

**ANÁLISIS ESPACIAL DE COBERTURA DE HIDRANTES DE LA CIUDADELA  
DEL NORTE, MEDIANTE USO DE SIG**

**<SANTIAGO ALONSO SALAZAR CASAS  
JORGE HERNANDO IDÁRRAGA RAMÍREZ>**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
MANIZALES  
2017**

**ANÁLISIS ESPACIAL DE COBERTURA DE HIDRANTES DE LA CIUDADELA  
DEL NORTE, MEDIANTE USO DE SIG**

**<SANTIAGO ALONSO SALAZAR CASAS  
JORGE HERNANDO IDÁRRAGA RAMÍREZ>**

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar  
al título de Especialista en Información Geográfica

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
MANIZALES  
2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestras familias por el apoyo y comprensión durante las largas jornadas de estudio.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	13
1. ÁREA PROBLEMÁTICA .....	14
2. OBJETIVOS .....	16
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
3. JUSTIFICACIÓN .....	17
4. MARCO TEÓRICO .....	19
4.1 QUÉ ES UN SIG. ....	19
4.1.1 Componentes de un SIG. ....	19
4.1.2 Funciones De Los SIG.....	21
4.1.3 Funcionamiento de los SIG.....	22
4.1.4 Construcción de bases de datos geográficas .....	23
4.1.5. Aplicaciones de los sistemas de información geográfica .....	25
4.2 HIDRANTES.....	29
4.2.1. Clasificación de los Hidrantes Según la norma.....	29
4.2.2. Usos y Aplicaciones.....	30
4.2.3. Funcionamiento. ....	30
4.2.4. Mantenimiento y reparación.....	31
4.3 ANTECEDENTES .....	33
4.3.1 Antecedente 1.....	37
5. METODOLOGÍA .....	39
5.1 TIPO DE TRABAJO .....	39
5.2 PROCEDIMIENTO .....	39

5.2.1 Fase 1. Recolección y análisis de información. ....	39
5.2.2 Fase 2. Actualización de la base de Datos. ....	40
5.2.3 Fase 3. Análisis de la Información obtenida. ....	40
5.2.4 Fase 4. Programa de mantenimiento para red de hidrantes. ....	41
6. RESULTADOS.....	42
6.1 DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS .....	42
6.1.1 Resultados Fase 1. Recolección y análisis de información. ....	42
6.1.2. Resultados Fase 2 Actualización Base de Datos. ....	48
6.1.3. Resultados Fase 3 Análisis Información Obtenida. ....	58
6.1.4. Resultados fase 4. Programa de Mantenimiento para red de hidrantes. .....	65
7. CONCLUSIONES .....	72
8. RECOMENDACIONES.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	74

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Accesorios para instalación típica de hidrante. ....	29
Figura 2. RAS 2017 - Artículos 71 y 72.....	34
Figura 3. RAS 2000 - Artículo 88.....	35
Figura 4. RAS 2000 - modificación al artículo 88.....	36
Figura 5. Mapa de Localización.....	42
Figura 6. Mapa Catastro Inicial de Hidrantes .....	43
Figura 7. Formato previo a actualización, para catastro de Hidrantes. ....	44
Figura 8. Formato Actualizado para catastro de Hidrantes.....	45
Figura 9. Formato diligenciado en campo.....	46
Figura 10. Formato diligenciado en visita de verificación.....	47
Figura 11. Mapa Catastro Final de Hidrantes.....	49
Figura 12. Formulario Excel para Survey 123. ....	52
Figura 13. Formulario cargado a la nube a través de Survey 123 conect.....	53
Figura 14. Formulario Survey 123 .....	54
Figura 15. Formulario Survey 123 Diligenciado en campo.....	55
Figura 16. Ubicación espacial del catastro realizado con Survey 123.....	56
Figura 17. Comparación de hidrantes catastro antiguo y catastro actualizado.....	58
Figura 18. Análisis de la distancia entre hidrantes. (Buffer 300m).....	60
Figura 19. Análisis de la distancia entre hidrantes. (Buffer 200m).....	61
Figura 20. Análisis de cubrimiento de la red de hidrantes a sitios de interés (Buffer 200m). ..	62
Figura 21. Análisis de cubrimiento de la red de hidrantes a bloques multifamiliares (Buffer 150m).....	64
Figura 22. Análisis de Hidrantes y Válvulas.....	66
Figura 23. Tipo de daño en Hidrantes.....	68
Figura 24. Tipo de llave para hidrante. ....	69
Figura 25. Esquema de mantenimiento correctivo.....	70
Figura 26. Periodos de inspección de hidrantes y válvulas.....	71

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1. Ejemplo de metodologías de Catastro.....</b>	<b>55</b>

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1. Inventario Inicial de Hidrantes. ....</b>	<b>44</b>
<b>Cuadro 2. Diagrama de tabulación y actualización de la base de Datos. ....</b>	<b>48</b>
<b>Cuadro 3. Diagrama de tabulación y actualización de la base de Datos (diligenciado).....</b>	<b>48</b>
<b>Cuadro 4. Inventario Final de Hidrantes. ....</b>	<b>50</b>
<b>Cuadro 5. Catastro final de hidrantes. ....</b>	<b>50</b>
<b>Cuadro 6. Comparación Inventario Inicial y Final de Hidrantes.....</b>	<b>58</b>
<b>Cuadro 7. Centros educativos y distancia a hidrante más cercano.....</b>	<b>63</b>
<b>Cuadro 8. Bloques multifamiliares y distancia a hidrante más cercano.....</b>	<b>65</b>
<b>Cuadro 9. Inventario de válvulas en Hidrantes Buenos.....</b>	<b>66</b>
<b>Cuadro 10. Inventario de válvulas en Hidrantes Malos.....</b>	<b>67</b>
<b>Cuadro 11. Tipo de daño en Hidrantes. ....</b>	<b>67</b>

## GLOSARIO

**Accesorio:** Partes y componentes del hidrante o de su montaje.

**Buffer:** Área que está dentro de una distancia especificada para cada hidrante.

**Catastro:** Censo estadístico de hidrantes en el área de estudio que contiene su descripción, características físicas y su ubicación.

**Cobertura:** Área geográfica cubierta por la red de hidrantes.

**Espigo:** Dispositivo metálico ubicado en la parte superior, que permite abrir o cerrar el paso de agua hacia los polos del hidrante.

**Hidrante:** Toma de agua diseñada para proporcionar un caudal considerable en caso de incendio. El agua puede obtenerla de una red de abastecimiento o de un depósito.<sup>1</sup>

**Infraestructura:** Conjunto de elementos físicos, instalaciones y servicios necesarios para desarrollar la actividad de Aguas de Manizales S.A. E.S.P., específicamente su red de hidrantes.

**Llave de Hidrante:** Herramienta utilizada para apertura y cierre de hidrantes.

**Mantenimiento:** Conjunto de acciones que se deben realizar a los hidrantes; con el fin de corregir y prevenir fallas que impidan la prestación del servicio.

**Polo de Hidrante:** “Bocas” o salidas de agua del hidrante a las cuales se conectan los organismos de atención de emergencias.

**Porta válvula:** Compartimiento construido para que en su interior quede protegida la válvula que alimenta de agua el hidrante.

---

<sup>1</sup> AVA APOLO. Catalogo Hidrantes apolo. Website title: Ava-apolo.com URL: <http://www.ava-apolo.com/hidrantes>

**Válvula:** Dispositivo que abre o cierra el paso de un fluido por un conducto en una máquina, aparato o instrumento, gracias a un mecanismo, a diferencias de presión.

Para el caso específico de los hidrantes, la válvula permite regular el paso de agua mediante la apertura o cierre con un número determinado de vueltas.

**Válvula Mariposa:** Dispositivo para interrumpir o regular el flujo de un fluido en un conducto, aumentando o reduciendo la sección de paso mediante una placa, denominada «mariposa», que gira sobre un eje. Al disminuir el área de paso, aumenta la pérdida de carga local en la válvula, reduciendo el flujo.<sup>2</sup>

**Válvula compuerta:** Dispositivo que se abre mediante el levantamiento de una compuerta o cuchilla (la cuál puede ser redonda o rectangular) permitiendo así el paso del fluido.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Manual de mantenimiento industrial de Robert C. Rosaler, James O. Rice. Tomo III. Editorial McGraw-Hill.

<sup>3</sup> Manual de mantenimiento industrial de Robert C. Rosaler, James O. Rice. Tomo III. Editorial McGraw-Hill.

## RESUMEN

La evolución en las tecnologías de la información ha abierto un amplio panorama para el desarrollo de metodologías de adquisición, almacenamiento y visualización de la información espacial; desafortunadamente en muchos casos no se exploran las potencialidades del software ni se saca provecho a todas las herramientas que este provee, pues se puede obtener mucha información pero es administrada de forma individual.

Durante la realización de este análisis se buscó la integración de diferentes componentes pertenecientes a la red de hidrantes con el fin de estudiarlos de manera simultánea y poder dar un diagnóstico acertado y preciso a cerca del estado real de cubrimiento de la mencionada red. Con base en los resultados se propone un programa de mantenimiento correctivo que atiende de manera eficiente los hallazgos detectados y define el tipo de intervención y el personal con el cual debe tratarse cada hallazgo para darle el cierre respectivo.

Se realizó además una prueba piloto que optimiza el proceso de recolección de información y actualización de la base de datos; esta fase se constituyó en la más extensa y prolongada ya que se buscó darle un manejo especial. La aplicación utilizada fue SURVEY 123 la cual arrojó resultados prometedores, que invitan a continuar en la búsqueda de herramientas que mejoren nuestro desempeño y hagan uso de todo el potencial que ofrecen los SIG.

**PALABRAS CLAVES:** SIG, Hidrante, Catastro, Cobertura, Circuito hidráulico, Base de Datos.

## **ABSTRACT**

The evolution in information technologies has opened a wide panorama for the development of methodologies of acquisition, storage and visualization of the spatial information, but in many cases the potentialities of the software are not explored nor takes advantage of all the tools that these provide, as you can have lots of information, but managed individually. During the accomplishment of this work the integration of different contents belonging to the network of hydrants was sought, in order to analyze them simultaneously and to be able to give a diagnosis of the real state of coverage of the mentioned network of hydrants. Based on the results a corrective maintenance program is proposed that efficiently attends the detected findings and defines the type of intervention and personnel with which each finding must be treated to give the respective closure.

A pilot test was also carried out to optimize the information collection process and the updating of the database, which corresponded to the phases that took the longest time and that was why we wanted to give special management. The selected application was survey 123 which yields promising results, which invite us to continue searching for tools that improve our performance and make use of the full potential offered by GIS.

**KEY WORDS:** SIG, Fire Hydrant, Cadastre, Coverage, Hydraulic Circuit, Data Base.

## INTRODUCCIÓN

La empresa de servicio público “Aguas de Manizales S.A.” es la encargada de administrar y operar la infraestructura del acueducto y alcantarillado en la ciudad de Manizales tanto en área urbana como en algunas zonas rurales cercanas. Dentro de la conformación del acueducto existe un elemento muy importante denominado hidrante, uno de sus principales usos es el suministro de gran cantidad de agua en poco tiempo, además permite la conexión de mangueras y equipos de lucha contra incendios, así como el llenado de los vehículos de emergencia de los bomberos.

El sistema de acueducto de la ciudad de Manizales está constituido por dos plantas de potabilización de agua, la Luis Prieto Gómez y Niza. Inicialmente el agua potable se almacena en dos principales tanques de abastecimiento ubicados al interior de la planta Niza, denominados como “Tanque 23” y “Tanque de distribución”.

La distribución del agua inicia en las redes diferenciadas con circuitos hidráulicos que a su vez dependen de los tanques de regulación que permiten normalizar y reducir la presión en las tuberías, actualmente la empresa cuenta con 38 tanques de regulación distribuidos entre la zona urbana y rural y 48 circuitos hidráulicos.

La problemática identificada en Aguas de Manizales S.A. E.S.P., consistía en poseer una cantidad indeterminada de hidrantes que no funcionan correctamente, lo cual nos llevó a realizarnos la siguiente pregunta: ¿De qué manera la empresa Aguas de Manizales S.A. E.S.P., puede mejorar la prestación del servicio de los usos asociados a los hidrantes en la zona de estudio, planificar un mejoramiento continuo del sistema y garantizar la ubicación correcta de hidrantes de forma que sigan los lineamientos establecidos por la ley y según la experiencia en el uso y manejo propio y de otras entidades de los mismos?.

## 1. ÁREA PROBLEMÁTICA

En Aguas de Manizales S.A. E.S.P., se identificó la problemática de poseer una cantidad indeterminada de hidrantes que no funcionan de manera adecuada o que no se encuentran correctamente ubicados según la legislación actual.

Como parte de la dinámica operacional de Aguas de Manizales S.A. E.S.P., los hidrantes se usan como accesorios para vaciado de las redes de acueducto durante reparaciones, eventos de deterioro de calidad en el agua o para realizar actividades de catastro de redes lo que se denomina “Purga”; también pueden ser usados para extracción de aire durante el llenado de tubería.

Gran parte de la información del SIG en cuanto a hidrantes esta desactualizada o solo existe en medio físico depositado en A-Zs y la mayoría de reportes se obtiene a través de diversas fuentes, en formatos no regulados y sin una periodicidad para su recolección y verificación, situación que genera que la información no esté actualizada o no sea confiable . Tampoco se ha realizado un análisis espacial de la ubicación correcta o no de los hidrantes en la red, teniendo en cuenta la topografía de los circuitos hidráulicos, accesos vehiculares o peatonales, sitios de interés tales como colegios, escuelas, iglesias etc.

Este trabajo de grado se desarrolló en los circuitos hidráulicos que se ubican en la Ciudadela del Norte (Antes conocida como comuna 5) de la ciudad de Manizales, la cual comprende los barrios Villahermosa, Solferino, Carola, Sinaí, Porvenir, Comuneros, San Cayetano, Bosques del Norte, Bengala, San Sebastián, Caribe, Peralonso y Samaria.

Dentro de la información preliminar se tiene que estos circuitos hidráulicos están conformados por 94 hidrantes que son de vital importancia los cuales se necesitan operando siempre en óptimas condiciones, teniendo en cuenta que en la zona de estudio existen instituciones educativas, iglesias, sitios deportivos y conjuntos habitacionales, entre otros sitios de interés.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar el análisis espacial de la red de hidrantes existentes en la Ciudadela del Norte, y proponer un programa de mantenimiento correctivo basados en las necesidades técnicas y lo que ordena la legislación actual, utilizando sistemas de información geográfica.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el estado de los hidrantes en el área de estudio mediante el análisis de la información disponible.
- Verificar el cumplimiento de las normas técnicas y/o la legislación vigente a la luz de la ubicación de los hidrantes que corresponden o no con las normas técnicas y/o la legislación.
- Realizar el análisis de cobertura en la red de hidrantes y proponer si es necesario, ubicaciones para la instalación de nuevos hidrantes.
- Proponer el programa de mantenimiento correctivo para todos los hidrantes en el área de estudio.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Aguas de Manizales S.A. E.S.P., es la empresa que administra toda la infraestructura de acueducto y alcantarillado en la zona urbana de Manizales y algunas zonas cercanas del área rural. Los hidrantes hacen parte de esa infraestructura, sin embargo, un porcentaje indeterminado de la totalidad de hidrantes se ha deteriorado progresivamente e incluso se han logrado identificar casos específicos de hidrantes que actualmente no funcionan y que deben ser reparados o cambiados. Actualmente la empresa cuenta con un Sistema de Información Geográfico (SIG) que ha sido alimentado con información obtenida en campo a través de órdenes de trabajo diligenciadas en físico durante los 21 años de existencia de la empresa y algunos datos de años atrás cuando quien operaba la infraestructura era la administración municipal a través de las empresas públicas.

Durante los últimos años, el proceso encargado operativamente de la infraestructura de los sistemas de acueducto y alcantarillado ha detectado el incremento de los reportes por hidrantes en deficiente o mal estado, situación que además de generar preocupación ha motivado la necesidad de actualizar el diagnóstico de los hidrantes y adicionalmente, garantizar que esta información alimente constantemente el SIG de la empresa, buscando que al tener la información de manera actualizada, ordenada, normalizada y completa, sea factible realizar la valoración de la problemática, y planificar programas o acciones de choque que permitan revertir las situaciones indeseadas.

La desactualización y subutilización del SIG que maneja Aguas de Manizales es debida a diferentes factores tales como: levantamiento de la información en campo por parte de personal externo (no vinculado a la empresa), poca información que actualmente se recibe por parte del cuerpo oficial de bomberos o algunos usuarios del sistema de acueducto, y sumado a que la misma no llega en formatos estandarizados que contengan datos completos y principalmente porque no existe un protocolo o procedimiento en curso que permita evaluar con determinada periodicidad el estado de funcionamiento, la ubicación y demás variables involucradas con el funcionamiento de la red de hidrantes en la infraestructura de acueducto.

Adicionalmente, se ha identificado un notable aumento en la generación de reportes por deficiencias en el funcionamiento de hidrantes, situación que ha traído sobre costos en la operatividad del sistema; a pesar de que muchas de las solicitudes son verdaderos y es factible dar solución inmediata a las mismas, existen casos en los cuales es necesario realizar inversiones mayores por mantenimiento correctivo debido al amplio tiempo de inoperatividad; también se presentan reportes errados que generan visitas innecesarias.

Por todo lo anterior, con este trabajo se pretende actualizar un diagnóstico que incluya variables concernientes a la espacialidad, normatividad, funcionamiento por circuito hidráulico, entre otras variables; que permita actualizar la información real y migrarla al SIG, para finalmente, proponer un programa de mantenimiento correctivo que posibilite disminuir costos de reparación de hidrantes y optimizar los tiempos de respuesta y demás lineamientos necesarios para garantizar el óptimo funcionamiento de la red de hidrantes que son de vital importancia para los bomberos en caso de necesitarlos al atender emergencias y de las personas en general que pueden ser vulnerables ante las mencionadas emergencias.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 QUÉ ES UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICO (SIG)?

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 y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato. Existen otras muchas definiciones de SIG, algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras sus funcionalidades y otras enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, pero todas coinciden en referirse a un SIG como un sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo nacional, incluyendo la relacionada con la infraestructura de un municipio, estado o incluso a nivel nacional.

La definición según el diccionario de la Association for Geographic Information (AGI) y el Departamento de Geografía de la Universidad de Edimburgo lo explica como: "Un sistema de cómputo para obtener, almacenar, integrar, manipular, analizar y representar datos relativos a la superficie terrestre".

De estas definiciones se puede extraer que la importancia de los SIG radica en que las soluciones para muchos problemas frecuentemente requieren acceso a varios tipos de información que sólo pueden ser relacionadas por geografía o distribución espacial. Sólo la tecnología SIG permite almacenar y manipular información usando geografía para analizar patrones, relaciones y tendencias en la información, todo tendiente a contribuir a tomar mejores decisiones.

#### 4.1.1 Componentes de un SIG.

- Hardware
- Software
- Información
- Personal
- Métodos

### **Hardware:**

Los SIG corren en un amplio rango de tipos de computadoras desde equipos centralizados hasta configuraciones individuales o de red, una organización requiere de hardware suficientemente específico para cumplir con las necesidades de aplicación.

### **Software:**

Los programas SIG proveen las herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica, los componentes principales del software SIG son:

- Sistema de manejo de base de datos.
- Interfase gráfica de usuarios (IGU) para el fácil acceso a las herramientas.
- Herramientas para captura y manejo de información geográfica.
- Herramientas para soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

Actualmente la mayoría de los proveedores de software SIG distribuyen productos fáciles de usar y pueden reconocer información geográfica estructurada en muchos formatos distintos.

### **Información:**

El componente más importante para un SIG es la información. Se requiere de adecuados datos de soporte para que el SIG pueda resolver los problemas y contestar a preguntas de la forma más acertada posible. La consecución de datos correctos generalmente absorbe entre un 60 y 80% del presupuesto de implementación del SIG, y la recolección de los datos es un proceso largo que frecuentemente demora el desarrollo de productos que son de utilidad. Los datos geográficos y alfanuméricos pueden obtenerse por recursos propios u obtenerse a través de proveedores de datos. Mantener, organizar y manejar los datos debe ser política de la organización.

### **Personal:**

Las tecnologías SIG son de valor limitado si no se cuenta con los especialistas en manejar el sistema y desarrollar planes de implementación del mismo. Sin el personal experto en su desarrollo, la información se desactualiza y se maneja erróneamente, el hardware y el software no se manipula en todo su potencial.

### **Métodos:**

Para que un SIG tenga una implementación exitosa debe basarse en un buen diseño y reglas de actividad definidas, que son los modelos y prácticas operativas exclusivas en cada organización.

#### **4.1.2 Funciones de Los SIG**

Los programas SIG tienen una serie de funciones diseñadas para la gestión de información geográfica:

- Captura, registro y almacenamiento de datos: el paso de información analógica, en papel, a formato digital en una computadora; esto se puede realizar de varias maneras como digitalización, vectorización, importación y otras.
- Estructuración de datos y manipulación: creación de bases de datos, de nueva cartografía.
- Proceso, análisis y gestión de datos: topología, consultas gráficas, alfanuméricas, combinadas, superposición de planos e información.
- Creación de salidas: impresión de informes, graficación de planos y publicación en diversos formatos electrónicos.

#### **Cuestiones a las que responde Un SIG:**

- Localización ¿Qué hay en...?.
- Condición ¿Dónde sucede que...?.
- Tendencias ¿Qué ha cambiado...?.
- Rutas ¿Cuál es el camino óptimo...?.
- Pautas ¿Qué pautas existen...?.
- Modelos ¿Qué ocurriría si...?.

Estas cuestiones son de interés primordial en actividades relacionadas con la planificación. Para instituciones de investigación, los SIG contribuyen en el estudio de la distribución y monitoreo de recursos, tanto naturales como humanos, tecnológicos, de infraestructura y sociales así como en la evaluación del impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente respectivo. De esta forma se contribuye; por ejemplo, en la planeación de actividades destinadas a la preservación de los recursos naturales.

Toda la generación de nueva información que puede proveer un SIG depende significativamente de la información que posee la base de datos disponible. La

calidad de esta base de datos y sus contenidos determinan la cantidad y calidad de los resultados obtenidos del SIG.

#### **4.1.3 Funcionamiento de los 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 implantación de un SIG son similares a los que se deben realizar para establecer cualquier otro sistema de información; sin embargo, en los SIG hay que considerar las características especiales de los datos utilizados y sus correspondientes procesos de actualización.

Es indiscutible que los datos son el principal activo de cualquier sistema de información. 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 y la inversión necesaria para crear las bases de datos y tener un SIG eficiente y funcional no son pequeños, aunque tampoco significa una gran inversión. Es un esfuerzo permanente por ampliar y mejorar los datos almacenados, utilizando las herramientas más eficientes para tal propósito.

La información geográfica contiene una referencia territorial explícita como latitud y longitud o una referencia implícita como domicilio o código postal. Las referencias implícitas pueden ser derivadas de referencias explícitas mediante geocodificación.

Los SIG funcionan con dos tipos diferentes de información geográfica: el modelo vector y el modelo raster.

El modelo raster funciona a través de una retícula que permite asociar datos a una imagen; es decir, se pueden relacionar paquetes de información a los píxeles de una imagen digitalizada.

En el modelo vector, la información sobre puntos, líneas y polígonos se almacena como una colección de coordenadas  $x,y$ . La ubicación de una característica puntual, pueden describirse con un sólo punto  $x,y$ . 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.

Hoy en día el condicionante principal a la hora de afrontar cualquier proyecto basado en SIG lo constituye la disponibilidad de datos geográficos del territorio a estudiar, mientras que hace diez años lo era la disponibilidad de computadoras potentes que permitieran realizar los procesos de cálculo involucrados en el análisis de datos territoriales.

Pero además de ser un factor limitante, la información geográfica es a su vez el elemento diferenciador de un Sistema de Información Geográfica frente a otro tipo de Sistemas de Información; así, la particular naturaleza de este tipo de información contiene dos vertientes diferentes: por un lado está la vertiente espacial y por otro la vertiente temática de los datos. Mientras otros Sistemas de Información contienen sólo datos alfanuméricos (nombres, direcciones, números de cuenta, etc.), las bases de datos de un SIG integran además la delimitación espacial de cada uno de los objetos geográficos.

Por ejemplo, un lago que tiene su correspondiente forma geométrica plasmada en un plano, tiene también otros datos asociados como niveles de contaminación, flora, fauna, pesca y niveles de captación en relación a la temporada del año.

Otro ejemplo podría ser el contar con un suelo definido en los planos de clasificación de un plan maestro de desarrollo. Este suelo urbanizable tiene una serie de atributos, tales como su uso, su sistema de gestión, su edificabilidad, sus características mecánicas, etc. Pero además, tiene una delimitación espacial concreta correspondiente con su propia geometría definida en el plano.

Por tanto, el SIG tiene que trabajar a la vez con ambas partes de información: su topografía perfectamente definida en plano y sus atributos temáticos asociados, es decir, tiene que trabajar con cartografía y con bases de datos a la vez, uniendo ambas partes y constituyendo con todo ello una sola base de datos geográfica.

De esta manera, se define a la topología como esta capacidad de asociación de bases de datos temáticas junto con la descripción espacial precisa de objetos geográficos y las relaciones entre ellos y es precisamente la topología lo que diferencia a un SIG de otros sistemas informáticos de gestión de información.

#### **4.1.4 Construcción de bases de datos geográficas**

La construcción de una base de datos geográfica implica un proceso de abstracción para pasar de la complejidad del mundo real a una representación simplificada que pueda ser procesada por el lenguaje de las computadoras actuales. Este proceso de abstracción tiene diversos niveles y normalmente comienza con la concepción de la estructura de la base de datos, generalmente en capas; en esta fase, y dependiendo de la utilidad que se vaya a dar a la información a compilar, se seleccionan las capas temáticas a incluir.

Pero la estructuración de la información espacial procedente del mundo real en capas conlleva cierto nivel de dificultad.

En primer lugar, la necesidad de abstracción que requieren las máquinas implica trabajar con primitivas básicas de dibujo, de tal forma que toda la complejidad de la realidad ha de ser reducida a puntos, líneas o polígonos.

En segundo lugar, existen relaciones espaciales entre los objetos geográficos que el sistema no puede obviar; la topología, que en realidad es el método matemático-lógico usado para definir las relaciones espaciales entre los objetos geográficos puede llegar a ser muy compleja, ya que son muchos los elementos que interactúan sobre cada aspecto de la realidad.

La topología de un SIG reduce sus funciones a cuestiones mucho más sencillas, como por ejemplo conocer el polígono (o polígonos) a que pertenece una determinada línea, o bien saber qué agrupación de líneas forman una determinada carretera.

Existen diversas formas de modelar estas relaciones entre los objetos geográficos o topología. Dependiendo de la forma en que ello se lleve a cabo se tiene uno u otro tipo de Sistema de Información Geográfica dentro de una estructura de dos grupos principales: SIG vectoriales y SIG Raster. No existe un modelo de datos que sea superior a otro, sino que cada uno tiene una utilidad específica.

### **Alcances de los sistemas de información geográfica:**

Como se ha visto, los SIG constituyen una herramienta muy poderosa para la gestión de información y su relación con algo tan tangible como un predio, un río o una obra de desarrollo urbano. Sin embargo, es muy importante conocer los alcances de un sistema como este para aprovechar sus potencialidades al máximo

utilizándolo como una referencia más en el delicado proceso de toma de decisiones de la empresa, el gobierno y las asociaciones civiles.

De esta manera se pueden identificar algunas de las capacidades los SIG como herramienta en los procedimientos de gestión.

**Un SIG permite:**

- Realizar un gran número de manipulaciones, sobresaliendo las superposiciones de mapas, transformaciones de escala, la representación gráfica y la gestión de bases de datos.
- Consultar rápidamente las bases de datos, tanto espacial como alfanumérica, almacenadas en el sistema.
- Realizar pruebas analíticas rápidas y repetir modelos conceptuales en despliegue espacial.
- Comparar eficazmente los datos espaciales a través del tiempo (análisis temporal).
- Efectuar algunos análisis, de forma rápida que hechos manualmente resultarían largos y molestos.
- Integrar en el futuro, otro tipo de información complementaria que se considere relevante y que esté relacionada con la base de datos nativa u original.

**4.1.5. Aplicaciones de los sistemas de información geográfica**

En la mayoría de los sectores los SIG pueden ser utilizados como una herramienta de ayuda a la gestión y toma de decisiones, a continuación se describen brevemente algunas de sus aplicaciones principales:

**Cartografía automatizada:**

Las entidades públicas han implementado este componente de los SIG en la construcción y mantenimiento de planos digitales de cartografía. Dichos planos son puestos a disposición de las empresas a las que puedan resultar de utilidad estos productos con la condición de que estas entidades se encargan posteriormente de proveer versiones actualizadas de manera periódica.

**Infraestructura:**

Algunos de los primeros sistemas SIG fueron utilizados por las empresas encargadas del desarrollo, mantenimiento y administración de redes de electricidad, gas, agua, teléfono, alcantarillado, etc.; en este caso, los sistemas

SIG almacenan información alfanumérica de servicios relacionados con las distintas representaciones gráficas de los mismos. Estos sistemas almacenan información relativa a la conectividad de los elementos representados gráficamente, con el fin de realizar un análisis de redes.

La elaboración de mapas, así como la posibilidad de realizar una consulta combinada de información, ya sea gráfica o alfanumérica, son las funciones más comunes para estos sistemas, también son utilizados en trabajos de ingeniería, inventarios, planificación de redes, gestión de mantenimiento, entre otros.

### **Gestión territorial:**

Son aplicaciones SIG dirigidas a la gestión de entidades territoriales y permiten un rápido acceso a la información gráfica y alfanumérica, y suministran herramientas para el análisis espacial de la información. Facilitan labores de mantenimiento de infraestructura, mobiliario urbano, etc., y permiten realizar una optimización en los trabajos de mantenimiento de empresas de servicios. Tienen la facilidad de generar documentos con información gráfica y alfanumérica.

### **Medio ambiente:**

Son aplicaciones implementadas por instituciones de medio ambiente, que facilitan la evaluación del impacto ambiental en la ejecución de proyectos. Integrados con sistemas de adquisición de datos permiten el análisis en tiempo real de la concentración de contaminantes, a fin de tomar las precauciones y medidas del caso. Facilitan una ayuda fundamental en trabajos tales como reforestación, explotaciones agrícolas, estudios de representatividad, caracterización de ecosistemas, estudios de fragmentación, estudios de especies, etc.

### **Equipamiento social:**

Implementación de aplicaciones SIG dirigidas a la gestión de servicios de impacto social, tales como servicios sanitarios, centros escolares, hospitales, centros deportivos, culturales, lugares de concentración en casos de emergencias, centros de recreo, entre otros y suministran información sobre las sedes ya existentes en una determinada zona y ayudan en la planificación en cuanto a la localización de nuevos centros. Un buen diseño y una buena implementación de estos SIG aumentan la productividad al optimizar recursos, ya que permiten asignar de forma adecuada y precisa los centros de atención a usuarios cubriendo de forma eficiente la totalidad de la zona de influencia.

### **Recursos mineros:**

El diseño de estos SIG facilitan el manejo de un gran volumen de información generada en varios años de explotación intensiva de un banco minero, suministrando funciones para la realización de análisis de elementos puntuales (sondeos o puntos topográficos), lineales (perfiles, tendido de electricidad), superficies (áreas de explotación) y volúmenes (capas geológicas). Facilitan herramientas de modelación de las capas o formaciones geológicas.

### **Ingeniería de Tránsito:**

Sistemas de Información Geográfica utilizados para modelar la conducta del tráfico determinando patrones de circulación por una vía en función de las condiciones de tráfico y longitud. Asignando un costo a los o puntos en los que puede existir un semáforo, se puede obtener información muy útil relacionada con análisis de redes.

### **Demografía:**

Se evidencian en este tipo de SIG un conjunto diverso de aplicaciones cuyo vínculo es la utilización de las variadas características demográficas, y en concreto su distribución espacial, para la toma de decisiones. Algunas de estas aplicaciones pueden ser: el análisis para la implantación de negocios o servicios públicos, zonificación electoral, etc. El origen de los datos regularmente corresponde a los censos poblacionales elaborados por alguna entidad gubernamental; para el caso de México el organismo encargado de la procuración de datos generales es el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, este grupo de aplicaciones no obligan a una elevada precisión, y en general, manejan escalas pequeñas.

### **GeoMarketing:**

La base de datos de los clientes potenciales de determinado producto o servicio relacionada con la información geográfica resulta indispensable para planificar una adecuada campaña de marketing o el envío de correo promocional, se podrían diseñar rutas óptimas a seguir por comerciales, anuncios espectaculares, publicidad móvil, etc.

### **Banca:**

Los bancos son buenos usuarios de los SIG debido a que requieren ubicar a sus clientes y planificar tanto sus campañas como la apertura de nuevas sucursales incluyendo información sobre las sucursales de la competencia.

### **Planimetría:**

La planimetría tiene como objetivo la representación bidimensional del terreno proporcionándole al usuario la posibilidad de proyectar su trabajo sobre un papel o en pantalla sin haber estado antes en el sitio físico del proyecto. El fin de la planimetría es que el usuario tenga un fácil acceso a la información del predio; por ejemplo, saber qué cantidad de terrenos desocupados se encuentran en el lugar, o qué cantidad de postes telefónicos necesita para ampliar su red, o qué cantidad de cable necesita para llegar hasta un cliente, o emplearlo en soluciones móviles, o utilizarlo como plataforma de archivos GIS. En otras palabras, permite al usuario visualizar de forma clara y con gran exactitud la información que se encuentra dentro de su proyecto. Existen distintos tipos de planimetría, que van de la más básica a la más completa. La elección del tipo de planimetría depende del tipo de información que el usuario vaya a necesitar para su proyecto.

### **Cartografía Digital 3D:**

Este tipo de información tridimensional de construcciones civiles, es requerida para realizar, por ejemplo, la planeación de la cobertura de las ondas de radio en una población ubicando los rebotes de ondas radiales entre antenas, optimización de redes, ubicación de antenas, interferencias de radiofrecuencia, tendido de líneas de transmisión en 3D; o en el caso de la planeación de un aeropuerto este modelado tridimensional permitirá realizar el estudio de los espacios aéreos que intervienen en el proceso de diseño referenciado, en su caso, la viabilidad técnica de su construcción”<sup>4</sup>.

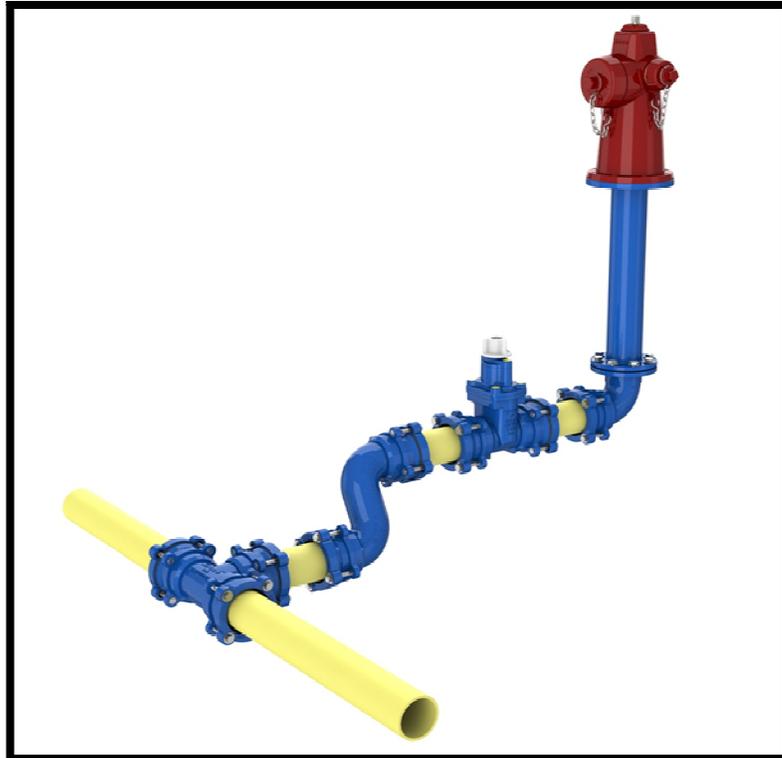
---

<sup>4</sup> rtinoco76, M. (2017). *Definición y Algunas Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica* - Monografias.com. [online] Monografias.com. Available at: <http://www.monografias.com/trabajos14/informageogra/informageogra.shtml>

## 4.2 HIDRANTES.

Un Hidrante es una toma de agua diseñada para proporcionar un caudal considerable en caso de incendio. El agua puede obtenerla de una red de abastecimiento o de un depósito.

Figura 1. Accesorios para instalación típica de hidrante.



Fuente: Catálogo Hidrantes Apolo, 2016.

### 4.2.1. Clasificación de los Hidrantes Según la norma.

- **Hidrantes de Barril Húmedo AWWA C503.:** Son Hidrantes cuyo interior permanece en su totalidad con presión de agua, tienen una o más válvulas que regulan independientemente la salida de cada boca. Tienen la ventaja de controlar independientemente cada salida pero desventajas como no cerrar ante un accidente, bajo costo, fácil mantenimiento.

- **Hidrantes de Barril Seco AWWA C502.:** Estos hidrantes no están bajo presión en su totalidad internamente y son operados por una única válvula localizada en la parte inferior, tiene la ventaja de cerrar ante un accidente, operarse con una sola válvula, bajo mantenimiento y sirve para lugares en donde ocurren temperaturas de congelamiento del agua.

#### **4.2.2. Usos y Aplicaciones**

- Como fuente de agua para un incendio o emergencia.
- Para abastecimiento de carro tanques de agua.
- Se usan para limpiar y purgar las redes cuando se hacen trabajos de mantenimiento.
- Para aliviar la presión de las redes en casos extremos.
- Para liberar rápidamente el aire (usó como ventosas).
- Para limpieza de las calles.

#### **4.2.3. Funcionamiento.**

- a. Lea en el Hidrante el sentido de apertura de la válvula principal, y el sentido en que se aflojan los tapones de salida.
- b. Identifique el tapón que cubre la salida que usted necesita, ya sea de 2½" o de 4½".
- c. Con la llave de Hidrante Apolo, o alguna otra adecuada, proceda a verificar que la válvula principal del Hidrante esté cerrada. No usar llaves de tubo ni similares.
- d. Una vez se tenga la certeza que la válvula principal del Hidrante está cerrada, proceda a abrir lentamente al tapón ubicándose a un costado donde el tapón no lo pueda golpear. (Recuerde que es posible que con el pasar del tiempo se generen oxidaciones y depósitos minerales que aprietan el tapón al Hidrante).
- e. Una vez logre girar el tapón, proceda a lentamente rotarlo de manera que pueda evacuar cualquier presión de aire o agua atrapada dentro del Hidrante. Espere unos segundos hasta que se evacue dicha presión.

- f. Cuando vea que el Hidrante ya no pierde agua o aire por el tapón, proceda a girarlo completamente hasta desprender el tapón del Hidrante.
- g. Tenga sumo cuidado de no amarrar y forzar la cadena de sujeción del tapón al Hidrante en el momento de soltarlo.
- h. Realice una firme conexión de su manguera o accesorio a la salida del Hidrante.
- i. Lentamente abra el Hidrante para dar suministro de agua.

#### **4.2.4. Mantenimiento y reparación.**

- Con la válvula principal del hidrante cerrada, quite los tapones de las salidas del hidrante y verifique visualmente que no se presenten fugas de agua por la válvula principal.
- Con el pasar del tiempo las incrustaciones de minerales y bacterias traban y dificultan la operación normal de los hidrantes, con los tapones del hidrante instalados y asegurados, abra y cierre completamente el hidrante repetidas veces, de manera que se desprenda todo el material que se hubiera depositado en los elementos móviles del hidrante.  
Si con el procedimiento anterior no se logra que la operación del Hidrante sea suave, es necesario desensamblarlo para limpiar
- Manualmente las partes que pudiesen estar muy incrustadas.
- Con la válvula abierta y los tapones cerrados, verifique que no existan fugas en el cuerpo superior o en las juntas de los cuerpos del hidrante y en los tapones.
- Si observa algún tipo de fuga, reemplace los o-rings y empaques de sello, si al hacer esto no se corrigen las fugas debe hacerse un Mantenimiento mayor.
- Con la ayuda de una conexión o manguera, dirija el flujo de agua a la calle o a una alcantarilla y proceda a abrir lentamente el hidrante, de esa manera

se limpiarán de la línea todas las rocas y partículas pequeñas que eventualmente podrían llegar a obstruir el buen funcionamiento de los hidrantes y las mangueras de bomberos.

- Remueva los tapones del hidrante para inspeccionar el estado del vástago central y de sus roscas.
- Inspeccione la cadena o cable de amarre de los tapones del hidrante, dicho elemento debe sujetar firmemente los tapones con el hidrante y además debe poder girar libremente en el tapón para facilitar su remoción del hidrante en caso de una emergencia.
- Instale los tapones de la salidas del hidrante, reemplazando el empaque interior de caucho, recuerde apretar el tapón con la llave adecuada (llave para hidrantes) procure que la fuerza de apriete no sea muy poca de modo que los tapones puedan ser retirados manualmente, pero tampoco apriete los tapones demasiado duro de modo que se pueda presentar un bloqueo por soldadura en frío de roscas.
- Inspeccione el área circundante al hidrante, no debe haber ningún tipo de elemento que pudiese obstaculizar su uso en caso de una emergencia.
- Limpie el exterior del hidrante y píntelo si así lo considera necesario.
- Esté usted seguro que la válvula auxiliar (de compuerta elástica) esté siempre abierta. Recuerde que los hidrantes se usan en casos de emergencias, y sería catastrófico encontrar un hidrante con la válvula auxiliar cerrada y no tener a la mano una llave para abrirla.
- Si un Hidrante se encuentra inoperable, se debe marcar claramente con un letrero visible que indique su estado, de ésta manera evitamos que los bomberos pierdan preciado tiempo en caso de una emergencia y se debe programar un mantenimiento lo antes posible.

### 4.3 ANTECEDENTES

En noviembre del año 2000, el entonces Ministerio de Desarrollo Económico a través de la Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico emitió la resolución N° 1096 / 2000; por la cual se adoptó el Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), el cual es un documento técnico normativo que señala los requisitos que deben cumplir las obras, equipos y procedimientos operativos que se utilicen en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo y sus actividades complementarias. Se expidió en cumplimiento de lo dispuesto en la Ley 142 de 1994, que estableció el régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia, con el fin de garantizar su calidad en todos los niveles.

La mencionada ley, le asignó al Ministerio de Desarrollo Económico la responsabilidad de determinar el alcance de los requisitos técnicos una vez que la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico señaló esto como una necesidad.

El reglamento se compone por siete títulos que van desde la letra A hasta la letra G, y desde el título B se podrían resumir en manuales de prácticas de buena ingeniería, en donde se establecen los criterios y recomendaciones para el diseño, construcción, supervisión técnica, interventoría, operación y mantenimiento propios del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

El título B, hace énfasis en los sistemas de acueducto, y en el subtítulo B.7. Indica aspectos importantes sobre las redes de distribución, donde a su vez reglamenta datos básicos para el diseño, localización, dimensionamiento, presión de trabajo, entre otros aspectos para los diferentes accesorios y componentes de los sistemas de redes de distribución, incluyendo los hidrantes. Todo lo anterior basándose en las normas N° AWWA C502-94 y AWWA C550-90 emitidas por Asociación Americana de Trabajo del Agua (American Water Works Association – AWWA).

Basándose en la normatividad vigente, es decir, la resolución N° 330 de junio de 2017, por el cual se adoptó el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2017, específicamente en los artículos N° 71 y 72:

Figura 2. RAS 2017 - Artículos 71 y 72.

Resolución No. **0330** Del **08 JUN. 2017** de Hoja No. 48

*Continúa la Resolución: "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009".*

pobladas o zonas con edificios multifamiliares, comerciales e industriales deben ser servidos mínimo por tres (3) hidrantes bajo uso simultáneo. Los incendios en las zonas residenciales unifamiliares deben ser servidos mínimo por dos (2) hidrantes en uso simultáneo.

**ARTÍCULO 71. Disposición de los hidrantes.** La distancia máxima entre hidrantes debe ser de 300 m para zonas residenciales. Para zonas públicas, comerciales o industriales, la distancia máxima entre hidrantes debe ser determinada por el cuerpo de bomberos local, o en su defecto, por la entidad prestadora del servicio de acueducto. Se proyectarán hidrantes en la cercanía de edificaciones donde se concentren numerosas personas como centros educativos, hospitalarios, religiosos, teatros, entre otros.

**ARTÍCULO 72. Diámetros mínimos de los hidrantes.** Para todos los casos, los diámetros mínimos de los hidrantes contra incendios, colocados en la red de distribución de agua potable, deben ser de 75 mm en zonas residenciales con densidades menores de 200 Hab/Ha y 100 mm en sectores comerciales e industriales, o zonas residenciales con alta densidad, para tuberías de hasta 150 mm de diámetro. Para tuberías con diámetros superiores o iguales que 150 mm, los hidrantes deben tener un diámetro de 150 mm.

Fuente: Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. 2017: Indicadores claves. [en línea]. Bogotá: p. 48. Fecha de consulta: consulta: 30/06/2017. Disponible en: [http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/4.\\_Sistemas\\_de\\_acueducto.pdf](http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/4._Sistemas_de_acueducto.pdf).

Reglamentación muy similar a la versión anterior, es decir, la resolución N° 1096 de 2000, por el cual se adoptó el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000, específicamente en el artículo N° 88:

Figura 3. RAS 2000 - Artículo 88.

**ARTÍCULO 88.- DISPOSICIÓN DE LOS HIDRANTES.** Se tendrá en cuenta que la presión requerida para la protección contra incendios puede obtenerse mediante el sistema de bombas del equipo del cuerpo de bomberos y no necesariamente de la presión en la red de distribución. Los hidrantes se instalarán preferiblemente en las tuberías matrices. La Entidad Prestadora de servicio de acueducto de común acuerdo con el cuerpo de Bomberos local o regional, dispondrá de las distancias mínimas entre los hidrantes para zonas residenciales, pero estas no deben ser superiores a 300 metros. Para zonas industriales y/o comerciales, la distancia mínima deberá ser determinada por el cuerpo de bomberos local o en su defecto por la entidad prestadora del servicio de acueducto local. La disposición final de los hidrantes debe ser recomendada por el diseñador de acuerdo con las exigencias de la zonificación urbana.

Fuente: República de Colombia, Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS – 2000Indicadores claves. [en línea]. Bogotá: p. 48. Fecha de consulta:                      consulta:                      17/06/2017.                      Disponible                      en:  
<http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/1096%20-%202000.pdf#search=resolucion%201096%20de%202000>  
2000

Sin embargo, el documento definitivo del título B del RAS 2000, es aún más específico en cuanto a las distancias de ubicación de hidrantes en cuanto a nivel de complejidad del municipio, estrato socioeconómico, y localización de sitios de interés tales como; escuelas, colegios, bloques multifamiliares, entre otros:

Figura 4. RAS 2000 - modificación al artículo 88.

RAS-2000. Sistemas de Acueducto

**B.7.6.8.2 Juntas de expansión**  
En caso de que existan pasos aéreos en la red de distribución, con el fin de salvar obstáculos naturales tales como ríos, quebradas, depresiones, con el fin de absorber las dilataciones o contracciones debidas a variaciones térmicas en las tuberías, deben preverse juntas de expansión, se deben prever juntas mecánicas de transición en los sitios de empalme de tubería de diferentes diámetros externos. No se podrán utilizar empalmes con tegul o plomo.  
Debe tenerse en cuenta todo lo establecido en el literal B.6.4.9.12, Juntas de Expansión, de este título.

**B.7.6.9 Hidrantes**

**B.7.6.9.1 Aspectos generales**  
Los hidrantes deben instalarse en tuberías con un diámetro mínimo de 75 mm (3 pulgadas) y a una distancia máxima entre ellos de 300 m. Cada hidrante llevará su propia válvula para aislarlo de la red. Se ubicarán de preferencia en las esquinas, en las intersecciones de dos calles y sobre la acera, para un mejor acceso.  
Debe consultarse con el cuerpo de bomberos local con el fin de definir y estandarizar el tipo y diámetro de las conexiones para mangueras que va a utilizar. Dependiendo del tipo de hidrante, ya sea de núcleo húmedo o seco, deben cumplirse las normas técnicas colombiana correspondientes o, en su ausencia, con las normas AWWA C502-94 ó AWWA C550-90.

**B.7.6.9.2 Capacidad de los hidrantes**  
En áreas comerciales, industriales o residenciales con una densidad superior a 200 habitantes por hectárea, los hidrantes deben tener una capacidad mínima de 20 L/s. Para el área restante del municipio la capacidad mínima debe ser de 5 L/s.

**B.7.6.9.3 Número de hidrantes y distancia entre hidrantes**  
Para los niveles **bajo y medio de complejidad** o para los barrios de estrato 1 y 2 en los niveles **medio alto y alto de complejidad** el número de hidrantes depende de la protección exigida por los edificios públicos, las escuelas, los colegios, etc. En caso de no existir este tipo de edificios, la empresa prestadora del servicio en el municipio debe definir la cantidad y la ubicación de los hidrantes.  
Para los niveles **medio alto y alto de complejidad**, en los barrios de estratos 3, 4, 5 y 6 debe colocarse un hidrante por lo menos cada 200 m. En las zonas con bloques multifamiliares debe colocarse un hidrante por lo menos cada 150 m.  
En las zonas industriales y comerciales de alto valor debe ponerse un hidrante en cada bocacalle y a una distancia no mayor que 100 m.

**B.7.6.9.4 Localización de los hidrantes**  
La localización de hidrantes debe cumplir los siguientes requisitos :

1. Los hidrantes deben instalarse en el límite de dos predios, aproximadamente a 10 m de la intersección de los paramentos y en una zona verde o en el andén.
2. Cuando se coloquen en el andén no deben instalarse a una distancia mayor que 0.5 m del borde exterior hacia adentro.
3. Cuando se instalen sobre la zona verde, no deben ponerse a una distancia menor que 0.5 m del borde exterior del cordón.
4. Los hidrantes deben instalarse alejados de obstáculos que impidan su correcto uso.
5. No deben localizarse en las calzadas de las vías ni contiguos a postes u otros obstáculos que no permitan su correcto uso en caso de incendio.
6. Las bocas de los hidrantes deben quedar hacia la calle.

Página B.160

Fuente: Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (2017). resolución 0330 (pp. <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330%20-%202017.pdf>). Bogotá.

#### **4.3.1 Antecedente 1.**

En el trabajo de grado “Diagnóstico de los sistemas de protección contra incendios en edificaciones”, del 2011 se realizó un estudio detallado de la normatividad y el estado de los sistemas contraincendios en una zona del departamento de Santander, arrojó como resultado la identificación de falencias directamente relacionadas con el desconocimiento de las normas y se proponen cambios a nivel de construcción de infraestructura para garantizar la corrección de las mencionadas falencias, ese mismo año Emcali establece su propia norma para “instalación y/o reposición de hidrantes y sistemas para válvulas en redes secundarias de distribución de acueducto”, en la cual desarrollan su marco normativo y especifican parámetros de localización, instalación y operación de la red de hidrantes pero no se propone un programa de mantenimiento preventivo ni correctivo de los mismos que garantice a futuro su funcionamiento.

Posteriormente el año 2012 en el municipio de Pitalito, Huila, a través de su empresa de servicios públicos domiciliarios, se realizó el estudio “Elaboración del inventario de hidrantes” , donde además hicieron una valoración con apoyo del cuerpo local de bomberos; esta acción les permitió ubicar espacialmente su red de hidrantes y además identificarlos y valorarlos en una escala de pésimo, malo a bueno, identificaron necesidades a futuro, pero tampoco se propuso ningún plan de mantenimiento ni realizaron estudios profundos a nivel hidráulico. Capturó la atención de las entidades privadas y gubernamentales en torno al estado de las redes de hidrantes y la necesidad de asegurar su funcionamiento adecuado, haciendo alusión a que no basta solo con desarrollar e instalar una adecuada red de hidrantes, sino también, garantizar su funcionamiento adecuado y la disponibilidad inmediata ante cualquier emergencia.

En el 2014 y como conclusiones del estudio “Diagnóstico ambiental de la Universidad del Valle”, se identifica la necesidad de proponer programas que hagan seguimiento y actualización de los sistemas de abastecimiento dentro de los cuales se encuentran los hidrantes, con el fin de poder detectar de forma temprana, desperfectos en los mismos.

A nivel internacional, se encontró la “Guía para Inspección y Mantenimiento en instalaciones” elaborada en 2009 en las localidades de Castilla y León en España, en ella se relacionan unos parámetros muy someros para la inspección de hidrantes que solo hacen alusión a la parte física de los mismos, en 2013 la

universidad de alicante en España publica “infraestructuras Hidráulico-Sanitarias. Abastecimiento y distribución de agua”, un documento muy completo técnicamente donde relacionan todos los parámetros de ubicación de hidrantes según su legislación, además de cálculos detallados a nivel hidráulico, pero no tienen en cuenta la necesidad de programas de mantenimiento, ni el diagnóstico necesario posterior a la instalación de hidrantes.

## **5. METODOLOGÍA**

Dado que Aguas de Manizales S.A. E.S.P., es la empresa que administra toda la infraestructura de acueducto y alcantarillado en la zona urbana, para la ejecución de este trabajo de grado se tomó como punto de partida la información que reposa en el SIG de esta empresa, obteniendo datos tales como; cartografía básica, circuitos hidráulicos, ubicación de hidrantes y diámetros de redes, entre otros.

### **5.1 TIPO DE TRABAJO**

Las características de este trabajo de grado; parten de una problemática detectada por Aguas de Manizales S.A. E.S.P., que requiere ser intervenida y mejorada, sus objetivos; que buscan mejorar procesos operativos y tendientes al diseño de un programa de mantenimiento correctivo para hidrantes y el empleo de software SIG para realizar análisis espacial de la información, le dan a este trabajo el carácter de desarrollo tecnológico principalmente, pero también puede interpretarse como investigación aplicada.

### **5.2 PROCEDIMIENTO**

Este trabajo de grado busca describir por medio de técnicas cuantitativas los componentes básicos, el nivel de cobertura, el estado físico y operacional y tipo de circuito de abastecimiento, con el fin de proponer ubicaciones para la instalación de nuevos hidrantes y un programa de mantenimiento correctivo. La información es recopilada de manera directa e indirecta con el fin de analizar de manera conjunta todas las variables involucradas.

Se propusieron 4 fases que permitieron desarrollar los objetivos propuestos.

#### **5.2.1 Fase 1. Recolección y análisis de información.**

Se recopiló la información que la empresa tiene en sus archivos y en el SIG; se actualizó un formato de chequeo de hidrantes y se realizaron visitas a campo para establecer el estado actual de los mismos, se recopiló información faltante

incluyendo la verificación de la información recolectada, se analizó y unificó de manera ordenada.

- **Actividad 1.** Se delimitó el área de estudio y se recopiló la información existente en formato físico y en la base de datos de Aguas de Manizales S.A. E.S.P.
- **Actividad 2.** Se consultó y actualizo formulario para catastro de hidrantes.
- **Actividad 3.** Se realizó catastro de hidrantes mediante las visitas en campo.
- **Actividad 4.** Se realizó análisis básico a información recopilada.
- **Actividad 5.** Se realizó visitas de campo a los hidrantes detectados como defectuosos, o con inconsistencias en la información.

### **5.2.2 Fase 2. Actualización de la base de Datos.**

Se desarrollaron los diagramas necesarios para planificar la actualización de la base de datos con la información de la primera fase, y se procedió a actualizarla según el resultado obtenido en la primera fase.

- **Actividad 1.** Se actualizó la base de datos según formato estándar actualizado en fase 1.
- **Actividad 2.** Se verificó el funcionamiento de la base de datos actualizada, disponibilidad de la información y estabilidad para las consultas.
- **Actividad 3.** Se desarrolló un formulario en SURVEY 123 para adquisición de información y actualización de la base de datos en tiempo real, como piloto para proponer una nueva metodología de recolección de información.

### **5.2.3 Fase 3. Análisis de la Información obtenida.**

Se realizaron todos los análisis técnicos necesarios sobre cobertura y ubicación, para definir reubicación o instalación de nuevos hidrantes en la red, apoyados en la legislación actual.

- **Actividad 1.** Se realizó análisis espacial mediante el uso del SIG y las consultas generadas desde la base de datos.
- **Actividad 2.** Se definieron puntos óptimos para posible ubicación de nuevos hidrantes en la red, que cumplen la norma técnica y la legislación.

#### **5.2.4 Fase 4. Programa de mantenimiento para red de hidrantes.**

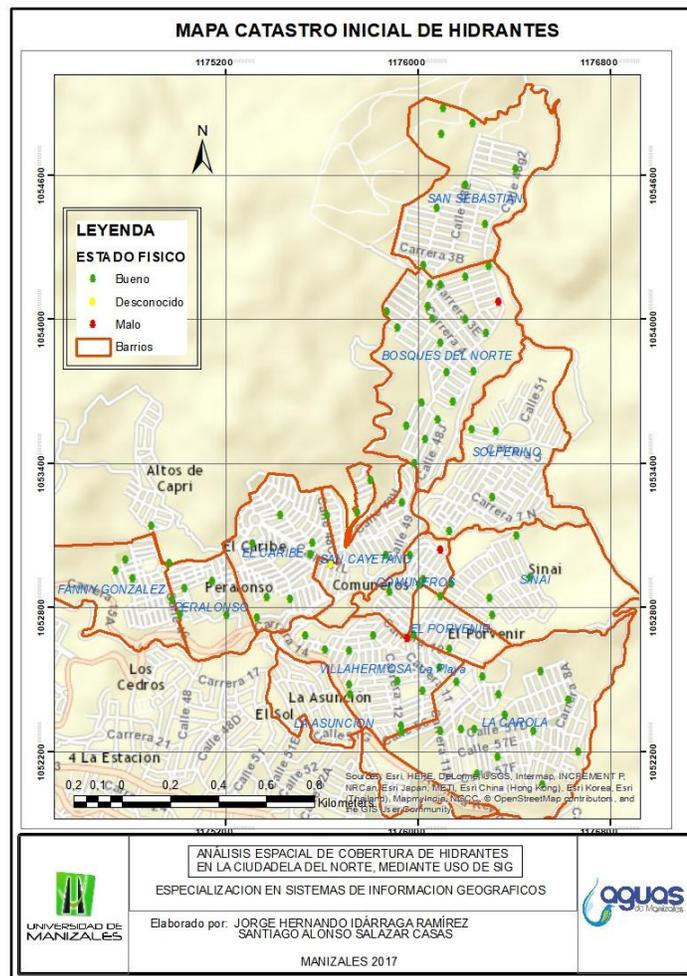
Se propuso un programa de mantenimiento general a la red de hidrantes. Optimizar procesos de prestación de servicio de la empresa Aguas de Manizales S.A. E.S.P., con respecto a su red de hidrantes.

- **Actividad 1.** Se propone con base en los resultados obtenidos en la fase 3, un programa de mantenimiento para los hidrantes de la red dentro del área de estudio, mediante el uso del sig.



Después de delimitar el área de trabajo y durante la implementación de las primeras fases, se evidenció, que mucha de la información física se encontraba desactualizada y no había sido ingresada a la base de datos; la información previa mostró a la ciudadela del norte con 94 hidrantes clasificados de la siguiente manera según su estado físico:

Figura 6. Mapa Catastro Inicial de Hidrantes



Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 1. Inventario Inicial de Hidrantes.

Inventario Inicial de Hidrantes		
Cantidad	Estado Físico	Porcentaje
90	Bueno	95,75%
3	Malo	3,19%
1	Desconocido	1,06%

Fuente: elaboración propia.

Posterior a la generación del mapa de catastro inicial, se amplió la visión general que se tenía de la red de hidrantes, previo a la intervención que fue realizada durante el presente trabajo y además sirvió de insumo para planificar los recorridos de la fase de catastro de hidrantes en campo

Luego de la revisión de información física, se identificó que era necesario que el formato de catastro permitiera más contenido ya que se precisaba conocer en detalle la información correspondiente a las válvulas de cada hidrante, por esta razón se actualizó el formato y se estandarizó; con este se realizaron las visitas a campo para la actualización del catastro, durante las visitas se llenaron los formatos de forma análoga, en recorridos que cubrieron la totalidad del área de estudio.

Figura 7. Formato previo a actualización, para catastro de Hidrantes.

El formulario muestra los siguientes datos ingresados:

- IDENTIFICACIÓN DEL HIDRANTE: 12076H
- DIRECCIÓN: CR 25 - CII 26.
- ZONA: (vacío)
- ORDEN DE TRABAJO: (vacío)
- TIPO DE HIDRANTE: (seleccionado: DE TUBO)
- DIÁMETRO DEL TUBO: 3"
- DIÁMETRO: POLOS LATERALES (2 1/2", 3", 4", 6"), POLO FRONTAL (3", 4", 6")
- ESTADO: (seleccionado: B)
- OBSERVACIONES: No se pudo abrir porque la tapa.

Fuente: Archivo Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

Figura 8. Formato Actualizado para catastro de Hidrantes.

aguas de Manizales		REDES				
CONTROL ESTADO ACTUAL DE HIDRANTES						
IDENTIFICACIÓN DEL			ZONA:			
DIRECCIÓN:			ORDEN DE			
DATOS DEL HIDRANTE						
PRESIÓN:	HORA:	FECHA:				
PINTURA: B R M	TIPO DE HIDRANTE:					
DIÁMETRO DEL	3"	4"				
No. 2 3	MARCA:		ALFA	AMÉRICA		
No. 1 2 3			ANDINA	APOLO		
DIÁMETRO POLOS LATERALES	2 1/2"	3"	IOWA	MAGA		
POLO FRONTAL	3"	4"	6"	METACOL	THORY	
POSICIÓN: DESPEJADAS?	SI	NO	TOMO	TORINO		
Qué se necesita para despejarlas?			NO SE VE	OTRO		
			CUAL?			
UBICACIÓN:	VIA	ANDEN	ZONA VERDE	OTRO:		
ESTADO: ESPIGO	B	M	POLO 1	B	M	
	POLO 2	B	M	POLO 3	B	M
EL HIDRANTE ES FUNCIONAL ?	SI	NO				
OBSERVACIONES						
DATOS DE LA VÁLVULA						
ID. DE LA	DIÁMETRO DE		2"	3"		
MARCA:			4"	6"		
PROF. DE LA	m	TIPO DE VÁLVULA:	MARIPÓS	COMPOS		
REGISTRO	CAMARA	CAJA	PORTAVÁ	ALA		
			LLEVA	LLEVA	B	M
TAPA:	HF	CONCRETO	B	M		
CAPERUZA:	CORDON	TRINAGUL	RUEDA	GALLETA		
ESTADO DE LA VÁLVULA:	B	M	ESTADO DE	ABIERTA	CERRADA	
SENTIDO:	DERECHA	IZQUIERDA	N°			
UBICACIÓN:	VIA	ANDEN	ZONA VERDE	OTRO:		
OBSERVACIONES						
REVISADO POR			VoBo. INGENIERO DE ZONA			
DILIGENCIAR EL FORMATO COMPLETAMENTE Y CON INFORMACION CONFIABLE						

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 9. Formato diligenciado en campo.

AGUAS		REDES	
CONTROL ESTADO ACTUAL DE HIDRANTES			
IDENTIFICACIÓN DEL HIDRANTE		14016 H	ZONA: 1
DIRECCIÓN: calle 57 <sup>c</sup> 10 <sup>c</sup> 69		ORDEN DE TRABAJO: 29351	
DATOS DEL HIDRANTE			
PRESIÓN:	HORA: 22:45	FECHA: 12/12/2016	
PINTURA: <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> M	TIPO DE HIDRANTE: <input checked="" type="checkbox"/> DE TORRE <input type="checkbox"/> DE PISO		
DIÁMETRO DEL TUBO: <input checked="" type="checkbox"/> 3" <input type="checkbox"/> 4"	MARCA: <input type="checkbox"/> ALFA <input type="checkbox"/> AMERICANO		
No. POLOS: <input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> ANDINA <input type="checkbox"/> MAGA		
No. CADENAS: <input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> IOWA <input type="checkbox"/> THORY		
DIÁMETRO: POLOS LATERALES <input checked="" type="checkbox"/> 3" <input type="checkbox"/> 4" <input type="checkbox"/> 6"	<input type="checkbox"/> METACOL <input type="checkbox"/> TOMO <input type="checkbox"/> TORINO		
POLO FRONTAL: <input type="checkbox"/> 3" <input checked="" type="checkbox"/> 4" <input type="checkbox"/> 6"	LAS BOCAS ESTÁN DESPEJADAS? <input checked="" type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO		
POSICIÓN: <input checked="" type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO	QUÉ SE NECESITA PARA DESPEJARLAS? <input type="checkbox"/> NO SE VE <input type="checkbox"/> OTRO		
CUAL?			
UBICACIÓN: <input type="checkbox"/> VIA <input checked="" type="checkbox"/> AVENIDA <input type="checkbox"/> ZONA VERDE	OTRO:		
ESTADO: <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M	POLO 1: <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M		
POLO 2: <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M	POLO 3: <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M		
EL HIDRANTE ES FUNCIONAL? <input checked="" type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO			
OBSERVACIONES:			
DATOS DE LA VÁLVULA			
ID. DE LA VÁLVULA:	DIÁMETRO DE VÁLVULA: <input type="checkbox"/> 2" <input type="checkbox"/> 3" <input type="checkbox"/> 4" <input type="checkbox"/> 6"		
MARCA:	TIPO DE VÁLVULA: <input type="checkbox"/> MARIPOSA <input type="checkbox"/> COMPUERTA		
PROF. DE LA CAPERUZA: mt	REGISTRO: <input type="checkbox"/> CAMARA <input type="checkbox"/> CAJA <input checked="" type="checkbox"/> PORTAVÁLVULA <input type="checkbox"/> A LA VISTA <input type="checkbox"/> M		
TAPA: <input checked="" type="checkbox"/> CONCRETO <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M	CAPERUZA: <input type="checkbox"/> CUADRADA <input type="checkbox"/> TRIANGULAR <input type="checkbox"/> RUEDA <input type="checkbox"/> GALLETA		
ESTADO DE LA VÁLVULA: <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> M	ESTADO DE OPERACIÓN: <input type="checkbox"/> ABIERTA <input checked="" type="checkbox"/> CERRADA		
SENTIDO: <input type="checkbox"/> DERECHA <input checked="" type="checkbox"/> IZQUIERDA	N° VUELTAS:		
UBICACIÓN: <input type="checkbox"/> VIA <input checked="" type="checkbox"/> AVENIDA <input type="checkbox"/> ZONA VERDE	OTRO:		
OBSERVACIONES: No se pudo abrir la tapa del portaválvula, muy pegada No se pueden determinar los datos de la válvula Luis Carlos Ramirez Alejandro Ospina REVISADO POR <span style="float: right;">VgBó. INGENIERO DE ZONA</span>			
DILIGENCIAR EL FORMATO COMPLETAMENTE Y CON INFORMACIÓN CONFIABLE			

Fuente: Elaboración Propia.

Realizados los primeros recorridos los formularios físicos se analizaron y se compararon contra el mapa y la información preexistente. Se encontraron inconsistencias debido a que en el campo el número de hidrantes en mal estado superaba por mucho la información del catastro inicial consultada en el archivo físico y la base de datos previa, por lo cual se resaltaron las zonas que presentaron ese comportamiento y se planearon visitas de verificación a los hidrantes defectuosos o con inconsistencias en su catastro, confirmando el estado físico y operativo de los hidrantes reportados como malos.

Figura 10. Formato diligenciado en visita de verificación.

AGUAS		REDES	
CONTROL ESTADO ACTUAL DE HIDRANTES			
IDENTIFICACIÓN DEL HIDRANTE		14019H	ZONA: 1
DIRECCIÓN: Csa 8A1 calle 57C3		ORDEN DE TRABAJO: 29347	
DATOS DEL HIDRANTE			
PRESIÓN:	HORA: 05	FECHA: 14-12-16	
PINTURA:	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> M	TIPO DE HIDRANTE: <input checked="" type="checkbox"/> DE TORRE <input type="checkbox"/> DE PISO	
DIÁMETRO DEL TUBO:	<input checked="" type="checkbox"/> 3" <input type="checkbox"/> 4"	MARCA: <input type="checkbox"/> ALFA <input type="checkbox"/> AMERICANO	
No. POLOS:	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> ANDINA <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
No. CADENAS:	<input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> IOWA <input type="checkbox"/> MAGA	
DIÁMETRO:	POLOS LATERALES <input checked="" type="checkbox"/> 3" <input type="checkbox"/> 4" <input type="checkbox"/> 6"	<input type="checkbox"/> METACOL <input type="checkbox"/> THORY	
POLO FRONTAL:	<input type="checkbox"/> 3" <input checked="" type="checkbox"/> 4" <input type="checkbox"/> 6"	<input type="checkbox"/> TOMO <input type="checkbox"/> TORINO	
POSICIÓN:	LAS BOCAS ESTÁN DESPEJADAS? <input checked="" type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> NO SE VE <input type="checkbox"/> OTRO	
¿Qué se necesita para despejarlas?			
CUAL?			
UBICACIÓN:	<input type="checkbox"/> VIA <input type="checkbox"/> ANDÉN <input checked="" type="checkbox"/> VERDE	OTRO:	
ESTADO:	ESPIGO <input checked="" type="checkbox"/> M	POLO 1:	<input checked="" type="checkbox"/> M
	POLO 2 <input checked="" type="checkbox"/> M	POLO 3:	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M
EL HIDRANTE ES FUNCIONAL? <input checked="" type="checkbox"/> NO			
OBSERVACIONES:			
DATOS DE LA VÁLVULA			
ID. DE LA VÁLVULA:	DIÁMETRO DE VÁLVULA: <input type="checkbox"/> 2" <input type="checkbox"/> 3"		
MARCA:	<input type="checkbox"/> 4" <input type="checkbox"/> 6"		
PROF. DE LA CAPERUZA: 0,5 mt	TIPO DE VÁLVULA: <input type="checkbox"/> MARIPOSA <input type="checkbox"/> COMPUERTA		
REGISTRO:	<input checked="" type="checkbox"/> CAMARA <input type="checkbox"/> CAJA	<input type="checkbox"/> PORTAVÁLV	<input type="checkbox"/> A LA VISTA <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> M
TAPA:	<input type="checkbox"/> HF	<input checked="" type="checkbox"/> CONCRETO <input type="checkbox"/> D <input checked="" type="checkbox"/> R	
CAPERUZA:	<input type="checkbox"/> CUADRADA <input checked="" type="checkbox"/> TRIANGULAR	<input type="checkbox"/> RUEDA	<input type="checkbox"/> GALLETA
ESTADO DE LA VÁLVULA:	<input checked="" type="checkbox"/> M	ESTADO DE OPERACIÓN: <input checked="" type="checkbox"/> ABIERTA <input type="checkbox"/> CERRADA	
SENTIDO:	<input checked="" type="checkbox"/> DERECHA <input type="checkbox"/> IZQUIERDA	N° VUELTAS: 10	
UBICACIÓN:	<input type="checkbox"/> VIA <input type="checkbox"/> ANDÉN	<input type="checkbox"/> ZONA VERDE	OTRO:
OBSERVACIONES:			
No se encontró válvula. Dt para revisar válv. muy pocas vuellos y poner caperuza			
Luis Carlos Ramirez			
Alejandro Ospina			
REVISADO POR		Vobg. INGENIERO DE ZONA	
DILIGENCIAR EL FORMATO COMPLETAMENTE Y CON INFORMACIÓN CONFIABLE			

Fuente: Elaboración Propia.

### 6.1.2. Resultados Fase 2: Actualización Base de Datos.

Una vez finalizada la fase 1 y con la información física diligenciada y corroborada, se diseñó y tabulo un diagrama compatible con la base de datos que permitiera integrar la información de los 92 formularios de catastro diligenciados en campo para la correcta actualización de la base de datos.

Cuadro 2. Diagrama de tabulación y actualización de la base de Datos.

Reporte Recorrido de hidrantes y válvulas de Hidrante al SIG										
HIDRANTE										
INFORMACION DEL ELEMENTO										
ID ELEMENTO	DIRECCION	NUSH	CIRCUITO	ID ZONA	LOCALIZACION	MARCA	SUBTIPO	DIAMETRO	POLOS	ESTADO FISICO

Fuente: Elaboración Propia.

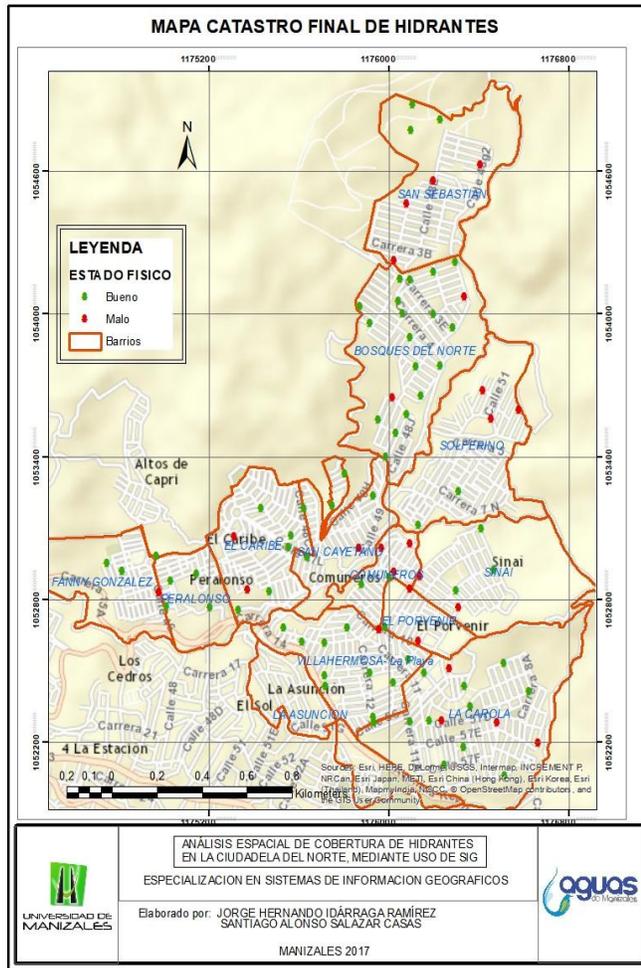
Cuadro 3. Diagrama de tabulación y actualización de la base de Datos (diligenciado).

Reporte Recorrido de hidrantes y válvulas de Hidrante al SIG										
HIDRANTE										
INFORMACION DEL ELEMENTO										
ID ELEMENTO	DIRECCION	NUSH	CIRCUITO	ID ZONA	LOCALIZACION	MARCA	SUBTIPO	DIAMETRO	POLOS	ESTADO FISICO
13013H	Cra 20 - Cl 51E	662	T9 Belen	ZONA 1	Anden	APOLO	TORRE	4"	3	MALO
13046H	Cl 51C - 19 51	662	T9 Belen	ZONA 1	Anden	AWWA	TORRE	4"	3	MALO
13055H	Cra 19 - 51 00	662	T9 Belen	ZONA 1	Anden	APOLO	TORRE	3"	2	BUENO
13047H	Cra 19 - Cl 47	662	T9 Belen	ZONA 1	Anden	Desconocido	TORRE	3"	2	BUENO
13007H	Cra 10A - Cl 45B	662	T9 Belen	ZONA 1	Anden	APOLO	TORRE	3"	2	BUENO
13059H	Cra 10 - Cl 47A	662	T9 Belen	ZONA 1	Anden	APOLO	TORRE	3"	2	BUENO
13006H	Cra 17 - Cl 46A	662	T9 Belen	ZONA 1	Anden	APOLO	TORRE	3"	2	BUENO
13057H	Cra 17B - Cl 40B	662	T9 Belen	ZONA 1	Anden	TORINO	TORRE	3"	3	BUENO
13016H	Cra 19 - Cl 40	662	T9 Belen	ZONA 1	Anden	TORINO	TORRE	3"	3	BUENO
13009H	Cra 10D - 51G	662	T9 Belen	ZONA 1	Anden	APOLO	TORRE	3"	2	BUENO
13003H	Cra 17A - Cl 50	662	T9 Belen	ZONA 1	Anden	APOLO	TORRE	3"	2	BUENO
13017H	Cra 10 - Cl 49	662	T9 Belen	ZONA 1	Anden	IOWA	TORRE	3"	2	BUENO
13004H	Cra 17 - Cl 49	662	T9 Belen	ZONA 1	Anden	APOLO	TORRE	3"	2	BUENO
13014H	Cra 16A - 51D	662	T9 Belen	ZONA 1	Anden	APOLO	TORRE	3"	2	BUENO
13061H	Cra 15 - Cl 51	662	T9 Belen	ZONA 1	Anden	TORINO	TORRE	3"	2	BUENO
13048H	Cra 18B - Cl 56B	662	T9 Belen	ZONA 1	Anden	APOLO	TORRE	3"	2	BUENO

Fuente: elaboración propia.

Luego de actualizar la base de datos se realizaron consultas para verificar la disponibilidad de la información y la estabilidad de la misma. La consulta realizada a la base de datos actualizada arrojó que el número real de hidrantes dentro del área de trabajo era de 92, clasificados de la siguiente manera según su estado físico:

Figura 11. Mapa Catastro Final de Hidrantes.



Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 4. Inventario Final de Hidrantes.

Inventario Final de Hidrantes		
Cantidad	Estado Físico	Porcentaje
67	Bueno	72,83%
25	Malo	27,17%

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 5. Catastro final de hidrantes.

ID ELEMENTO	DIAMETRO	POLICIA	MARCA	DIRECCION	LOCALIZACION	ESTADO FIS	FECHA INSTALACION
13011H	3	2	APOLCO	Ci 48 Cw 11	ZUCRDE	BUE	15/12/2018
14010H	3	2	APOLCO	Cw 118 C3 35	ANDEN	BUE	15/12/2018
13018H	3	2	APOLCO	Cw 12 C3 49A	ANDEN	BUE	15/12/2018
14014H	3	2	APOLCO	Ci 54 Cw 108	ANDEN	BUE	15/12/2018
13019H	3	2	TEORINC	Cw 12 C3 35A3	ANDEN	BUE	15/12/2018
13026H	3	2	APOLCO	Ci 52 C3 10	ZUCRDE	BUE	15/12/2018
13027H	3	2	APOLCO	Cw 10A C3 46	ANDEN	BUE	15/12/2018
09013H	3	2	APOLCO	Cw 46 C3 48A2	ANDEN	BUE	15/12/2018
14008H	3	2	APOLCO	Cw 105 C3 31F	ANDEN	BUE	15/12/2018
13022H	3	2	APOLCO	Ci 48B Cw 11	ANDEN	BUE	15/12/2018
09009H	3	2	APOLCO	Cw 3U C3 48	ANDEN	BUE	15/12/2018
13044H	3	2	APOLCO	Cw 13 C3 47D	ANDEN	MAL	15/12/2018
04034H	4	3	INGE TAC	San Sebastian Bloque 33	ZUCRDE	BUE	15/12/2018
04020H	3	2	APOLCO	Cw 3C C3 48A2	ANDEN	BUE	15/12/2018
04022H	3	2	APOLCO	Cw 1F C3 45 C2	ZUCRDE	MAL	15/12/2018
04023H	4	3	INGE TAC	Ci 10 San Sebastian Bloque 2 (B. Bloq 2)	ZUCRDE	BUE	15/12/2018
04025H	3	2	APOLCO	Cw 4F C3 48	ANDEN	BUE	15/12/2018
04010H	3	2	TEORINC	Cw 4 C3 48A2	ZUCRDE	BUE	15/12/2018
13020H	3	2	APOLCO	Cw 12A C3 48E	ANDEN	BUE	15/12/2018
09015H	3	2	APOLCO	Cw 16C C3 46	ANDEN	BUE	15/12/2018
13015H	3	2	APOLCO	Cw 13C C3 47L	ANDEN	BUE	15/12/2018
13043H	3	2	APOLCO	Ci 51G Cw 10	ANDEN	MAL	15/12/2018
04018H	3	2	TEORINC	Ci 42 C3 48	ANDEN	BUE	15/12/2018
130102H	3	2	APOLCO	Cw 4C C3 48E	ZUCRDE	BUE	15/12/2018
130103H	3	2	APOLCO	Cw 12B C3 48	ANDEN	MAL	15/12/2018
09003H	3	2	APOLCO	Cw 11A C3 47G	ANDEN	MAL	15/12/2018
04028H	3	2	APOLCO	Cw 3E C3 48A2	ZUCRDE	BUE	15/12/2018
14004H	3	2	APOLCO	Cw 11A C3 57	ANDEN	BUE	15/12/2018
04027H	3	2	TEORINC	Cw 3E C3 48A2	ANDEN	BUE	15/12/2018
04012H	3	2	TEORINC	Cw 4D C3 48L	ZUCRDE	BUE	15/12/2018
04014H	3	2	APOLCO	Cw 4E C3 48L	ANDEN	BUE	15/12/2018
04016H	3	2	APOLCO	Ci 48C Cw 3D	ANDEN	MAL	15/12/2018
04017H	3	2	APOLCO	Cw 3 C3 48E1	ANDEN	BUE	15/12/2018
04021H	3	2	APOLCO	Ci 48F Cw 3E	ANDEN	BUE	15/12/2018
04027H	3	2	APOLCO	Ci 48F Cw 3	ANDEN	MAL	15/12/2018
13005H	3	2	TEORINC	Ci 48 Cw 10D	ANDEN	BUE	15/12/2018
04025H	3	2	APOLCO	San Sebastian B1 Bloque Frente Gr 13	ZUCRDE	BUE	15/12/2018
04015H	3	2	TEORINC	Cw 4A C3 48E	ZUCRDE	BUE	15/12/2018
13008H	3	2	APOLCO	Ci 11 C3 51A	ANDEN	BUE	5/03/2017
09011H	3	2	APOLCO	Cw F1 50A4		BUE	12/07/2017
14005H	3	2	APOLCO	Cw 9A C3 35	ANDEN	MAL	12/07/2017
14011H	3	2	TEORINC	Cw 2 C3 54	ANDEN	BUE	12/07/2017
130106H	3	2	APOLCO	Cw 8C C3 48	ANDEN	BUE	12/07/2017
13022H	3	2	TEORINC	Bloque M Planonave		BUE	1/07/2017
14011H	3	2	APOLCO	Ci 51C Cw 9B	ANDEN	BUE	12/07/2017
14020H	3	2	APOLCO	Cw 8B C3 57G	ZUCRDE	BUE	12/07/2017
09011H	3	2	APOLCO	Cw 8 C3 48	ANDEN	BUE	12/07/2017
09011H	3	2	APOLCO	Cw 8B C3 50	ANDEN	MAL	12/07/2017
130105H	3	2	APOLCO	Ci 51C Cw 54	ANDEN	BUE	5/03/2017
09010H	3	2	APOLCO	Ci 48B Cw F	ANDEN	BUE	12/07/2017
14013H	3	2	APOLCO	Cw 8B C3 57C	ANDEN	BUE	12/07/2017
14018H	3	2	APOLCO	Ci 51C 10C-69	ANDEN	BUE	12/07/2017
09018H	3	2	APOLCO	Cw 11E C3 48C	ANDEN	BUE	12/07/2017
09008H	3	2	APOLCO	Cw 9A C3 51B	ZUCRDE	MAL	12/07/2017
09010H	3	2	APOLCO	Cw 11 C3 48	ANDEN	BUE	15/12/2018
09018H	3	2	APOLCO	Cw 8B C3 48E	ANDEN	MAL	12/07/2017
14009H	3	2	APOLCO	Ci 51D1 Cw D	ZUCRDE	MAL	12/07/2017
14012H	3	2	APOLCO	Cw 8 C3 57E	ZUCRDE	MAL	12/07/2017
14015H	3	2	APOLCO	Cw 9A C3 51B	ANDEN	BUE	12/07/2017
13025H	3	2	APOLCO	Cw 14 C3 51B	ANDEN	BUE	5/03/2017
13026H	3	2	TEORINC	Ci 54 11C-58	ANDEN	BUE	5/03/2017
09011H	3	2	TEORINC	Cw 8B C3 48F	ZUCRDE	MAL	12/07/2017
09010H	3	2	TEORINC	Ci 51A Cw 10	ANDEN	BUE	13/07/2017
14024H	3	2	APOLCO	Cw 8C C3 51B	CALGALIA	MAL	12/07/2017
14011H	3	2	TEORINC	Ci 52 Cw 9A	ANDEN	MAL	12/07/2017
14018H	3	2	APOLCO	Cw 10A C3 57E1	ANDEN	BUE	12/07/2017
09010H	3	2	TEORINC	Cw 8 C3 48F	ANDEN	BUE	12/07/2017
14021H	3	2	TEORINC	Cw 8U C3 51 F	ANDEN	BUE	12/07/2017
09018H	3	2	APOLCO	Cw 8C C3 48	ANDEN	BUE	12/07/2017
04015H	4	3	INGE TAC	Cw 3C C3 50B	ZUCRDE	MAL	13/07/2017
04012H	3	2	APOLCO	Ci 50A Cw 4	ANDEN	MAL	13/07/2017
04025H	3	2	APOLCO	Ci 48C Cw 3D	ANDEN	MAL	15/12/2018
09013H	3	2	TEORINC	Ci 52 Cw 9E		BUE	13/07/2017
04023H	3	2	APOLCO	Cw 10D C3 57D	ANDEN	MAL	12/07/2017
13068H	3	2	TEORINC	Cw 12 C3 58C	ANDEN	BUE	15/12/2018
13024H	3	2	TEORINC	Cw 10C C3 57C	ANDEN	BUE	5/03/2017
04003H	4	3	TEORINC	Cw 2 C3 48E	ANDEN	MAL	15/12/2018
13034H	3	2	TEORINC	Cw 14 4F-25 Planonave		BUE	1/07/2017
14022H	3	2	APOLCO	Ci 58C Cw 10	ANDEN	MAL	12/07/2017
13043H	3	2	APOLCO	Ci 47L Cw 10D	ANDEN	BUE	15/12/2018
14018H	3	2	APOLCO	Cw 8AT C3 57C3	ANDEN	BUE	12/07/2017
13018H	3	2	APOLCO	Cw 11A C3 50	ANDEN	BUE	5/03/2017
04018H	4	3	INGE TAC	Cw 4C C3 51A	ZUCRDE	MAL	13/07/2017
14002H	3	2	APOLCO	Cw 10 C3 54	ANDEN	MAL	12/07/2017
14015H	3	2	APOLCO	Cw F1 C3 54	ANDEN	BUE	12/07/2017
14002H	3	2	APOLCO	Cw 8C C3 52	ANDEN	MAL	12/07/2017
09011H	3	2	APOLCO	Ci 48G Cw 12A	ANDEN	BUE	1/07/2017
14010H	3	2	APOLCO	Cw 13B 58B-23	ANDEN	BUE	15/12/2018
13017H	3	2	APOLCO	Cw 11 C3 48B	ANDEN	BUE	5/03/2017
09008H	3	2	APOLCO	Cw 12 48F-43		BUE	1/07/2017
13035H	3	2	APOLCO	Cw 9B C3 50A	ANDEN	BUE	12/07/2017

Fuente: Elaboración propia.

Como propuesta para implementación de un sistema de adquisición de información que optimizará los tiempos durante el catastro de hidrantes en campo, se seleccionó la aplicación Survey 123 de ESRI, con ella se logró mediante la hoja de cálculo Excel la conversión del formato para catastro de hidrantes de análogo a digital.

Figura 12. Formulario Excel para Survey 123.

	A	B	C	D	E	F	G	H
	type	name	label	hint	constraint	constraint_message	required	required_message
1								
2	text	field_0	Nombre del Inspector	Escriba su nombre completo	string-length(>=5 and string	Please input 5-50 characters	yes	Required: Nombre del
3	date	field_1	Fecha	Seleccione la fecha			yes	Required: Fecha
4	time	field_2	Hora	Seleccione la hora			yes	Required: Hora
5	text	field_3	Identificación del Hidrante	Escriba el número de identific	string-length(>=3 and string	Please input 3-8 characters	yes	Required: Identificación
6	text	field_4	Zona	Escriba el número de Zona	string-length(>=3 and string	Please input 3-8 characters	yes	Required: Zona
7	text	field_5	Direccion	Escriba la dirección del hidra	string-length(>=6 and string	Please input 6-50 characters	yes	Required: Direccion
8	text	field_6	Orden de trabajo	Escriba el número de orden c	string-length(>=3 and string	Please input 3-15 characters	yes	Required: Orden de tra
9	text	field_7	Presion	Escriba la presión del Hidrant	string-length(>=1 and string	Please input 1-10 characters	yes	Required: Presion
10	geopoint	field_8	Coordenadas de Inspeccion	Seleccione las coordenadas del punto de Inspeccion			yes	Required: Coordenada:
11	select_one list_4	field_9	Pintura	Seleccione el estado de pintura del hidrante			yes	Required: Pintura
12	select_one list_5	field_10	Tipo de Hidrante	Seleccione el tipo de Hidrante			yes	Required: Tipo de Hidr
13	select_one list_6	field_11	Diametro del tubo	Seleccione el diametro del tubo			yes	Required: Diametro de
14	select_one list_7	field_12	Numero de Polos	Seleccione el numero de Polos			yes	Required: Numero de f
15	select_one list_8	field_13	Numero de cadenas	Seleccione el numero de cadenas				
16	select_one list_9	field_14	Diametro de polos laterales	Seleccione el diametro de los polos laterales del hidrante			yes	Calculation Perform calculations using the values of preceding questions (e.g., \${number}*100). Reference the calculate field to display the result (e.g., The answer is \${calc}).
17	select_one list_10	field_15	Diametro del polo frontal	Seleccione el diametro del polo frontal del hidrante				
18	select_one list_11	field_16	Posicion	Seleccione si las bocas estan despejadas, en caso de que la respuesta sea no, que pue			yes	
19	text	field_16_No	Que se necesita para despejarlas				yes	
20	select_one list_12	field_17	Ubicación	Seleccione la ubicación del hidrante			yes	
21	text	field_17_Otro	Indique la ubicación				yes	

Fuente: Elaboración propia

Después de desarrollado el formulario, la información se actualizó mediante Survey 123 conect, para subir a la nube el formulario y dejarlo disponible para su posterior descarga en dispositivos móviles.

Figura 13. Formulario cargado a la nube a través de Survey 123 conect.

Survey123 Connect for ArcGIS

Vista previa de formulario Vista previa de esquema Configuración

My Survey

Escriba el numero de orden de trabajo

Presion

Escriba la presión del Hidrante

Coordenadas de Inspeccion \*

Seleccione las coordenadas del punto de Inspeccion

5°4'N 75°30'W ± 60 m

© Esri contributors

Pintura \*

Seleccione el estado de pintura del hidrante

Tiempo de carga en Windows  
1.7 segundos

Validar la entrada

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se procedió a descargar la aplicación Survey 123 en un dispositivo móvil, se ingresaron las credenciales de acceso, se ubicó y descargo al dispositivo el formulario desarrollado para iniciar proceso de diligenciamiento en campo, estos son algunos ejemplos del formulario desplegado en dispositivo móvil:

Figura 14. Formulario Survey 123

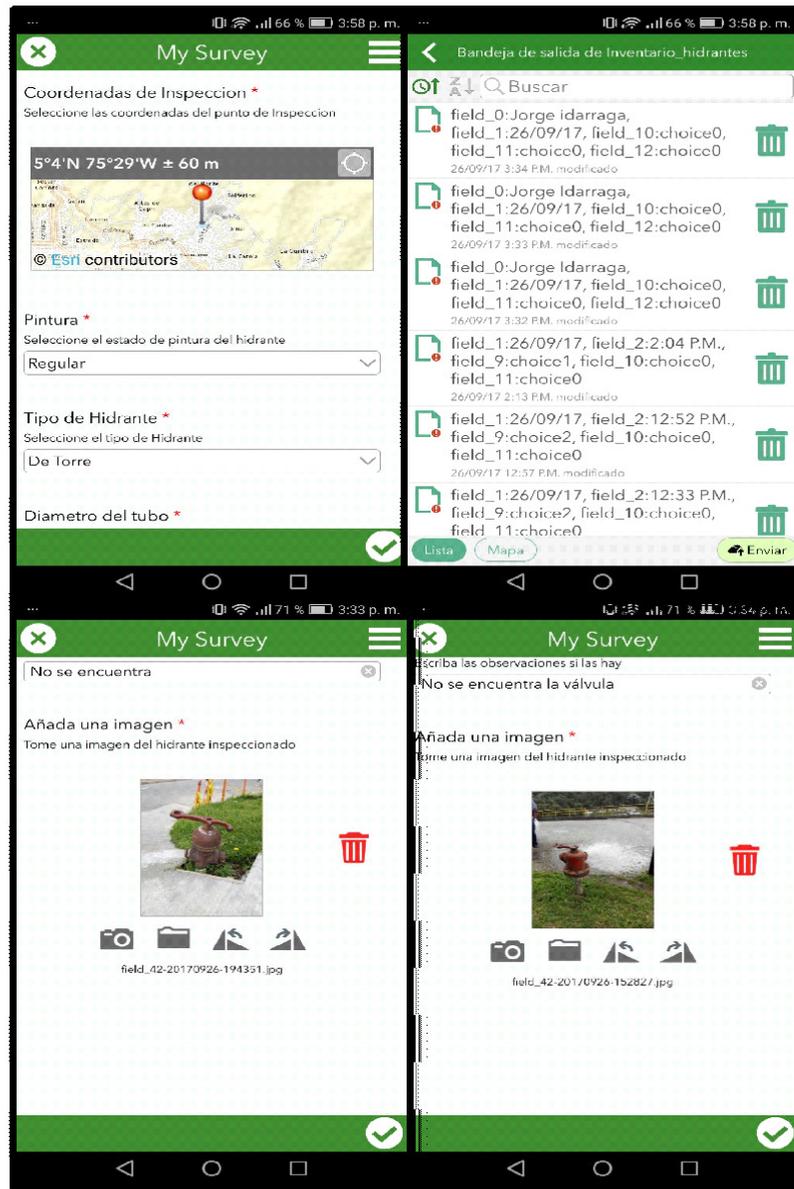
The figure displays four screenshots of a mobile survey application interface, arranged in a 2x2 grid. Each screenshot shows a different screen of the 'My Survey' form, with a green header bar and a green bar at the bottom containing a white checkmark icon. The top status bar of each screen shows a 6% battery level and the time 3:23 p.m. or 3:24 p.m.

- Top-Left Screenshot:** Fields for 'Nombre del Inspector' (text input), 'Fecha' (dropdown menu showing 'sábado, 23 de septiembre de 2017'), 'Hora' (dropdown menu showing '3:22 P.M.'), 'Identificación del Hidrante' (text input), and 'Zona' (text input).
- Top-Right Screenshot:** 'Coordenadas de Inspección' (map view showing '5°4'N 75°30'W ± 60 m'), 'Pintura' (dropdown menu showing 'Bueno'), 'Tipo de Hidrante' (dropdown menu showing 'De Torre'), and 'Diametro del tubo' (text input).
- Bottom-Left Screenshot:** 'Ubicación Valvula' (radio button options: 'Via', 'Anden', 'Zona verde', 'Otro'), 'Observaciones' (text input), and 'Añada una imagen' (camera and gallery icons).
- Bottom-Right Screenshot:** 'Ubicación' (radio button options: 'Via', 'Anden', 'Zona verde', 'Otro'), 'Estado del espigo' (radio button options: 'Bueno', 'Malo'), 'Estado del polo 1' (radio button options: 'Bueno', 'Malo'), and 'Estado del polo 2' (radio button options: 'Bueno', 'Malo').

Fuente: Elaboración propia.

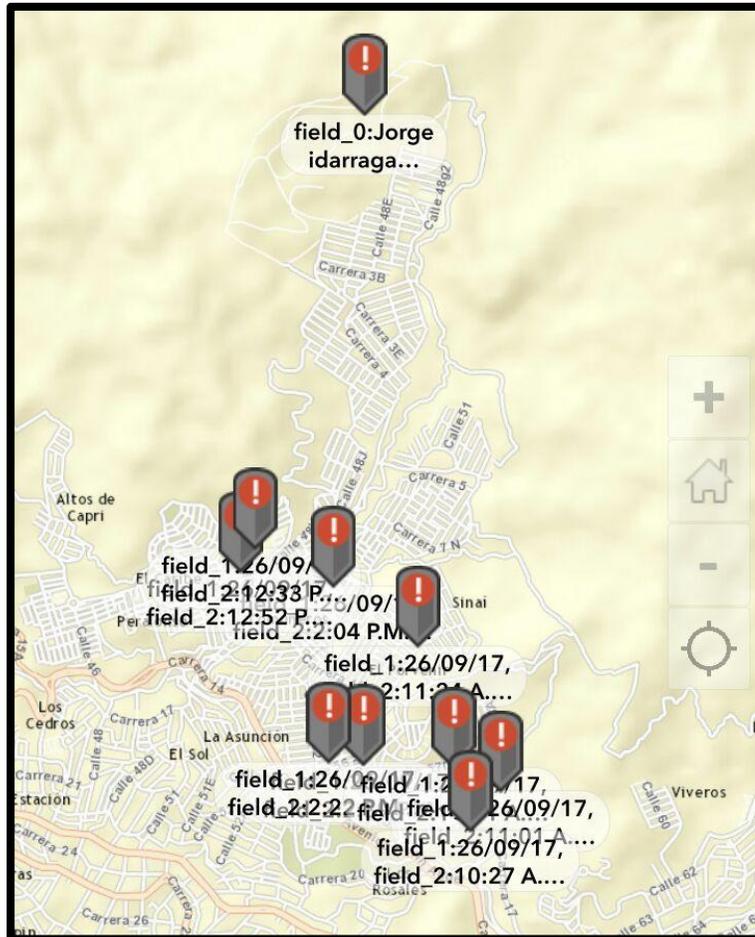
Se procedió a realizar el catastro de hidrantes de forma digital, en un sector representativo dentro del área de estudio.

Figura 15. Formulario Survey 123 Diligenciado en campo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Ubicación espacial del catastro realizado con Survey 123.



Fuente: Elaboración Propia.

Como resultado de la aplicación de esta metodología, fue evidente que los tiempos de ejecución disminuyeron de forma considerable, si bien la aplicación requiere de una licencia adicional para su uso y funcionamiento, también es cierto que en el mismo tiempo que toma realizar un recorrido de catastro, se puede obtener como producto una base de datos actualizada simultáneamente al

catastro, además se pueden obtener shapex con todos los atributos del catastro y adicionalmente con imágenes de cada hidrante censado.

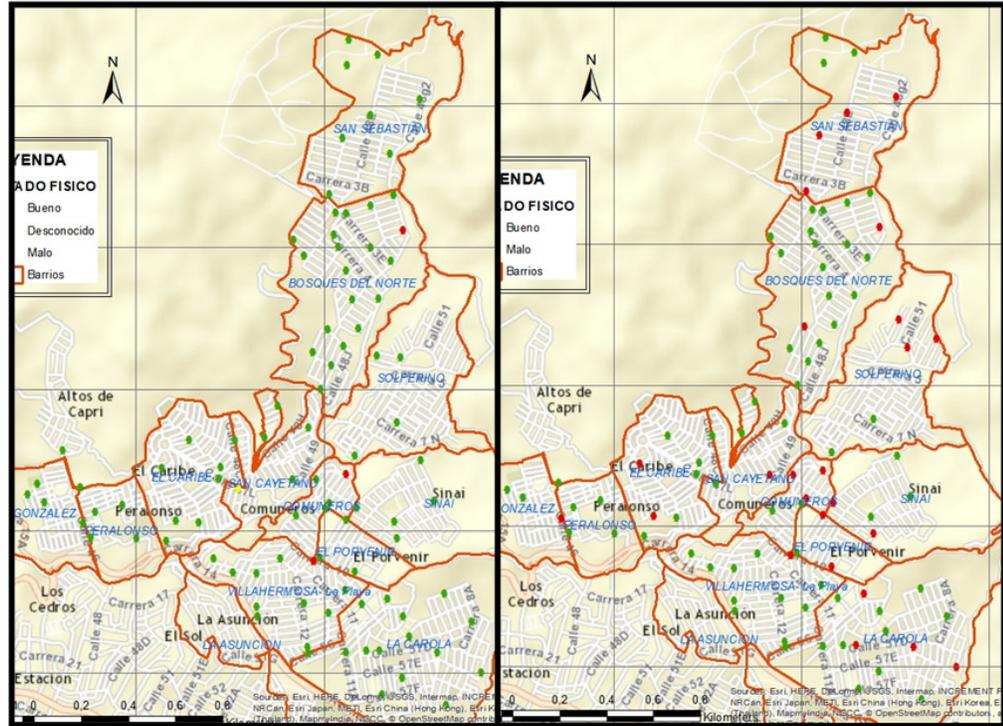
Tabla 1. Ejemplo de metodologías de Catastro.

CATASTRO NORMAL:	CATASTRO SURVEY 123
1 Fase: Recorridos en campo diligenciando formularios análogos.	1 Fase: Recorridos en campo diligenciando formulario digital.
2 Fase: Recolección de formularios de catastros para entrega al sig.	2 Fase: Creación de mapas en Arcgis Online, exportación shapex.
3 Fase: Actualización de la base de datos.	3 Fase: Analisis de Estado de Hidrantes.
4 Fase: Consulta de la base de datos.	
5 Fase: Analisis Estado de Hidrantes	

Fuente: Elaboración propia.

### 6.1.3. Resultados Fase 3 Análisis Información Obtenida.

Figura 17. Comparación de hidrantes catastro antiguo y catastro actualizado.



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 6. Comparación Inventario Inicial y Final de Hidrantes.

Inventario Inicial de Hidrantes		
Cantidad	Estado Físico	Porcentaje
90	Bueno	95,75%
3	Malo	3,19%
1	Desconocido	1,06%
Inventario Final de Hidrantes		
Cantidad	Estado Físico	Porcentaje
67	Bueno	72,83%
25	Malo	27,17%

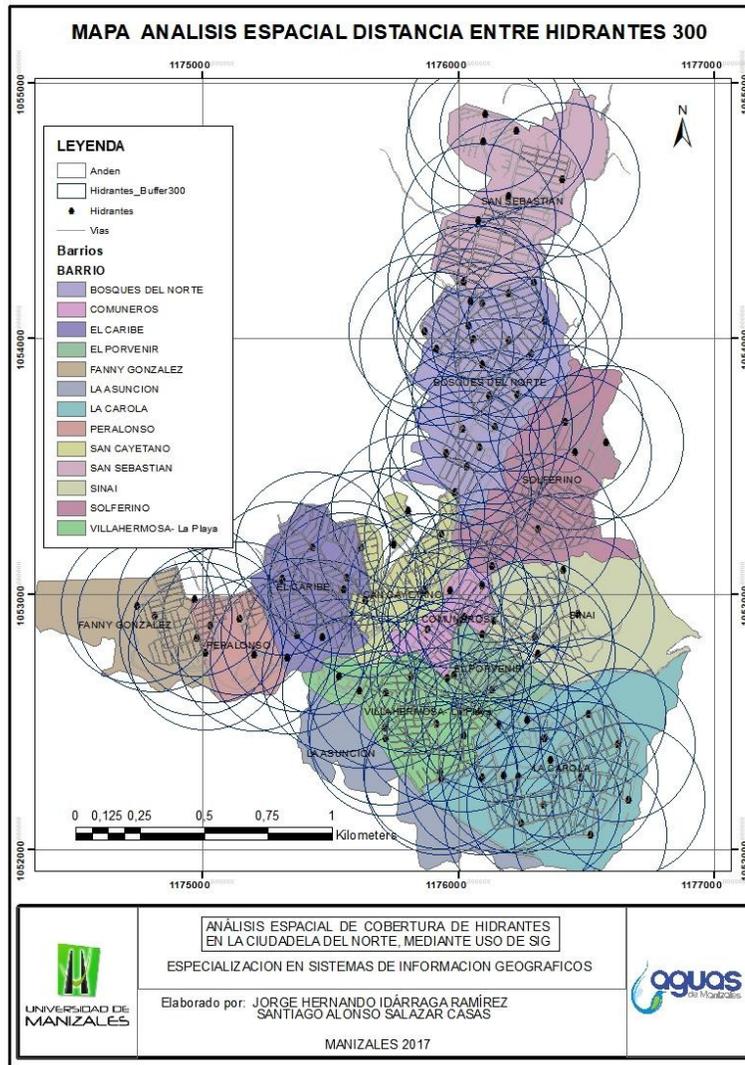
Fuente: elaboración propia.

Haciendo el comparativo posterior a la realización del catastro de hidrantes, se evidenció un incremento muy importante de los hidrantes catalogados como malos, pues pasaron de tres (3) a veinticinco (25), cifra que representa aproximadamente, una cuarta parte del universo de hidrantes en la zona de estudio, es decir, al menos 1 de cada 4 hidrantes se encuentra dañado.

Lo anterior genera mayor importancia al catastro realizado y más aún, a la actualización del SIG con la información recopilada, pues permite confirmar una problemática definida al inicio del presente trabajo “poseer una cantidad indeterminada de hidrantes que no funcionan de manera adecuada” y abre la oportunidad de mejora sobre la infraestructura de acueducto, que amerita tomar medidas para controlar y revertir la situación.

Basados en la legislación vigente (la resolución N° 330 de junio de 2017) se realizó el análisis espacial para la red de hidrantes, teniendo en cuenta la distancia máxima entre hidrantes de 300 metros.

Figura 18. Análisis de la distancia entre hidrantes. (Buffer 300m).

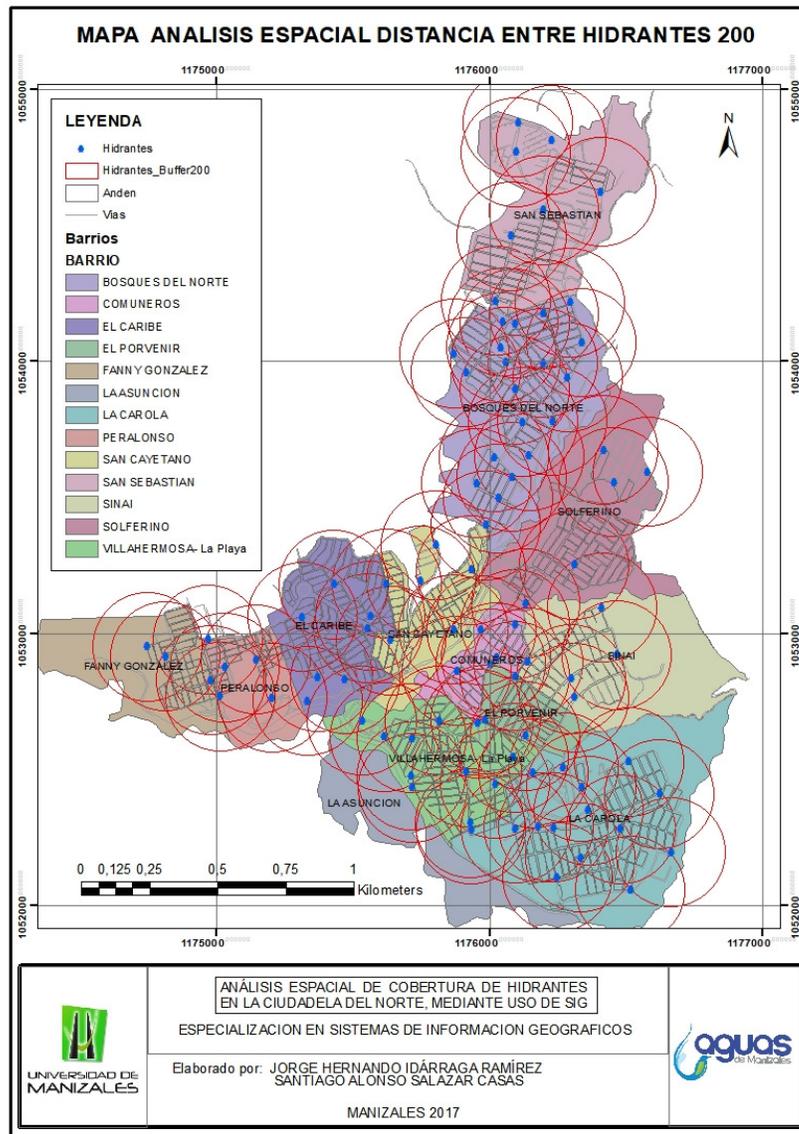


Fuente: Elaboración propia.

Este mapa ilustra la adecuada ubicación de los hidrantes en la zona de estudio, ya que no se evidencia sitio donde no se cumpla con lo exigido en la legislación, se observa que existe una cobertura muy sobresaliente de hidrantes en la zona. Inclusive, si la legislación exigiera distancias iguales a 200m entre hidrantes (título B del RAS 2000; numeral B.7.6.9.3. Número de hidrantes y distancia entre

hidrantes; para estratos 3, 4, 5 y 6 y nivel de complejidad medio alto y alto), aun se cumpliría con la infraestructura de hidrantes instalada en la zona de estudio.

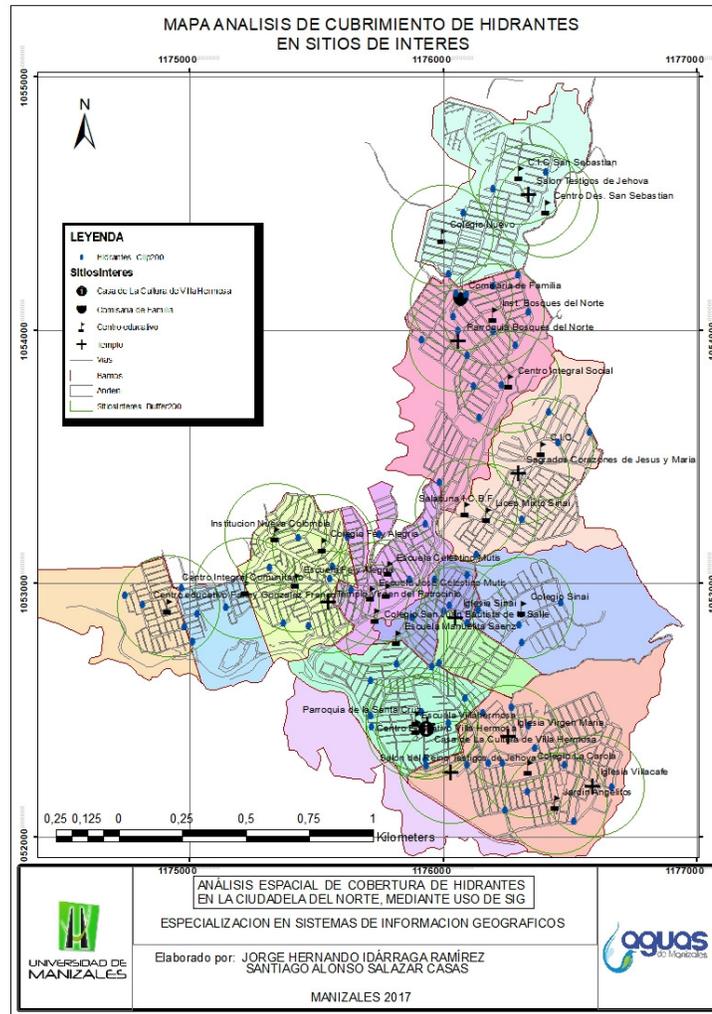
Figura 19. Análisis de la distancia entre hidrantes. (Buffer 200m).



Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente, se realizó el análisis espacial de cobertura a instituciones educativas, templos y sitios de aglomeración de personas en general, creando buffers de 200 metros a cada uno de estos sitios, y posteriormente se buscaron los hidrantes contenidos dentro de estas zonas con el fin de definir la cobertura.

Figura 20. Análisis de cubrimiento de la red de hidrantes a sitios de interés (Buffer 200m).



Fuente: Elaboración Propia.

El anterior mapa ilustra que en el peor de los casos (iglesia Sinaí y centro de desarrollo San Sebastián) existe al menos un hidrante a una distancia no superior de 200 metros a los sitios de aglomeración de personas, tales como; instituciones educativas, centro religiosos, entre otros.

Finalmente mediante la herramienta de análisis de proximidad Near, se calculó la distancia en metros, entre cada sitio de interés y el hidrante más cercano, este análisis confirmó el cumplimiento en cuanto al cubrimiento para los sitios de interés, pues todas las distancias obtenidas en la consulta están por debajo de los 200 metros; siendo el valor mínimo 25,66 metros entre la comisaria de familia y su hidrante más cercano y el valor máximo de 181,11 metros entre el templo sagrados corazones de Jesús y María y su hidrante más cercano.

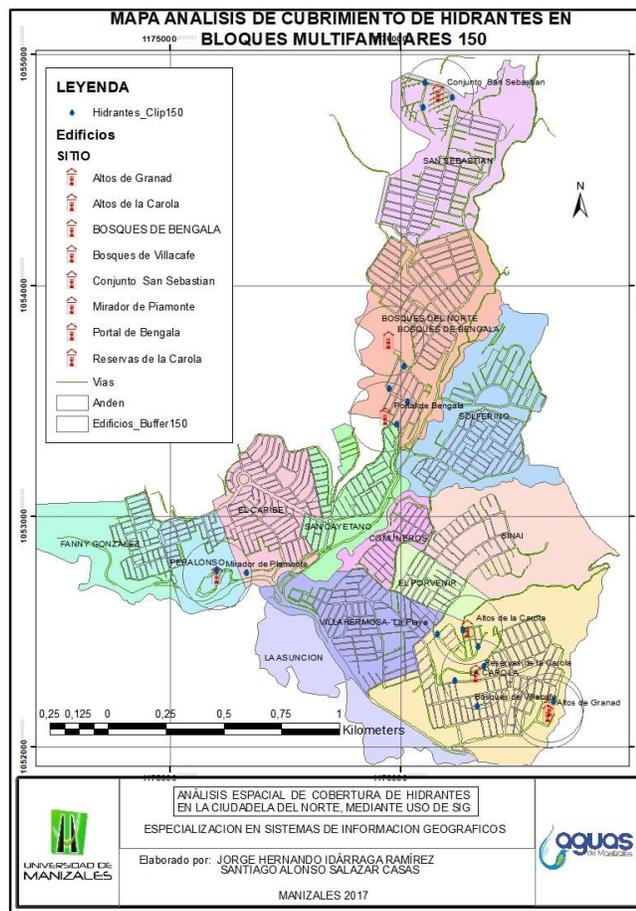
Cuadro 7. Centros educativos y distancia a hidrante más cercano.

SITIO	NEAR DIST
Escuela Manuelita Saenz	99,37
Escuela Villahermosa	60,41
Colegio San Juan Bautista de la Salle	142,32
Colegio La Carola	79,35
Centro Integral Social	37,42
Sagrados Corazones de Jesus y Maria	181,11
Centro educativo Fanny Gonzalez Franco	87,53
Parroquia de la Santa Cruz	53,30
Templo Virgen del Patrocinio	93,43
Centro Educativo Villa Hermosa	32,41
Colegio Fe y Alegria	92,98
Parroquia Bosques del Norte	41,67
Salacuna I.C.B.F.	150,47
Salon del Reino Testigos de Jehova	68,69
Casa de La Cultura de Villa Hermosa	69,12
Centro Integral Comunitario	108,76
Escuela Fe y Alegria	120,26
Colegio Sinai	68,97
C.I.C San Sebastian	104,76
Escuela Jose Celestino Mutis	81,21
Escuela Celestino Mutis	91,91
Iglesia Villacafe	71,76
Jardin Angelitos	100,61
Inst. Bosques del Norte	67,55
Iglesia Virgen Maria	86,57
Centro Des. San Sebastian	136,37
Colegio Nuevo	120,97
Colegio San Bautista Juan de La Salle	96,87
Liceo Mixto Sinai	136,87
Iglesia Sinai	47,82
C.I.C	67,57
Institucion Nueva Colombia	90,65
Comisaria de Familia	25,66
Salon Testigos de Jehova	109,52

Fuente: elaboración propia.

Del mismo modo que la consulta anterior, se realizó un análisis espacial de cobertura a bloques multifamiliares, creando buffers de 150 metros a cada uno de estos edificios, y posteriormente se buscaron los hidrantes contenidos dentro de estas zonas con el fin de definir la cobertura.

Figura 21. Análisis de cubrimiento de la red de hidrantes a bloques multifamiliares (Buffer 150m).



Fuente: Elaboración Propia.

En este mapa se observa que la infraestructura instalada de hidrantes es adecuada para garantizar la existencia de mínimo un hidrante a una distancia no mayor a 150 metros de bloques multifamiliares.

Se realizó la consulta Near para ubicar el hidrante más cercano a cada bloque multifamiliar y se mostró la distancia en metros: el valor mínimo de 19,98 metros entre Mirador de Piamonte y el hidrante más cercano, el valor máximo de 130,59 metros entre Bosques de Bengala y el hidrante más cercano; este valor se encuentra por debajo de los 150 metros establecidos por la legislación vigente, por lo que nuevamente se confirma su cumplimiento y garantiza la cobertura.

Cuadro 8. Bloques multifamiliares y distancia a hidrante más cercano.

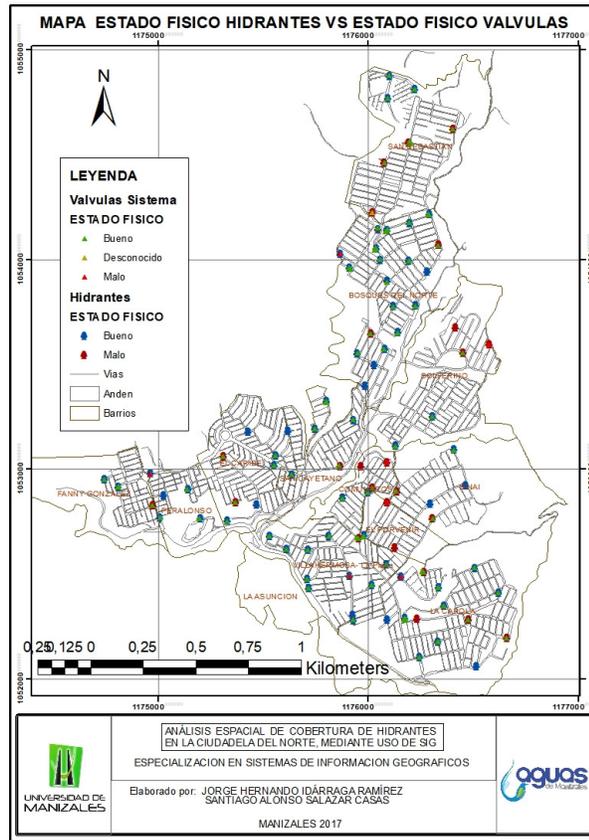
SITIO	NEAR_DIST
Reservas de la Carola	49,59
Mirador de Piamonte	18,98
Bosques de Bengala	130,59
Altos de la Carola	20,52
Portal de Bengala	62,38
Altos de Granada	57,34
Bosques de Villacafé	32,86
Conjunto San Sebastian	64,36

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.1.4. Resultados fase 4. Programa de Mantenimiento para red de hidrantes.

Todo los análisis realizados de distancia entre hidrantes y cobertura hacia sitios de interés, indican que la ciudadela del norte cuenta con infraestructura instalada de hidrantes suficiente para cumplir con la legislación actual, sin embargo, no se puede dejar de mencionar como se identificó durante la realización de este trabajo; que un porcentaje elevado de esa infraestructura no se encuentra en perfecto estado de funcionamiento, esta situación genera falencias sobre la cobertura real, por lo cual fue necesario hacer un análisis del estado físico de los hidrantes.

Figura 22. Análisis de Hidrantes y Válvulas.



Fuente: elaboración propia.

Con el fin de garantizar el funcionamiento óptimo de los hidrantes en la red, este análisis evidenció las válvulas que requieren reparación identificando los diferentes tipos de daños que a continuación se detallan.

Cuadro 9. Inventario de válvulas en Hidrantes Buenos.

Inventario de válvulas en hidrantes buenos				
Hidrantes Buenos	Sin Válvula	Válvula Buena	Válvula Mala	Válvula no identificada
67	10	45	3	9

Fuente: elaboración propia.

La información anterior demuestra que al menos 22 hidrantes catalogados como buenos requieren cambiar o instalar válvula, es decir, en cerca del 33% del total de hidrantes buenos existe la oportunidad de mejora al cambiar o instalar válvula. Este tipo de intervención en la infraestructura (instalar o cambiar válvula de hidrante) puede catalogarse como intervención fácil (daño leve), pues es posible realizarla durante una jornada de trabajo en condiciones óptimas.

Cuadro 10. Inventario de válvulas en Hidrantes Malos.

<b>Inventario de válvulas en hidrantes malos</b>				
<b>Hidrantes Malos</b>	Sin Válvula	Válvula Buena	Válvula Mala	Válvula no identificada
<b>25</b>	8	11	1	5

Fuente: elaboración propia.

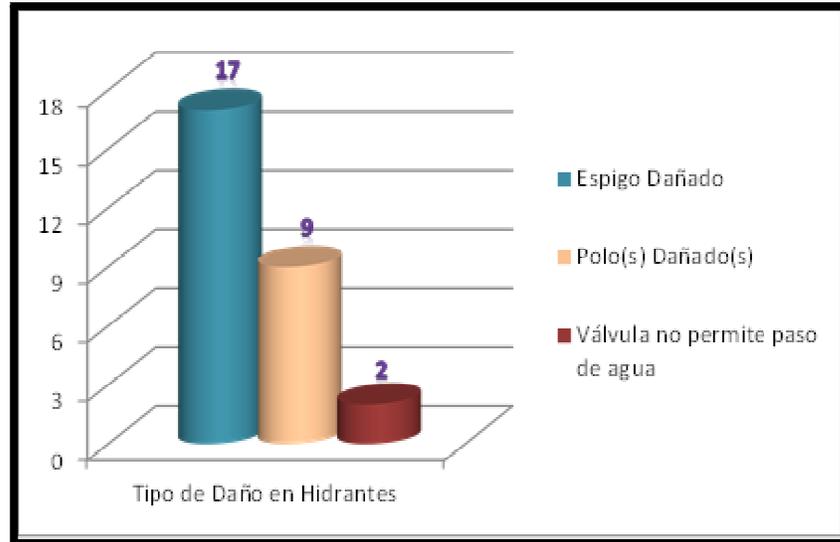
La anterior información indica que en 14 hidrantes catalogados como malos, además de reparar o cambiar el hidrante, también es necesario cambiar o instalar válvula, es decir, en cerca del 56% del total de hidrantes malos se deben intervenir ambos accesorios de la infraestructura.

Cuadro 11. Tipo de daño en Hidrantes.

<b>Tipo de daño en hidrantes</b>				
<b>Hidrantes Malos</b>	Espigo Dañado	Polo(s) Dañado(s)	Válvula no permite paso de agua	Espigo y Polo(s) Dañados
<b>25</b>	17	9	2	3

Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Tipo de daño en Hidrantes.



Fuente: elaboración propia.

Los tres tipos de daños identificados en el cuadro anterior; Espigo, Polo(s) y Válvula, muestran que principalmente el espigo de los hidrantes es la parte manipulable que más falla, esto seguramente se debe a que al manipular los hidrantes no utilizan una herramienta adecuada, es decir, una llave para hidrante (Figura 24), por lo cual, este tipo de daño en el futuro podrá evitarse o minimizarse realizando un programa de socialización con funcionarios del cuerpo de bomberos municipal y funcionarios de Aguas de Manizales S.A. E.S.P.; con el fin de incentivar el uso adecuado de este tipo de llaves.

Figura 24. Tipo de llave para hidrante.



Fuente: Catálogo Apolo 2016.

La reparación o cambio de espigos es factible, sin embargo, cada caso es particular y debe evaluarse junto con el estado en general del hidrante, pues si la marca no es comercial, o se presentan daños en pintura, polos, u otras partes del hidrante es preferible realizar cambio completo del hidrante.

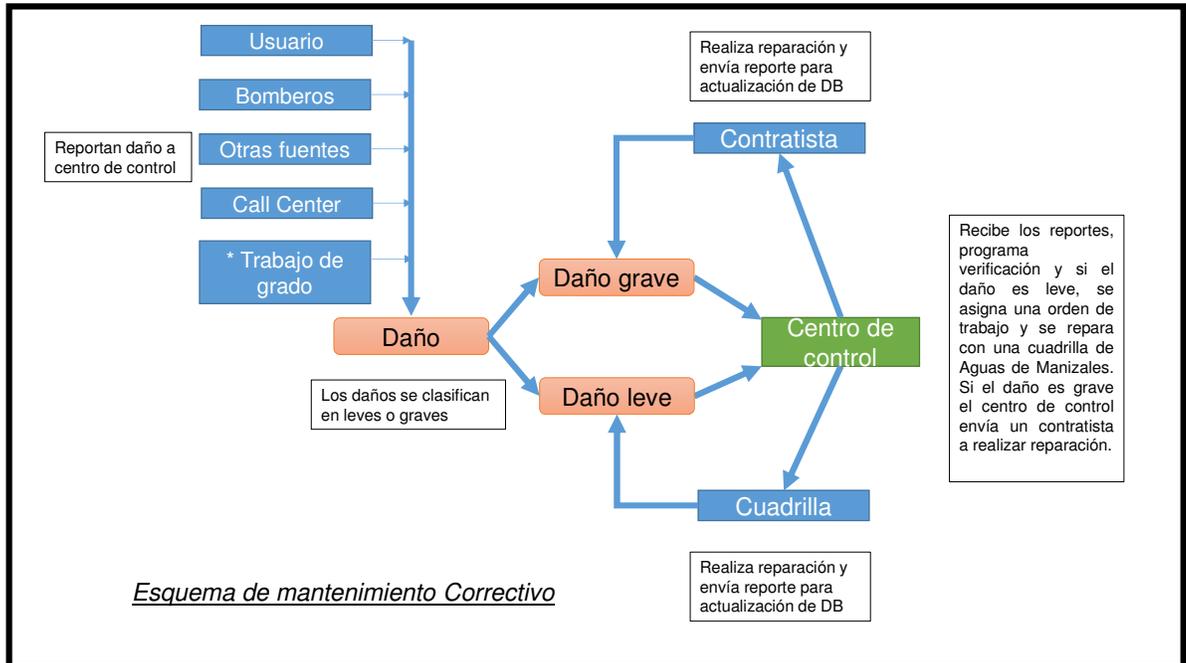
El tipo de intervención para cambiar espigo puede catalogarse como intervención fácil (daño leve), pues es posible realizarla durante una jornada de trabajo en condiciones óptimas, mientras que el cambio total del hidrante se cataloga como intervención difícil (daño grave), pues son necesarias varias jornadas para completar la actividad.

La afectación en polos, sea por pérdida (robo), o daño en rosca(s) o falta de cadena(s) se considera comúnmente como daño grave, pues generalmente es necesario cambiar totalmente el hidrante.

Los daños en las válvulas ya han sido catalogados en este documento como intervención fácil (daño leve).

Teniendo en cuenta esta clasificación de los daños y definiendo el tipo de intervención se definió el esquema para el mantenimiento correctivo como se muestra en la figura 25.

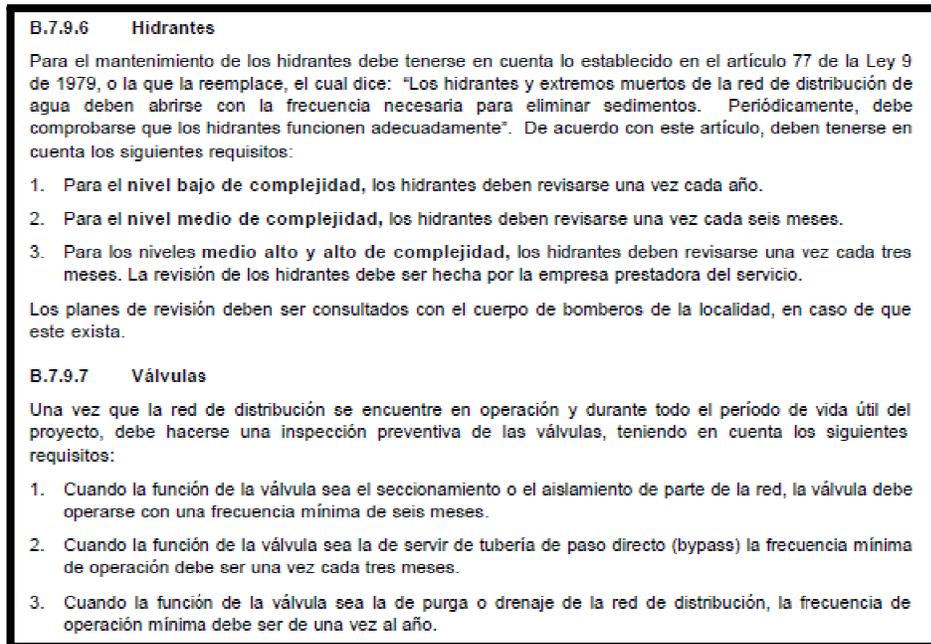
Figura 25. Esquema de mantenimiento correctivo.



Fuente: Elaboración propia.

Además se pone en práctica lo estipulado en el título B del RAS 2000 en cuanto a mantenimiento de hidrantes, explícitamente en el numeral B.7.9.6., que estipula lo siguiente:

Figura 26. Periodos de inspección de hidrantes y válvulas.



República de Colombia, Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS – 2000, Indicadores claves. [en línea]. Bogotá: p. B174. Fecha de consulta: 24/04/2017. Disponible en: <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/1096%20-%202000.pdf#search=resolucion%201096%20de%202000>

Esta metodología nos llevaría un paso hacia adelante, ya que se estaría realizando mantenimiento preventivo con miras a disminuir los daños en la red de hidrantes con su consecutivo ahorro en tiempo y dinero, pero como principal beneficio, garantizar el óptimo funcionamiento y la correcta disponibilidad de la red de hidrantes ante cualquier emergencia.

## 7. CONCLUSIONES

-  El análisis espacial de la red de hidrantes existentes en la comuna “Ciudadela del Norte”, demostró que el estado de cobertura en cuanto a la disponibilidad cumple lo establecido por la legislación vigente, sin embargo, al analizar los tipos de daños de hidrantes se generan diferentes oportunidades de mejora, tanto en hidrantes y válvulas de hidrantes, con el fin de optimizar el funcionamiento de la infraestructura existente.
-  Para el análisis de cubrimiento de los hidrantes, no puede dejarse de lado el estado de las válvulas de los hidrantes, incluso si el hidrante aparece reportado como bueno, pues la válvula puede afectar de manera directa el funcionamiento del hidrante.
-  No fue necesario identificar puntos posibles de ubicación para nuevos hidrantes, ya que en cuanto a cobertura, la red se encuentra acorde con las necesidades del área de estudio.
-  La implementación de una herramienta (en este caso Survey 123) que administre la información catastrada en campo y almacene directamente a una base de datos online, disminuye ampliamente los tiempos de respuesta a la atención de fallas detectadas en los hidrantes.
-  Los análisis realizados en el presente trabajo, no habrían sido posibles si el uso de la herramienta SIG y constituye un insumo primordial para dar continuidad y expandir los análisis a la totalidad de las comunas que se benefician de la red de hidrantes.

## 8. RECOMENDACIONES

-  Se identificó un alto porcentaje de hidrantes en mal estado (27%), situación que representa una oportunidad de mejora para el proceso que supervisa la infraestructura del sistema de acueducto de la ciudad, de tal forma que es necesario que se planeen, estructuren y pongan en funcionamiento planes de intervención para arreglo o cambio de hidrantes en la zona de estudio, con el fin de cumplir la legislación en cuanto al mantenimiento de los mismos.
-  Al actualizar el catastro de hidrantes en una zona limitada de la ciudad, es decir, la ciudadela del norte, se identificó como problemática la desactualización de la información almacenada en el SIG de la empresa, situación que seguramente también sucede en otras zonas de la ciudad, por tal motivo se sugiere continuar este tipo de catastros en toda la ciudad con el fin de conocer la información real, y adicionalmente, programar con frecuencia periódica estas actividades de catastro para garantizar información veraz, completa y actual en la base de datos.
-  Implementar el catastro de hidrantes a través de la aplicación Survey 123, pues se comprobó que permite disminuir de manera significativa el tiempo de ejecución total; entre las visitas en campo, la tabulación de la información, el análisis de la misma y la actualización de la base de datos, así como, permite complementar el diagnóstico con fotografías e inclusive confirmación de coordenadas, entre otras ventajas.
-  Para una empresa de servicios públicos como Aguas de Manizales S.A. es muy importante dar un uso adecuado a las herramientas informáticas tales como las que ofrece su SIG, permitiendo planear actividades y proyectos con el fin de minimizar o solucionar problemáticas, planificar las inversiones y cronogramas para lograr una administración más eficiente y brindar un mejor servicio a sus usuarios. Este proyecto de grado busco indagar sobre una problemática sospechada con la infraestructura de hidrantes, permitiendo definirla y proyectar sus posibles soluciones, para servir como insumo para la planificación y asignación de recursos.

## BIBLIOGRAFÍA

-  Jaime A. Moncada. Hidrantes y redes contra incendios. Website: Nfpajla.or.  
URL: <http://www.nfpajla.org/columnas/punto-de-vista/424-hidrantes-y-redes-contra-incendios>
-  El hidrante. Sistemas de lucha contra el fuego. Website title: Expower.es  
URL: <http://www.expower.es/hidrante-incendios.htm>
-  AVA APOLO. Catalogo Hidrantes apolo. Website title: Ava-apollo.com  
URL: <http://www.ava-apollo.com/hidrantes>
-  Botta, Néstor Adolfo Diseño de sistemas de protección por hidrantes. - 2a ed. - Rosario: Red Proteger, 2011. E-Book
-  Botta, Néstor Adolfo Sistema de protección por hidrantes. - 3a ed. - Rosario: Red Proteger, 2011. E-Book.
-  ESRI - Environmental Systems Research Institute. empresa desarrolladora de software y servicios que provee aplicaciones y sistemas de información geográfica. [www.esri.com](http://www.esri.com). Esri Colombia, 2017.
-  Anaya E. Sergio. Modelo de gestión y optimización operacional de los daños en redes de distribución de agua. 2015, 163 p. trabajo de grado (Magister en Tecnologías de la Información Geográfica). Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Maestría en tecnologías de la información.
-  ArcGIS. “¿Qué es ArcGIS Online?” [www.arcgis.com](http://www.arcgis.com), 2017. 10 – 02 – 2017  
<http://doc.arcgis.com/es/arcgis-online/reference/what-is-ago1.htm>
-  Rosaler C. Robert y Rice James. Manual de mantenimiento industrial. Tomo III. Editorial McGraw-Hill.

-  rtinoco76, M. (2017). Definición y Algunas Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica - Monografias.com. [online] Monografias.com. Available at:  
<http://www.monografias.com/trabajos14/informageogra/informageogra.shtml>
-  Trapote, A., (2014), Infraestructuras Hidráulico-Sanitarias I. Abastecimiento y distribución de agua (2ª Ed.), provincia de alicante, España: universidad de alicante.