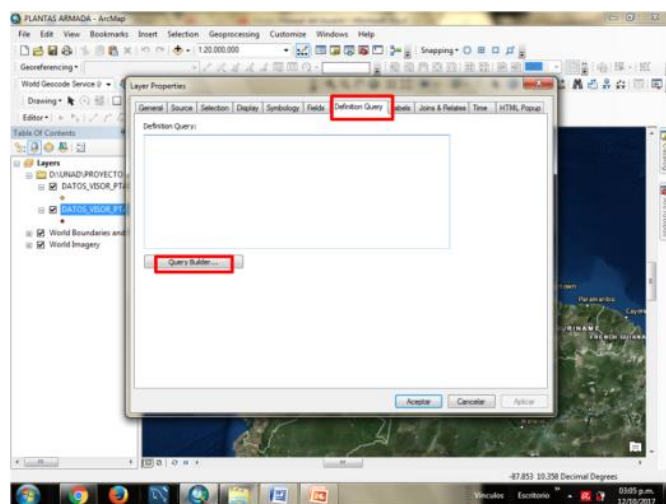
Ilustración 15: Ruta para Consulta de Datos



Elaboró: Autores

Paso seguido clic sobre la pestaña Definition Query (definición de consultas), y Query builder (constructor de consultas):

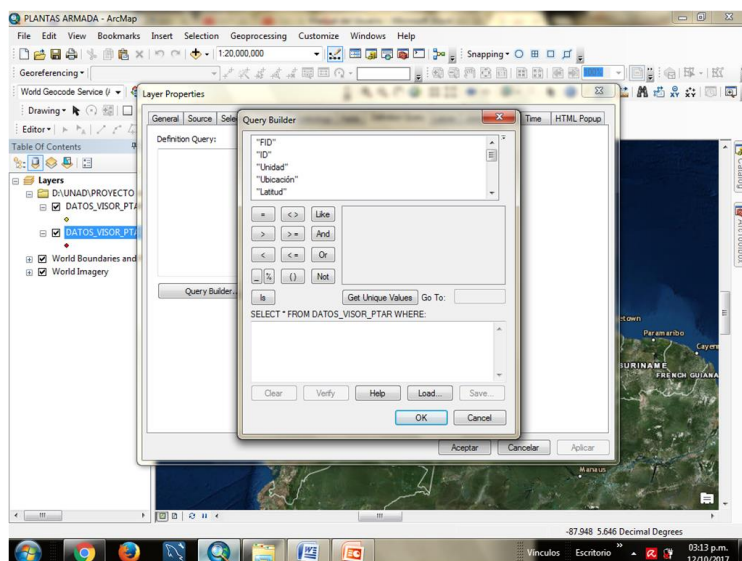
Ilustración 16: Constructor de Consultas



Elaboró: Autores

A continuación se despliega la siguiente ventana:

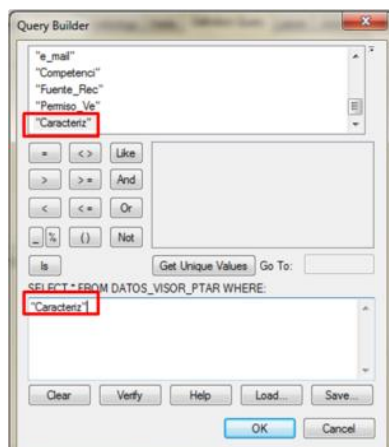
Ilustración 17: Despliegue de ventana Query builder



Elaboró: Autores

En esta ventana se puede realizar consultas como: **Ejemplo 1:** Identificar las plantas de tratamiento de agua residual que cuentan con caracterización de aguas mediante la siguiente ruta: Se busca en la parte superior el ítem que deseamos consultar, para este caso es **caracterización** (damos doble clic sobre la palabra para colocarla en el tablero principal).

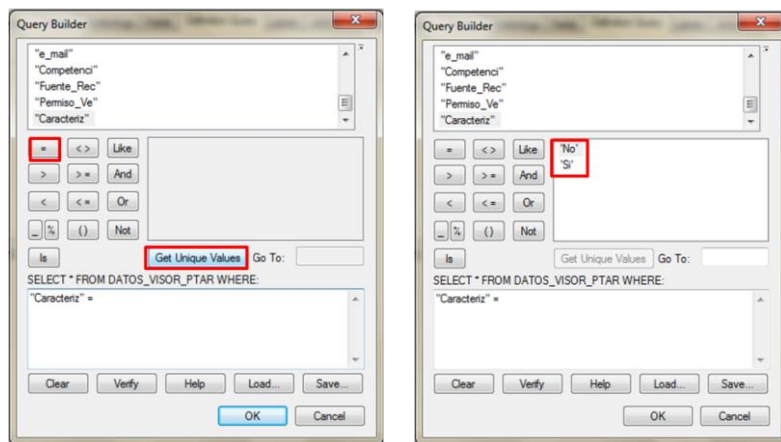
Ilustración 18: Consulta caracterización.



Elaboró: Autores

Posteriormente agregamos un igual (=) y en Get Unique Values en donde nos muestra los datos para este ítem (Si – No)

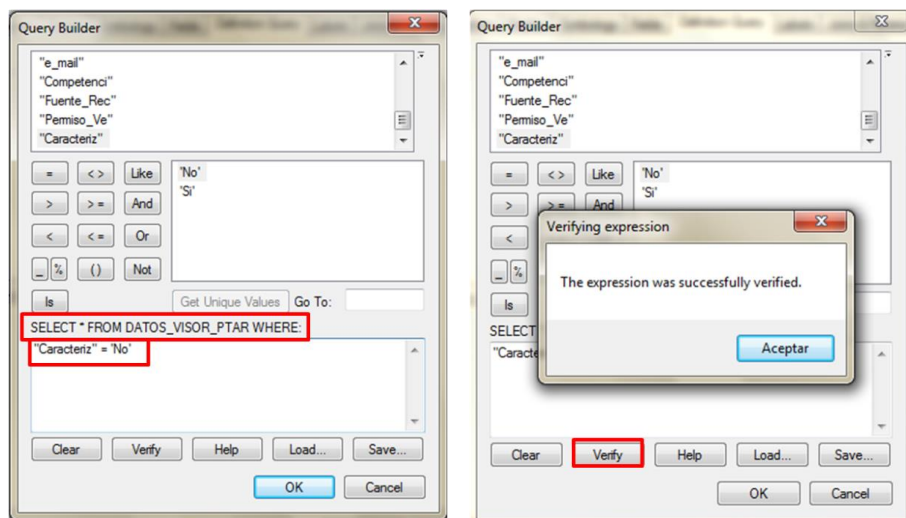
Ilustración 19: Ventana Query Builder datos SI - NO



Elaboró: Autores

Con esta consulta le indicamos al programa que seleccione los elementos (plantas de tratamiento) de la capa DATOS_VISOR_PTAR donde no cuente con caracterización de aguas. Con el botón verify podemos verificar que la consulta está bien realizada:

Ilustración 20: Verificación de la Consulta



Elaboró: Autores

Al verificar la tabla de atributos de esta capa, vemos como identifica únicamente las plantas de tratamiento que no cuentan con caracterización de aguas:

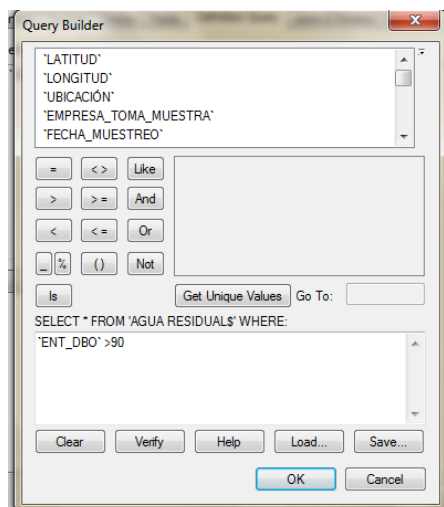
Tabla 12: Tabla final con datos solicitados

FID	Shap	ID	Unidad	Ubicación	Competencia	Fuente_Receptora	Permiso_Vertimiento	Caracterizaci
0	Point	1	Alburquerque PIA27 Tiapia	San Andrés Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Si	Suelo	No	No
8	Point	9	Batallón Fluvial de Infantería de Marina No 32	San José del Guaviare Guaviare	No	Rio Guaviare	No	No
16	Point	17	Complejo Militar Barranquilla	Barranquilla Atlántico	Si	Suelo	No	No
18	Point	19	Estación de Guardacostas de Coveñas	Coveñas Sucre	Si	Arroyo Villeros	No	No
27	Point	28	Puesto Fluvial Avanzado No 31	Barrancabermeja Santander	No	Rio Magdalena	No	No
28	Point	29	Puesto Fluvial Avanzado No 41	Puerto López Meta	Si	Suelo	No	No
29	Point	30	Puesto Fluvial Avanzado No 43	Nueva Antioquia Vichada	Si	Suelo	En Trámite	No
30	Point	31	Roncador PIA26 Octavio	San Andrés Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Si	Suelo	No	No
31	Point	32	San Andres y Providencia Islas	San Andrés Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina	Si	Suelo	En Trámite	No
32	Point	33	Serrana PIA24 Cachama	San Andrés Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Si	Suelo	No	No
33	Point	34	Serranía PIA 22	San Andrés Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Si	Suelo	No	No
34	Point	35	Bolivar PIA 23	San Andrés Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Si	Suelo	No	No

Elaboró: Autores

Ejemplo 2: Identificar las plantas de tratamiento de agua residual que exceden los límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas, (ARD) de las actividades industriales, comerciales o de servicios; y de las aguas residuales (ARD Y ARND) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales según normativa vigente (Resolución 631 de 2015): Indicamos la ruta de la consulta en el tablero principal: "ENT_DBO">90

Ilustración 21: Consulta límites máximos permisibles



Elaboró: Autores

Abrimos la tabla de atributos de la capa sobre la cual estamos trabajando e inmediatamente vemos como nos arroja los resultados con datos y las plantas que están incumpliendo con la norma:

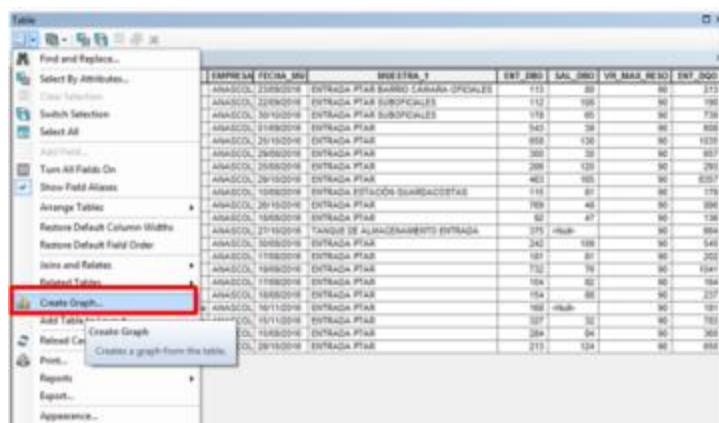
Tabla 13:Tabla de atributos que cumplen con la norma

AGUA RESIDUALS				
UBICACIÓN	EMPRESA	FECHA_MU	MUESTRA_1	ENT_DBO
Bahía Málaga Valle del Cauca	ANASCOL	23/09/2016	ENTRADA PTAR BARRIO CÁMARA OFICIALES	113
Bahía Málaga Valle del Cauca	ANASCOL	22/09/2016	ENTRADA PTAR SUBOFICIALES	112
Bahía Málaga Valle del Cauca	ANASCOL	30/10/2016	ENTRADA PTAR SUBOFICIALES	178
Cartagena Bolívar	ANASCOL	01/09/2016	ENTRADA PTAR	543
Turbo Antioquia	ANASCOL	25/10/2016	ENTRADA PTAR	658
Yati Bolívar	ANASCOL	29/08/2016	ENTRADA PTAR	300
Coveñas Sucre	ANASCOL	25/08/2016	ENTRADA PTAR	206
Coveñas Sucre	ANASCOL	29/10/2016	ENTRADA PTAR	463
Santa Marta Magdalena	ANASCOL	10/08/2016	ENTRADA ESTACIÓN GUARDACOSTAS	115
Santa Marta Magdalena	ANASCOL	26/10/2016	ENTRADA PTAR	769
Soledad Atlántico	ANASCOL	18/08/2016	ENTRADA PTAR	92
Soledad Atlántico	ANASCOL	27/10/2016	TANQUE DE ALMACENAMIENTO ENTRADA	375
Malagana Bolívar	ANASCOL	30/08/2016	ENTRADA PTAR	242
Puerto Carreño Vichada	ANASCOL	17/08/2016	ENTRADA PTAR	181
Puerto Leguizamo Putumayo	ANASCOL	19/09/2016	ENTRADA PTAR	732
Puerto López Meta	ANASCOL	17/08/2016	ENTRADA PTAR	104
Nueva Antioquia Vichada	ANASCOL	18/08/2016	ENTRADA PTAR	154
San Andrés Archipiélago de Sa	ANASCOL	16/11/2016	ENTRADA PTAR	168
San Andrés Archipiélago de Sa	ANASCOL	15/11/2016	ENTRADA PTAR	327
Tumaco Nariño	ANASCOL	15/08/2016	ENTRADA PTAR	284
Tumaco Nariño	ANASCOL	28/10/2016	ENTRADA PTAR	213

Elaboró: Autores

Con esta información se puede realizar graficas de la siguiente forma: Desplegamos las opciones y la tabla de atributos y damos clic sobre **Create Graph**

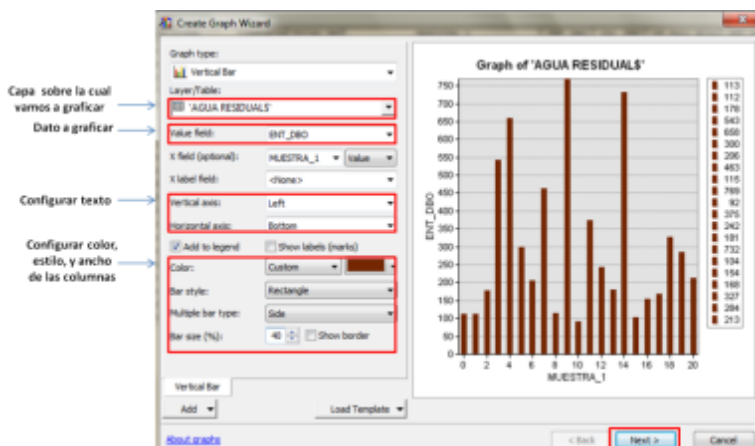
Ilustración 22: Despliegue Create Graph



Elaboró: Autores

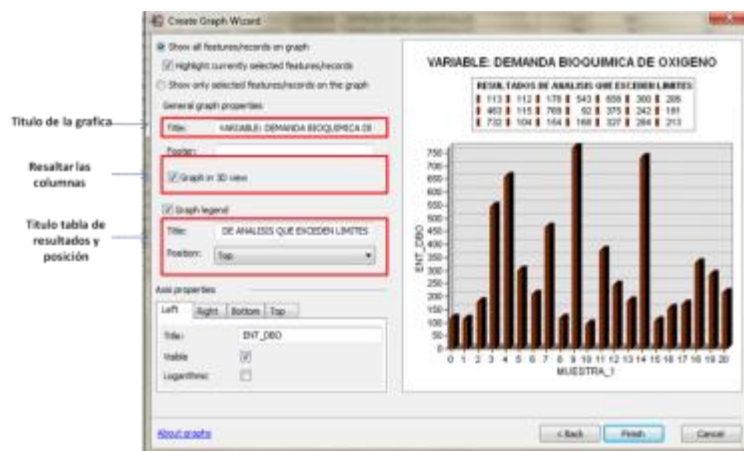
Se despliega la siguiente ventana en donde indicamos los datos que requerimos para realizar la gráfica.

Ilustración 23: Datos requeridos para generar una gráfica parte 1



Elaboró: Autores

Ilustración 24: Datos requeridos para generar una gráfica parte 2



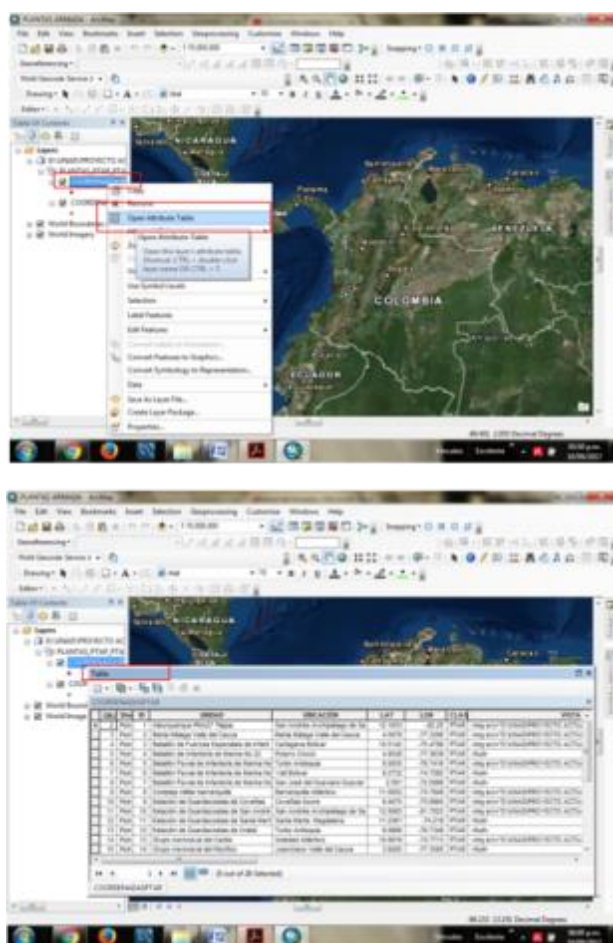
Elaboró: Autores

3.4. PROCESO DE EDICIÓN O ACTUALIZACIÓN

3.4.1. INSERCIÓN DE COLUMNAS Y EDICIÓN DE LA INFORMACIÓN EN TABLA DE ATRIBUTOS

Abrir tabla de atributos dando clic derecho sobre la capa: por ejemplo coordenadas (PTAP o PTAR):

Ilustración 25: Inserción de columnas y edición de información

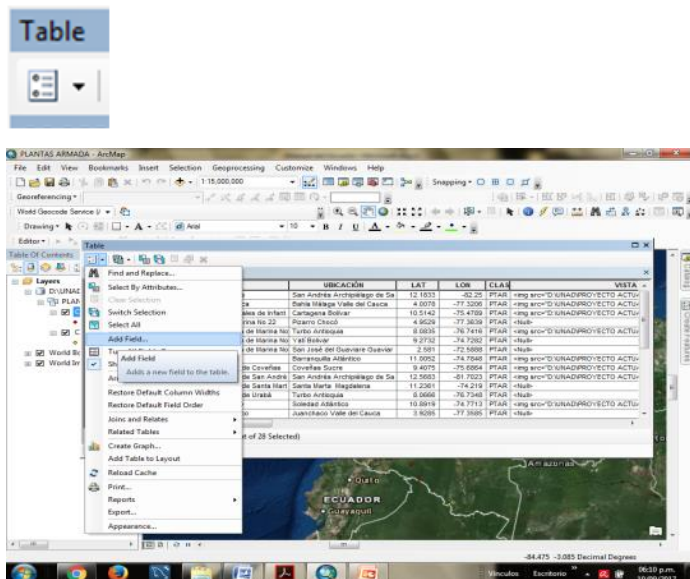


Elaboró: Autores

En esta tabla podemos identificar las características previamente agregadas para consulta del visor geográfico.

Para agregar columnas a la tabla de atributos, realizamos el paso siguiente paso: Desplegamos las opciones de la tabla, **Add Field**

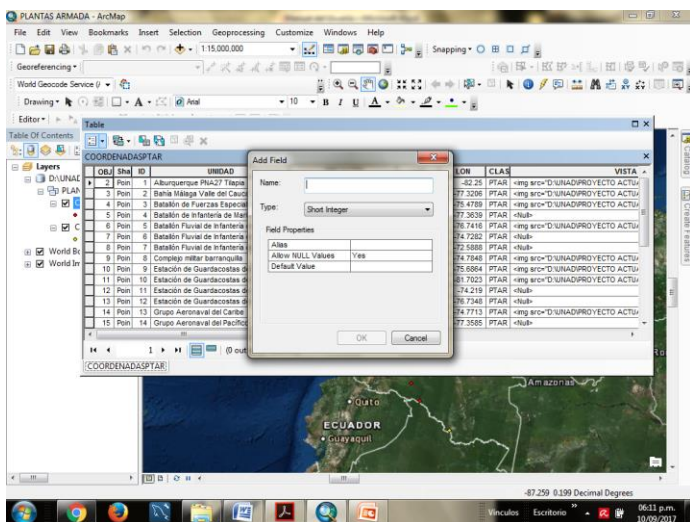
Ilustración 26: Opciones de la Tabla Add Field



Elaboró: Autores

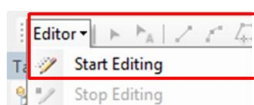
En la ventana agregamos el nombre de la columna que se quiere añadir.

Ilustración 27: Agregar nombre de columna

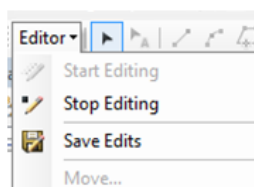


Elaboró: Autores

Para editar o agregar información en la tabla de atributos desplegamos la herramienta EDITOR, ubicada en la barra de herramientas e iniciamos la edición (Start Editing)



Posteriormente guardamos y detenemos la edición

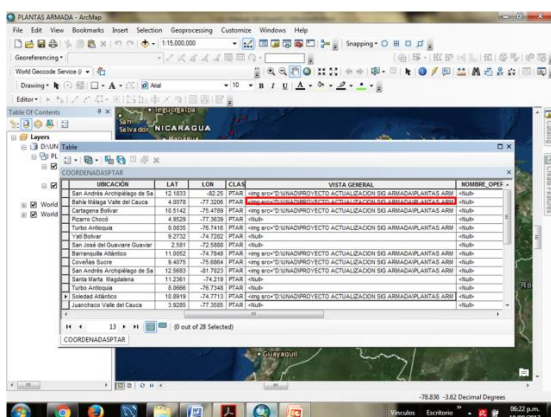


Elaboró: Autores

3.4.2. INSERCIÓN DE IMÁGENES EN TABLA DE ATRIBUTOS

Para incluir imágenes debemos tener en cuenta que las imágenes deben tener los formatos GIF, JPG o PNG. Posteriormente editamos la columna (con la herramienta EDITOR) sobre la cual vamos a agregar la imagen y en donde se debe incluir la etiqueta , por ejemplo:

Ilustración 28: Inclusión de imágenes



Elaboró: Autores

 (200 corresponde a la cantidad de caracteres que podemos incluir, se puede aumentar o disminuir)

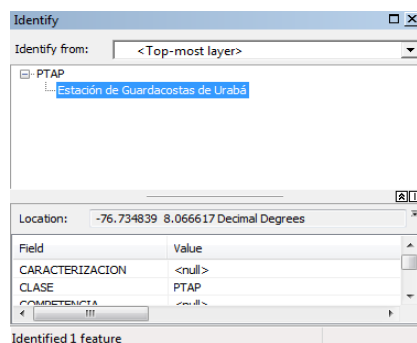
3.4.3. INSERCIÓN DE HYPERLINK

Click sobre icono **IDENTIFY**



Se despliega la siguiente ventana donde se selecciona la unidad a la cual se le va agregar el documento por medio del hipervínculo.

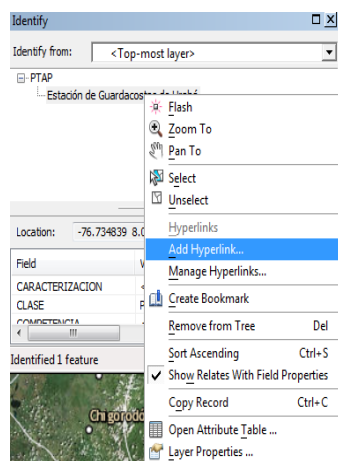
Ilustración 29: Agregar hipervínculo



Elaboró: Autores

Click derecho, pestaña **Add Hyperlink**

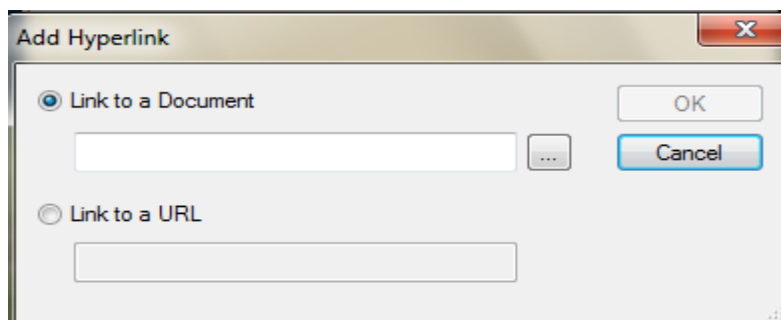
Ilustración 30: Pestaña Add Hyperlink



Elaboró: Autores

Se abrirá una ventana de búsqueda en donde se ubica el documento o agregar un enlace a URL.

Ilustración 31: Ventana adjuntar documento



Elaboró: Autores

GLOSARIO

El glosario del presente trabajo fue tomado de (Ocampo, 2011) y (Gutiérrez, 2011) como base principal:

Atributo: representa las propiedades básicas de las entidades. Se representan por elipses.

Actividades: definen la función de un sistema de información.

Base de datos espacial: es una colección de datos referenciados espacialmente, que actúan como un modelo de la realidad.

Componente espacial: hace referencia a la localización geográfica, las propiedades espaciales de los objetos y las relaciones espaciales que existen entre ellos.

Cartografía: arte y ciencia de representar el espacio en mapas. La Cartografía se dedica a la representación del espacio real o imaginado, en diferentes tipos de dibujos o presentaciones digitales. Para ello utiliza una serie de técnicas destinadas a la correcta presentación del espacio y sus atributos.

Construcción de un SIG: la construcción e implementación de un SIG en cualquier organización es una tarea siempre progresiva, compleja, laboriosa y continúa. Los análisis y estudios anteriores a la implementación de un SIG son similares a los que se deben realizar para establecer cualquier otro sistema de información. Pero, en los SIG, además, hay que considerar las especiales características de los datos que utiliza y sus correspondientes procesos de actualización.

Dato: Es una colección de hechos considerados de forma aislada.

Exactitud de posición: exactitud en la localización de los elementos sobre el mapa en relación con la posición que realmente ocupan en el espacio.

Entidad: Es un objeto que se distingue de otros objetos por medio de un conjunto específico de atributos.

Geografía: es la ciencia que se ocupa de analizar las relaciones del hombre con su medio natural, identifica y caracteriza secciones del espacio (territorios, regiones, ciudades, paisajes y localidades).

Información: es el conjunto de datos arreglados y ordenados en forma útil.

Información geográfica: es información que tiene un componente geométrico (espacial), que describe la localización de los objetos en el espacio y las relaciones espaciales entre ellos; un componente temático, que recoge sus características descriptivas (atributos), y un componente temporal (tiempo).

Localización geográfica: la localización geográfica o posición de los objetos en el espacio se expresa mediante un sistema de coordenadas que debe ser el mismo para las distintas capas o estratos de la información con que se presenta la realidad del área de estudio.

Proceso: conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en salidas.

Procedimiento: forma especificada para llevar a cabo una actividad o un proceso.

Propiedades espaciales: los objetos que representan la realidad tienen ciertas propiedades espaciales. Por ejemplo, para una línea son: la longitud, la forma, la pendiente y la orientación. En el caso de áreas o polígonos pueden ser: la superficie, el perímetro, la forma, la pendiente y la orientación.

Relación: es una asociación entre varias entidades.

Sistema de Información Geográfica: Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial.

Sistema: es una reunión o conjunto de elementos relacionados que interactúan entre sí para lograr un fin determinado.

Sistemas de Posicionamiento Espacial: Permiten establecer listas de coordenadas, que pueden ser incorporadas al SIG como líneas o puntos.

Sistema de información: es una disposición de personas, actividades, datos, redes y tecnología integrados entre sí con el propósito de apoyar y mejorar las operaciones cotidianas de una empresa, así como satisfacer las necesidades de información para la resolución de problemas y la toma de decisiones por parte de los directivos.

Sistema operativo: conjunto de instrucciones básicas y programas que guían al computador para desarrollar las actividades fundamentales.

Usuarios internos: corresponde a un grupo selecto multidisciplinario de profesionales quienes diseñan y gestionan el sistema, y que son concedores de los equipos y programas con fines de producción. Estos usuarios tienen la capacidad de utilizar las facilidades del software SIG, con la finalidad de plantear una solución a un problema específico en la organización.

Usuarios externos: corresponde al grupo de profesionales u organizaciones que requieren de la información digital almacenada o producida por los SIG, con el fin de aplicarla a su trabajo diario o al desarrollo de proyectos específicos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Acosta, E. J. (s.f.). Anexo IX. aguas residuales y tratamiento de efluentes cloacales. Obtenido de [http://www.academia.edu/5104248/Anexo IX. Aguas Residuaes y Tratamiento de Efluentes Cloacales](http://www.academia.edu/5104248/Anexo_IX._Aguas_Residuaes_y_Tratamiento_de_Efluentes_Cloacales)
- [2] ArcGIS Resources. (s.f.). Obtenido de <http://resources.arcgis.com/es/help/>
- [3] ArcGIS Resources. (s.f.). Introducción a SIG. Recuperado el 8 de octubre de 2016, de <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n000000t000000.htm>
- [4] Baez, Y. S. (s.f.). Sistema de información geoespacial de las plantas de tratamiento de aguas residuales en los Altos Mirandino. Caso de estudio: Municipio Los Salias. Recuperado el 9 de octubre de 2016, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/agua2003/cantor.pdf>
- [5] Confederación de empresarios de Andalucía . (s.f.). Sistemas de Información Geográfica, tipos y aplicaciones empresariales. Recuperado el 8 de octubre de 2016, de http://sig.cea.es/?q=mapa_web
- [6] Decreto 475 de 1998 – Normas sobre calidad del potable. <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1327>
- [7] Decreto 1594 de 1984 – Usos de agua y residuos líquidos. Normas de vertimientos de residuos líquidos. <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>
- [8] Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (s.f.). Obtenido de <http://www.igac.gov.co/igac>

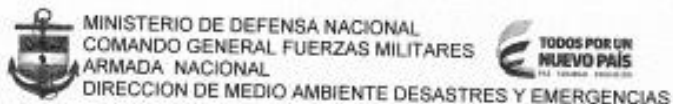
[9] Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (1995). Conceptos básicos sobre sistemas de información geográfica y aplicaciones en Latinoamérica. Santafé de Bogotá: Colección: Cuadernos del Sistema de Información Geográfica.

[10] Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (s.f.). Telecentro Regional en Tecnologías Geoespaciales. Recuperado el 08 de octubre de 2016, de Fundamentos de sistemas de Información Geográfica: http://corponarino.gov.co/pmapper-4.3.1/sig/interfase/documentos/conceptos_basicos_sig.pdf

[11] Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA. (1999). Operación y mantenimiento de potabilización de agua. Obtenido de Programa de capacitación y certificación del sector de agua potable y saneamiento básico: http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html#

[12] Subgerencia Cultural del Banco de la República. (2015). Recuperado el 01 de octubre de 2016, de http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/geografia/sistema_de_informacion_geografica

Anexo F. Carta de Confidencialidad de la Información



No. 20170041590396171 / MDN-CGFM-CARMA-SECAR-JEPLAN-DARMAR-29.25

Bogotá D.C. 25-10-2017

Señores
UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
Calle 14 Sur No. 14-23
Bogotá, D.C.

Asunto: Solicitud reserva de información proyecto aplicado implementación de un sistema de información geográfica de las plantas de tratamiento de agua potable y residual de la Armada Nacional de Colombia.

En referencia al proyecto aplicado en mención, con toda atención me permito informar que la Dirección de Medio Ambiente, Desastres y Emergencias cuenta con la Suboficial Segundo Leidy Carolina Trujillo Báez encargada del saneamiento ambiental de la Armada Nacional, quien recibió el mencionado Sistema de Información Geográfico, así como el manual del usuario y la respectiva capacitación para la operación, consulta y actualización del mismo.

De igual forma y acuerdo a los protocolos de reserva de información de la institución, me permito realizar las siguientes precisiones:

- 1- La base de datos suministrada para la implementación del sistema de información reposa única y exclusivamente en la Dirección de Gestión Ambiental Desastres y Emergencias de la Armada Nacional, toda vez que contiene información de carácter reservado como las coordenadas de ubicación de todas las Unidades en tierra de la Institución.
- 2- De acuerdo a lo anterior se solicita que la sustentación sea privada con el fin de limitar la toma de videos, fotografías y demás evidencias que pueda atentar contra la seguridad de la Institución.
- 3- Así mismo limitar la publicación de los productos entregados como evidencia de la ejecución del proyecto que contengan este tipo de información.

Atentamente,

Capitán de Navío GILBERTO DURÁN RODRÍGUEZ
Director de Medio Ambiente, Desastres y Emergencias de la Armada Nacional.

Elaboró: S2 Mendoza Jiménez Sergio

Revisó: TNCríz Sergio

GEDOC-FT-001-AYGAE-V01

"Protegemos el Azul de la Bandera"
Línea Anticorrupción Armada Nacional 01 8000 11 69 69 - 24 horas
Carrera 54 No. 26-25 CAN - Coahuila 3682000 Ext. 306688 Bogotá, Colombia.
www.armada.mil.co | contacto@armada.mil.co



CO14/011
Bogotá D.C.
Sede Nacional
José Celestino Mutis

CO14/012
Bogotá D.C.
Sede Nacional
José Celestino Mutis

