

**INVESTIGACIÓN DE ALCANTARILLADO PARA EL PLAN MAESTRO DE
ARMENIA QUINDIO.**

**HERMAN AGUSTO CALDERÓN GAÑAN.
JORGE ELIECER CANDELO PEREA.
DARIO FERNANDO LONDOÑO PINILLA.
JULIAN OSORIO VALENCIA.
EIDA MARIA REYES RAMIREZ.
PABLO ALBERTO VALENCIA MOLINA.
MARCO ANTONIO VIGOYA BOTERO.**

**UNIVERSIDAD DEL QUINDIO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
PROGRAMA DE TOPOGRAFIA.
ARMENIA QUINDIO.**

2005.

**INVESTIGACIÓN DE ALCANTARILLADO PARA EL PLAN MAESTRO DE
ARMENIA QUINDIO.**

**HERMAN AGUSTO CALDERÓN GAÑAN.
JORGE ELIECER CANDELO PEREA.
DARIO FERNANDO LONDOÑO PINILLA.
JULIAN OSORIO VALENCIA.
EIDA MARIA REYES RAMIREZ.
PABLO ALBERTO VALENCIA MOLINA.
MARCO ANTONIO VIGOYA BOTERO.**

**INFORME FINAL DE PASANTÍA QUE TIENE COMO PROPÓSITO OPTAR AL
TITULO DE TECNÓLOGO EN TOPOGRAFÍA**

**DIRECTOR:
WILLIAM RIOS ALBARRAZIN
SUBGERENTE DE ALCANTARILLADO**

**UNIVERSIDAD DEL QUINDIO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
PROGRAMA DE TOPOGRAFIA.
ARMENIA QUINDIO.**

2005.

Nota de Aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Armenia Quindío, 21 de septiembre de 2005.

DEDICATORIA

Este no es un logro individual sino un triunfo colectivo, al reunir el esfuerzo de toda una familia, grupo de amigos y personas consagradas a la docencia, que aportaron un granito de arena para que este sueño se hiciera realidad.

Logro dedicado especialmente a nuestros padres que se preocuparon y esmeraron a diario de manera incondicional.

AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos a Dios que nos ha guiado por el camino del conocimiento, a los profesores Iván Rene Galindo y Gonzalo Jiménez por su valiosa colaboración en la realización de este proyecto. A nuestros Padres, gracias por cada uno de sus sabios consejos pidiendo además disculpas si los obviamos en algún momento.

CONTENIDO

| | Pág. |
|--------------------------------------|------|
| INTRODUCCIÓN..... | 10 |
| 1. TEMA..... | 11 |
| 2. PROBLEMA..... | 13 |
| 3. JUSTIFICACIÓN..... | 14 |
| 4. OBJETIVOS..... | 16 |
| 4.1. Objetivo General..... | 16 |
| 4.2. Objetivos Específicos..... | 16 |
| 5. EMPRESAS PUBLICAS DE ARMENIA..... | 17 |
| 5.1. Ambientación y Reseña..... | 17 |
| 5.2. Marco Referencial..... | 17 |
| 5.3. Marco Legal..... | 18 |
| 5.4. Marco Teórico..... | 22 |

| | |
|--|----|
| 5.5. Especificaciones Técnicas..... | 26 |
| 6. METODOLOGÍA..... | 27 |
| 7. INVESTIGACIÓN DE ALCANTARILLADO..... | 28 |
| 7.1 Recolección de Información..... | 28 |
| 7.2 Formularios..... | 28 |
| 7.3 Revisión de Formularios..... | 29 |
| 7.4 Criterios para el Levantamiento..... | 29 |
| 7.5 Criterios de Investigación..... | 29 |
| 8. CONSOLIDADO..... | 33 |
| 9. ANALISIS DE LA INFORMACIÓN..... | 37 |
| 10. CONCLUSIONES..... | 41 |
| 11. RECOMENDACIONES | 45 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 46 |

GLOSARIO

Colector (tubería): Conducto cerrado de sección circular, rectangular o cuadrado. Generalmente va enterrado.

Alcantarillado Separado: Aquel que desagua solo un sistema ya sea aguas residuales o aguas lluvias de manera independiente.

Aliviadero: Estructura de separación para convertir el alcantarillado combinado en sistemas separados.

Cámara de Caída: Bajante que se construye en un colector alto antes de llegar al pozo o estructura de conexión, para entregar las aguas al fondo de los mismos.

Canal: Cauce artificial revestido o no, diseñado y construido para conducir las aguas lluvias.

Canalizar: Regularizar el cauce de un arroyo, corriente o un río, mediante un canal.

Entubar: Regularizar el cauce de un arroyo, corriente o río, mediante la construcción de conductos cerrados.

Domiciliarias: Conducto que recibe aguas residuales o aguas lluvias de las edificaciones y las conduce al alcantarillado publico.

Cota Batea: Elevación del punto mas bajo interno de la sección transversal de un colector (tubería).

Cota Rasante o superficie: Es la elevación del punto exterior de la tapa de la estructura o cámara.

Cota Fondo: Elevación del punto en el lecho de la zanja.

Cota Clave: Elevación del punto mas alto interno de la sección transversal de la tubería.

Cámaras de Inspección: Se construye para unir varios tramos de tubería, permitiendo los cambios de dirección, pendientes, ventilación y finalmente para introducir los equipos de limpieza.

Sumideros: Se construyen para recibir las aguas lluvias de las calzadas y vías y conducir las a las cámaras de aguas lluvias.

Tramo: Conducto comprendido entre 2 cámaras de inspección.

INTRODUCCIÓN.

El plan maestro de alcantarillado es fundamental para una empresa de servicios públicos ya que es un elemento de gran importancia para el mantenimiento preventivo y correctivo y la contratación de obras.

En 1992 la ciudad de Armenia realizó un plan maestro donde se hizo un Catastro de Redes y unas modelaciones; debido al terremoto del 25 de enero 1999 surge la necesidad para las Empresas Publicas de Armenia (EPA) de adelantar nuevamente un catastro e inventario de las Redes debido al crecimiento desmesurado que obtuvo la ciudad, esto se está realizando para determinar las edades , diámetros y estados reales de las tuberías, además de números de cámaras y túneles de alcantarillado (*box-couvert*), con el fin de mejorar el servicio; además con la resolución 006671 del 24 de diciembre del 2003, se reglamenta que la empresa debe contar con toda la información de la longitud del alcantarillado en Km., tipo de recolección de aguas residuales, número de emisarios finales, etc. esto se hace para determinar el cobro de las tarifas, utilizando el plan maestro como herramienta se dará una información mas veraz.

Este proyecto se está realizando con el fin de servir a la comunidad teniendo un mejoramiento de la Red de alcantarillado, colocando a la ciudad de Armenia a la vanguardia de las principales ciudades del país en cuanto a manejo de aguas lluvias y aguas residuales.

1. TEMA.

Las Empresas Públicas de Armenia (EPA) como empresa de servicios públicos ha tomado conciencia que la Red de alcantarillado tiene en funcionamiento entre 40 y 50 años, con diseños que no tuvieron en cuenta el presente incremento poblacional.

Luego del sismo del año 1999, lo cual generó como resultado la necesidad de realizar un nuevo Plan Maestro que se lleve acabo en su totalidad y que ha adoptado procedimientos y metodologías empleadas en el anterior Plan Maestro del año 1992 que dio el siguiente diagnostico: “Por las condiciones topográficas y geofísicas de Armenia, el drenaje es fácil, pero esta situación llevo a que todas las tuberías fueran descargando sin discriminación a las 52 quebradas existentes, ocasionando como consecuencia el deterioro ambiental de ellas y de su entorno y por ende de la ciudad“ ¹.

Dicho proyecto le permite a la EPA evaluar el estado de la Red de Alcantarillado, gracias a los datos de primera mano entregados por los pasantes de topografía (entrega de formularios diligenciados y coordenadas guardadas en la cartera electrónica de la Estación Total), que permite a la empresa ser mas eficaz en las labores de mantenimiento y reparación de la Red, mientras en simultanea dichos datos en la oficina se convierten en información que tomará la empresa para procesos de digitalización y demás.

Este estudio detallado arroja un diagnostico inmediato y sectorizado que dadas la edades, eventos sísmicos e incremento poblacional, no es muy favorable pero que

¹ EMPRESAS PÚBLICAS DE ARMENIA. Plan maestro de acueducto y alcantarillado de Armenia. Empresas Públicas de Armenia. Armenia Quindío. 1993.

se convierte en herramienta indispensable para la toma de decisiones acerca de cómo frenar el deterioro progresivo del sistema. Este periodo de pasantía beneficiará a los sectores 7, 8 y 9 aplicando en un periodo de 4 meses conocimientos teórico-prácticos producto de la formación universitaria.

El levantamiento se realiza con Estación Total ante la poca precisión del GPS de dicha empresa y se debe decir que los puntos con coordenadas conocidas presentaban problemas de intervisibilidad por presencia de construcciones.

El Plan Maestro de Alcantarillado se puede tomar como un proyecto grande, si tomamos en cuenta que se examinará la Red a lo largo y ancho de la ciudad, que dará como resultado un sistema de información (base de datos) detallado con cada una de las cámaras y una Modelación Hidráulica que mediante una simulación en tiempo real dará la respuesta a zonas de atención prioritaria, zonas de inundación y el estudio de próximas concesiones de construcción

2. PROBLEMA.

Teniendo en cuenta que la Red de Alcantarillado ideal para la ciudad de Armenia, debería cumplir todas las especificaciones reglamentadas en la normatividad RAS 2000 y cuya parte física debería estar conformada por materiales adecuados que cumplan los Estándares Mínimos de Calidad: “basados en la norma ICONTEC 382 y ASTM D 2241 para tubería y ASTM D 2466 para accesorios”². Manteniendo iguales estándares de calidad en cuanto a texturas y durabilidad: “Los tubos y accesorios son fabricados con compuestos de Cloruro de Polivinilo rígido, virgen, Tipo 1, Grado 1”³ y que las labores de mantenimiento se realizaran con la asistencia de equipos electrónicos (sistemas robotizados); pero la realidad de la ciudad es completamente opuesta, la Red actual presenta tramos de tubería de tipo artesanal y profundidades inadecuadas que por aplastamiento generan represamientos y en otros tramos se emplean pendientes muy elevadas que por efecto de impacto, el flujo genera desgaste en las cámaras y sus respectivas cañuelas, además de presentarse flujo combinado lo que en determinado momento sobrepasa la capacidad de la Red disminuyendo su vida útil, haciendo que las labores de mantenimientos se vuelvan cada vez más frecuentes.

² PAVCO, W-Reten. Tubería y accesorios PVC-CPVC-Presión. Bogotá Colombia. 1979. 15 Pág.

³ PAVCO, W-Reten. Tubería y accesorios PVC-CPVC-Presión. Bogotá Colombia. 1979. 15 Pág.

3. JUSTIFICACIÓN.

El Plan Maestro de Alcantarillado tiene como finalidad, obtener un inventario detallado en donde la información de primera mano es suministrada por las labores realizadas por los pasantes, constituyendo las bases de un proyecto que repercute de manera notable en los ámbitos Político, Económico y Social.

En éste periodo se benefician los sectores 7,8 y 9, que comprenden los barrios:

Arenales, El Palmar, Génesis, Bambusa, Portal del Edén, Nuestra Señora de la Paz, Cementerio Jardines y Colector Pinares.

La Patria, La Universal, Quintas de los Andes, Monte Blanco, Villa de las Américas, Los Almendros, Miraflores, Venecia, La Irlanda, Vía Principal barrio La Patria, Colegio Normal Nacional, La Bota, Talleres Departamentales, Villa Jardines, Villa Jardín casas, Villa Jardín Bloques, Carrera 27, San José, Corbones, Carrera 25, Colanta, Las Margaritas, Libertadores, Las Mercedes, Centenario, Parque de los Sueños, La Esperanza, Jubileo, Ahítamara, Terranova, Altos de la Calleja, C.A.S.D, Villa Sofía y Limonar.

La Pavona, Altos de la Pavona, San Andrés, Rojas Pinilla 1 y 2, Villa Carolina 1 y 2, Villa Andrea, Villa Celmira, La Montana, Santa Sofía, El Cortijo, Villa Jimena Casas, Villa Jimena Bloques, Quindío, Los Árboles, La Herradura, La Clarita, Los Cámbulos, Estadio San José, Antiguo Batallón Cisneros y Colegio Rufino Centro.

En busca de mejorar la prestación del servicio, al agilizar las labores de mantenimiento y reparación, evitando problemas de salubridad, especialmente en los Estratos 1 y 2 que registran el mayor porcentaje de población infantil;

evaluando los diagnósticos sectorizados para reemplazar la parte física de la Red de Alcantarillado en tramos cuyos materiales no cumplen las normas técnicas vigentes estipuladas en la Normatividad RAS 2000, se abre la posibilidad de futuras licitaciones con el fin de ofrecer calidad en el servicio conforme a la norma ISO 9000.

De allí la importancia, que los gobernantes trabajen de la mano con la EPA previniendo así cualquier tipo de problema epidemiológico y reducción de costos a largo plazo en lo que respecta a labores de mantenimiento y reparación de la Red; propósitos que se facilitan al formar lazos entre la Universidad del Quindío y la EPA interactuando con nuestro entorno laboral y social de acuerdo con la Misión y Visión de La Universidad, realizando un trabajo con idoneidad y calidad, abriendo camino para las próximas generaciones de profesionales en éste campo.

4. OBJETIVOS.

4.1. OBJETIVO GENERAL.

Investigación de Alcantarillado para los sectores 7, 8 y 9

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Recolectar la información de los sectores 7, 8 y 9 que se encuentra en los planos.
- Diligenciamiento del formato de la EPA que lleva por nombre, “CATASTRO DE REDES, formato para la recolección de datos de alcantarillado”.
- Revisión de los formularios y entrega de los formularios definitivos.
- Levantamiento de las cámaras de alcantarillado.
- Cálculos y dibujo para la alimentación del SIG

5. EMPRESAS PÚBLICAS DE ARMENIA, EPA.

5.1. AMBIENTACION Y RESEÑA:

La subgerencia de alcantarillado tiene como objetivo principal el velar por el buen funcionamiento de la red y el mantenimiento de la misma, interactuando con la comunidad de forma cortés y atendiendo sus sugerencias y manejando el personal operativo cuyo recurso humano se encuentra conformado por: un grupo de reparaciones (un supervisor y tres cuadrillas orientadas por un ingeniero civil) y otro grupo de mantenimiento preventivo (un supervisor y una cuadrilla). Además de realizar interventorías a los contratistas que tienen a cargo obras de ampliación y reestructuración de la Red.

5.2. MARCO REFERENCIAL:

El presente Plan Maestro toma como referencia directa el anterior Plan Maestro que se realizó en el año 1992, bajo la dirección del entonces subgerente de Alcantarillado, el Ingeniero Hugo Gallego, Proyecto que se realizó en un 94%. Además de tomar como modelo el Plan Maestro realizado por Las Empresas Públicas de Medellín (EPM), quienes son los pioneros junto a la ciudad de Bogotá y otra de menor tamaño como Tunja.

5.3. MARCO LEGAL.

DOCUMENTACIÓN TÉCNICO NORMATIVA DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO (Ministerio de Desarrollo Económico).

ARTICULO 4. (De la sujeción a los Planes de Ordenamiento Territorial).

La ejecución de obras relacionadas con el sector de agua potable y saneamiento básico se debe llevar obligatoriamente a cabo con sujeción al Plan de Ordenamiento Territorial de cada localidad, en los términos del artículo 16 de la Ley 388 de 1997.

ARTÍCULO 207. (Licencias ambientales).

Obtendrán La Licencia Ambiental aquellas actividades que no produzcan deterioro grave a los recursos naturales renovables o al paisaje, tal como expresan los artículos 49 a 53 del Decreto Extraordinario No. 266 de febrero 22 de 2000 de la Presidencia de la República, el cual modifica los artículos 49, 52, 56, 57 y 58 de la Ley 99 de 1.993.

Todo proyecto que involucre en su ejecución el uso del agua, tomada directamente de fuentes naturales, deberá observar y contemplar el pago de las Tasas por Utilización de Aguas prevista en el artículo 43 de la Ley 99 de 1993.

ARTÍCULO 25. (Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas).

Un proyecto de ampliación de cobertura de alcantarillado sanitario deberá incluir además del desarrollo de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas, el de las pluviales, ya sea en sistemas independientes o en sistemas combinados.

ARTÍCULO 26. (Alcantarillado sanitario o combinado).

Se necesita llevar a cabo un sistema de recolección de aguas residuales domésticas cuando la diferencia entre las coberturas de acueducto y de alcantarillado sanitario sea mayor que el porcentaje establecido en algunas áreas de la localidad.

ARTÍCULO 27. (Alcantarillado pluvial o combinado).

Se considera necesario llevar a cabo un proyecto de recolección de aguas pluviales mediante la ejecución de un proyecto de alcantarillado pluvial o combinado cuando existan problemas de drenaje de las aguas lluvias.

ARTÍCULO 29. (Sistemas de disposición de residuos sólidos).

Todo proyecto destinado a la disposición de residuos sólidos debe contener las siguientes actividades:

1. Alternativas de relocalización
2. Plan de mejoramiento y rehabilitación existente
3. Plan de minimización de impactos

Nivel de complejidad del sistema

Distancias mínimas

| | |
|------------|----------------------------------|
| Bajo | 1 m horizontal; 0.3 m vertical |
| Medio | 1 m horizontal; 0.3 m vertical |
| Medio alto | 1.5 m horizontal; 0.5 m vertical |
| Alto | 1.5 m horizontal; 0.5 m vertical |

ARTÍCULO 126. (Diámetro interno real mínimo de los alcantarillados sanitarios).

En las redes de recolección y evacuación de aguas residuales, la sección circular es la más usual para los colectores, principalmente en los tramos iniciales. El diámetro interno real mínimo permitido en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales tipo alcantarillado sanitario convencional es 200mm. (8”).

ARTÍCULO 127. (Velocidad mínima en alcantarillados sanitarios).

Si las aguas residuales fluyen por un periodo largo a bajas velocidades, los sólidos transportados pueden depositarse dentro de los colectores. En consecuencia, se debe disponer regularmente de una velocidad suficiente para lavar los sólidos depositados durante periodos de caudal bajo. Para lograr esto, se establece la velocidad mínima como criterio de diseño. La velocidad mínima real permitida en el colector es 0,45 m/s.

ARTÍCULO 128. (Velocidad máxima en alcantarillados sanitarios).

La velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar 5 m/s. Los valores mayores deben justificarse apropiadamente para ser aceptados por la entidad prestadora del servicio.

ARTÍCULO 129. (Pendiente mínima en alcantarillados sanitarios).

El valor de la pendiente mínima del colector debe ser aquel que permita tener condiciones de auto limpieza y de control de gases adecuadas.

ARTÍCULO 130. (Pendiente máxima en alcantarillados sanitarios).

El valor de la pendiente máxima admisible es aquel para el cual se tenga una velocidad máxima real.

ARTÍCULO 131. (Profundidad hidráulica máxima en alcantarillados sanitarios).

Para permitir aireación adecuada del flujo de aguas residuales, el valor máximo permisible de la profundidad hidráulica para el caudal de diseño en un colector debe estar entre 70 y 85% del diámetro real de éste.

ARTÍCULO 132. (Profundidad mínima de instalación en alcantarillados sanitarios).

Los valores mínimos permisibles de cubrimiento de los colectores, con relación a la rasante definitiva, se definen en la siguiente tabla

Servidumbre Profundidad a la clave del colector (m)

Vías peatonales o zonas verdes 0,75

Vías vehiculares 1,20

5.4. MARCO TEÓRICO.

El hombre en su afán de refugiarse de los animales, de las inclemencias del clima y de los demás hombres, se vio en la necesidad de buscar un lugar donde vivir y aparece la primera forma de vivienda que fueron las cuevas o cavernas, lo que le ayudo a vivir en grupos con sus demás congéneres y de quedarse establecido en un solo lugar para salir a buscar lo que necesitaba y volver a su “hogar”.

Con el paso del tiempo y el aumento en la población se ve en la obligación de no seguir buscando donde vivir sino de fabricar sus propias viviendas cerca de su fuente de alimento y es el inicio de la vida en comunidad.

Con la nueva forma de vida, aparece la religión y de esta manera construyen templos de adoración y sus casas las construyen alrededor de ese templo, lo que genera la primera forma de vida organizada en sentido de las construcciones; lo que conlleva a la construcción de grandes bloque de casas y por consiguiente al diseño de las mismas con lo que aparece la geometría que es la base de la topografía.

La primera civilización de la que se tiene conocimiento fueron los sumerios que tenían grandes avances en matemáticas y topografía lo que los condujo a construir canales de riego.

El hombre se encuentra en la necesidad de deshacerse de sus desperdicios y comienza a botarlos en los sectores aledaños a sus viviendas lo que comenzó a generar malos olores, y por este motivo aparecen los primeros alcantarillados de la historia.

La civilización de la antigüedad que más adelantos tuvo en materia de alcantarillados fue Roma que en su vasto imperio le dio salubridad a su gente construyendo acueductos y alcantarillados, prueba de ello es el tanque construido para desocupar el Coliseo Romano después de los espectáculos acuáticos. Evolucionaron de tal manera con la ayuda de la Ingeniería, la Arquitectura, La Topografía, y demás ciencias afines hasta los sistemas que se conocen hoy en día.

“las EMPRESAS PUBLICAS DE ARMENIA desde el punto de vista institucional, diremos que fueron creadas como establecimiento público municipal el 15 de Diciembre de 1962, según decisión del Concejo Municipal”⁴

“El sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial producida por la lluvia”⁵ y teniendo en cuenta que no existe una regla general para la disposición de la Red de Alcantarillado, ya que esta se debe ajustar a las condiciones físicas de cada población.

Durante la pasantía se determinó que en los mencionados 3 sectores de la ciudad se presenta un sistema combinado denominado “sistema combinado con interceptor y aliviadero”⁶, en donde el aliviadero permite reducir la carga hidráulica producida por las aguas residuales. El sistema combinado es una solución económica para los problemas de evacuación de aguas residuales de una población pero que en la ciudad de Armenia en época de lluvia el sistema

⁴ EMPRESAS PÚBLICAS DE ARMENIA. Plan maestro de acueducto y alcantarillado de Armenia. Resumen Ejecutivo. Empresas Públicas de Armenia. Armenia Quindío. 1993. 20 Pág.

⁵ LOPEZ CUALLA, Ricardo A. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 1995. 265 p.

⁶ LOPEZ CUALLA, Ricardo A. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 1995. 268 p.

se satura ya que los diámetros no son lo suficientemente amplios para soportar estos flujos combinados; otro problema de la red actual radica en la topografía abrupta del municipio que obliga a hacer las pendientes muy pronunciadas no acorde con las expuestas en la normatividad RAS (Véase *capítulo 5.3*) esto causa que la cámara tenga un desgaste progresivo producido por el impacto del flujo.

Estas dos razones sumadas a las mencionadas anteriormente en el capítulo 1, son suficientes para iniciar en el municipio de Armenia EL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO (Véase *capítulo 5.2*), la sección de alcantarillado esta conceptualizada en la página 17. La recopilación de información comienza en el campo por medio de la investigación y el levantamiento topográfico ó topometría que consiste en el “conjunto de operaciones: mediciones lineales, mediciones angulares y específicas. Cálculos y procesos matemáticos destinados a determinar o replantear la posición de puntos en el terreno, conforme a un sistema de referencia previamente establecido”⁷ de las cámaras de alcantarillado. Esta información se lleva a la oficina para ser introducidas en un Sistema de Información Geográfica (SIG) este “es un conjunto de clases compuestas por métodos que capturan, analizan, modelan, visualizan y despliegan información de tipo geoespacial”⁸ y “al que se pueden hacer determinar consultas por medio de un ordenador”⁹. Para dicho propósito es necesario que toda la información que allí se consigna sea verídica y sin errores ni equivocaciones para que los datos, planos y demás datos que se sacan del SIG sean aterrizados y confiables para el personal que labora en la EPA.

⁷ DEL BIANCO, Armando. Notas de Clase 2001. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba Argentina 2001. 22 Pág.

⁸ TORRES TORRES, Francisco A. Sistema de Información Geográfica. En : Revista de la Facultad de Ingeniería. Santa Fe de Bogota D.C. Colombia. (Jul. 1999); p. 135.

⁹ PEREZ HERAS, Adolfo. Simbolización: Itinerario desde el SIG al mapa impreso : introducción. En : Revista Topografía y Cartografía. Vol. 16, No 93. Madrid España. (Jul – Ago 1999); p. 2.

**EMPRESAS PÚBLICAS DE ARMENIA, EPA.
ORGANIGRAMA**



Fuente: Los Autores.

5.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

La siguiente tabla muestra las especificaciones técnicas de la Estación Total PENTAX R-100, instrumento con el cual se realizó el levantamiento de las cámaras.

| R-100 SERIES Specifications | |
|---------------------------------------|--|
| Telescope Section | |
| Image | Erect |
| Magnification | 30 X |
| Resolving power | 3 sec. |
| Effective aperture | 45 mm (EDM 45 mm) |
| Field of view | 1°30' (2.6%) |
| Minimum focus | 1.0 m |
| Auto-Focus (AF/Power Focus) | |
| Detection method | Phase Differential Method |
| Power source | 6V Li Battery |
| Auto Focus Operation | |
| Auto Focus | Approx. 4900 times |
| Power Focus | 4 hrs. (cont.) *5 sec. per sight, 3600 surveying points |
| Distance Measurement Section | |
| Light Source | Visible Semiconductor Laser (Laser Safety Stand. Class 2) |
| Measurement range | |
| Non Prism | 1.5 m - 50 m |
| Reflective Sheet | 1.5 m - 400 m |
| Mini Prism | 1.5 m - 1000 m |
| | (At visibility of 20km) (At visibility of 40km) |
| 1 Prism | 1.5 m - 3000 m 4000 m |
| 3 prism | 200 m - 4000 m 5000 m |
| Accuracy | |
| Prism | ±(5 mm + 3 ppm x D) mm |
| Non Prism/Reflective Sheet | ±(5 mm + 3 ppm x D) mm |
| With Autom. Atmosphere | ±(5 mm + 10 ppm x D) mm |
| | *D: Distance In mm |
| Minimum Count | |
| Normal mode | 1 mm |
| Fast mode | 1 mm |
| Tracking mode | 1cm (10 mm) |
| Measurement Time | |
| Normal mode | 2.0 sec. (6 for initial measurement) |
| Fast mode | 1.0 sec. (5 for initial measurement) |
| Tracking mode | 0.3 sec. (4.5 for initial measurement) |
| Angle Measurement | |
| Measuring Method | Absolute Rotary Encoder |
| Minimum Count | 1 sec./5 sec. |
| Accuracy | 5" Standard Deviation |
| Compensator | Automatic Compensator |
| Correction Range | ± 3 min. |
| Method | Dual Axis |
| Display | |
| Type | LCD, Single side 20 characters x 8 lines |
| Special Function PowerTopoLite | |
| Measurement/Calculation | |
| File | Memory, New, Select, Delete |
| Measure | Offset (radial, vertical, distance, tangential) |
| View | Graphical view, Text view & Edit |
| Free Stationing | Distance & angles, Angles (up to 20 points) |
| Stake Out | Coordinate stake out, graphical view |
| Calculation | COGO (Inv., Point Coordinate, Line ToLine), RDM, VPM, Traverse (Pending) |
| I/O | To PC, From PC, Communication setup |
| Preference | Coordinate System, Language, Character Input Method |
| Internal Memory | 7,500 points (Measured and input coordinate data) |
| Sensitivity of Vials | |
| Plate Vial | R-115N/135N: R-125N: 40 sec./ 2 mm 30 sec./ 2 mm |
| Circular Vial | 8min. / 2 mm |
| Tribrach | |
| Type | R-115N: Fixed, R-125N: R-135N: Shift Detachable |
| Environmental Standards | |
| Working temp. | -20°C ~ +50°C / -4°F ~ +122°F |
| Water protection | IPX-4 |
| Power Source | |
| Type | Ni-MH (Rechargeable) DC6V |
| Operation Time | 6 hrs. (contin., Angle & Dist.) per charge 12 hrs. (Angle) |
| Charging Time | 360 min. (3 hrs.) |
| Dimensions / Weight | |
| Instrument | |
| Dimension | 174(W) x 341(H) x 158(L) mm |
| Weight | 5.2 kg. (including Battery) |

Fuente: Folleto de Estación Total PENTAX PENTAX Bélgica. 2000. p 6.

6. METODOLOGÍA.

Se trata de un estudio de campo exploratorio tipo encuesta del Alcantarillado de Armenia cuya estrategia es la descripción, valoración e inspección de las cámaras de la Red. Por ello se utilizará el formulario de Catastro de Redes donde se consignaran los datos, tales como: Fecha, Ubicación, Estado de sus componentes, sus flujos y sus respectivos sentidos, alturas claves y diámetros, además de la debida referenciación a los paramentos más cercanos, todo esto mediante la observación directa.

Se realiza un levantamiento con Estación Total con el fin de dar coordenadas a cada cámara de la zona investigada, luego la información es pasada a un auxiliar de dibujo que es integrarlo a un Sistema CAD para obtener un control y poder comparar de manera precisa los datos, todo esto para ser llevado a un archivo detallado por parte de la EPA.

Estos datos se entregan en los formularios asignados por la misma Empresa y los dibujos son consignados en Planos existentes de la zona, estos a su vez contienen información adicional como sumideros, y descoles, luego de tener un chequeo de toda la información y los datos, el auxiliar de dibujo procede a dibujar el Plano de la zona respectiva, el cual es el Plano definitivo

7. INVESTIGACIÓN DE ALCANTARILLADO.

7.1. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Para la investigación, la comisión debe conformarse por un obrero y 2 pasantes (uno auxiliar de medidas y el otro para diligenciar los formularios); Una vez en campo, el obrero destapa la cámara y luego de esperar que se disipen los gases, ingresa al interior de la misma y se procede a medir la altura clave (Distancia vertical, entre la placa y la parte interna superior de la tubería) y el diámetro de la tubería tanto de entrada como de salida, también se revisa el estado de cada una de las cámaras y de sus elementos que es la información que se consigna en los formularios, finalmente se toman las referencias a los paramentos.

7.2. FORMULARIOS.

En la parte superior se realiza un boceto del contorno de la cámara a investigar y las cámaras aledañas con las que ésta tiene conexión, además de dibujar los paramentos más cercanos con el fin de precisar su ubicación.

En la parte de abajo la labor es supremamente sencilla en este formato, teniendo en cuenta que los flujos y sus respectivos sentidos son de vital importancia ya que dan sentido a toda la Red, en cuanto al registro de los diámetros se dan en el sistema métrico decimal, para manejar las mismas unidades con respecto a las cotas que se dan en el mismo sistema y que posteriormente estos diámetros se convertirán a pulgadas, una vez se digitalice la información. Véase formulario tipo.

Página 30

7.3. REVISIÓN DE FORMULARIOS.

Básicamente, que el dibujo sea claro, que tenga como mínimo 2 referencias, y las conexiones con las cámaras aledañas, teniendo en cuenta que al sentido de los flujos se designan con letras minúsculas en donde el flujo (“a”) será una de las entradas y a partir de ella se denotan las demás en sentido de las manecillas del reloj. La información alfanumérica de la parte inferior del formulario debe ser clara, que no tenga espacios en blanco y que la altura batea de las entradas sean menores que la de salida.

7.4. CRITERIOS DE LEVANTAMIENTO

El Levantamiento se realizó con la Estación Total mencionada anteriormente (Ver capítulo 5 numeral 5.5.) creando una poligonal por coordenadas, tomando como línea base 2 mojones con coordenadas preestablecidas suministradas por la subgerencia de alcantarillado y cerrando en un mojón que de igual manera posee coordenadas haciendo un chequeo para hallar el error de cierre, error angular y error en elevación verificando así que cumpla con las tolerancias estipuladas en el manual técnico de las Empresas Públicas de Medellín (EPM). Véase levantamiento tipo. Pagina 31

7.5 CRITERIOS DE INVESTIGACIÓN

Los criterios más importantes utilizados para catalogar las Cámaras como regulares son los siguientes:

Que la cañuela no permita un flujo constante debido a la degradación de la misma por el ambiente al que está sometida.

El deterioro de la placa y/o tapa de la Cámara.

SECTOR Y BARRIO: Sector 8. B/ Limonar - Ahitamara.

FECHA: Abril 12 / 05.

TOPÓGRAFO RESPONSABLE: Eida Reyes.

DIBUJO: Herman A Calderón.

| PUNTO | AZIMUT | DETALLE | OBS |
|----------|-----------|---------|-----------|
| ▲13 / 85 | 311-46-59 | | Cámara 51 |
| 84 | | | Cámara 50 |
| 83 | | | Cámara 49 |
| 82 | | | Cámara 35 |
| 81 | | | Cámara 34 |
| 80 | | | |
| ▲11 / 73 | 182-58-31 | | |
| | | Remache | AI 1,57 |
| ▲12 / 79 | 002-58-31 | | Cámara 33 |
| 78 | | | Cámara 32 |
| 77 | | | Cámara 47 |
| 76 | | | Cámara 48 |
| 75 | | | Cámara 52 |
| 74 | | | |
| ▲10 / 68 | 180-40-20 | | |
| | | Remache | AI 1,54 |
| ▲11 / 73 | 000-40-20 | | Cámara 45 |
| 72 | | | Cámara 46 |
| 71 | | | Cámara 31 |
| 70 | | | Cámara 30 |
| 69 | | | |
| ▲9 / 61 | 200-31-45 | | |
| | | Remache | AI 1,52 |

BARRIO LIMONAR

BARRIO AHITAMARA

“Al realizar la referenciación es necesario tener en cuenta lo especificado en la Norma Icontec NTC-5043, respecto a la definición de Exactitud de Posición.

Dependiendo del tipo de referenciación, el error máximo de los objetos verificados, será¹⁰

| TIPO DE REFERENCIACIÓN | ERROR MÁXIMO DE POSICIÓN HORIZONTAL (X, Y) ADMISIBLE | ERROR MÁXIMO DE POSICIÓN VERTICAL (Z) ADMISIBLE |
|--|---|--|
| Con equipos topográficos convencionales de precisión (teodolitos, distanciómetros, estaciones totales, etc.) y amarre a la red geodésica | El amarre debe tener un grado de precisión mínimo de: 1:5000 | En caso de utilizar un nivel de precisión, el error máximo de nivelación será el especificado en el Manual de Topografía vigente de la Gerencia de Aguas (AGU-TRS-TRP-016-00-00). www.eppm.com/Aguas/Index.htm : $en \leq 0,024 * K^{1/2}$ |
| Con GPS para aplicaciones de topografía | 10 cm | 1.5 cm |

Fuente: Empresas Publicas de Medellín.

8. CONSOLIDADO.

¹⁰ SISTEMA DE GESTION DE LA CALIDAD. Manual para la Referenciación de Redes de Acueducto y Alcantarillado. Empresas Públicas de Medellín. 2004.

INVESTIGACIÓN DE ALCANTARILLADO.

Estado general de las cámaras Sectores 7, 8 y 9.

| ESTADO | SECTOR 7 | | SECTOR 8 | | SECTOR 9 | | % GLOBAL. | |
|--------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| | | % | | % | | % | | % |
| Buena | 332 | 84,48 | 778 | 63,67 | 236 | 42,68 | 1346 | 62,1 |
| Regular | 50 | 12,72 | 370 | 30,28 | 68 | 12,30 | 488 | 22,5 |
| Mala | 11 | 2,80 | 74 | 6,05 | 249 | 45,02 | 334 | 15,4 |
| TOTAL | 393 | 100 | 1222 | 100 | 553 | 100 | 2168 | 100 |

Fuente: Los Autores.

Tipo de cámaras Sectores 7, 8 y 9.

| TIPO | SECTOR 7 | | SECTOR 8 | | SECTOR 9 | | % GLOBAL. | |
|----------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| | | % | | % | | % | | % |
| Inicial | 100 | 25,45 | 300 | 24,55 | 122 | 22,06 | 522 | 24,08 |
| Inspección | 182 | 46,31 | 467 | 38,22 | 198 | 35,80 | 847 | 39,07 |
| Intersección | 95 | 24,17 | 342 | 27,99 | 161 | 29,11 | 598 | 27,58 |
| Doble Inicial | 2 | 0,51 | 8 | 0,65 | 7 | 1,27 | 17 | 0,78 |
| Triple Inicial | 0 | 0,00 | 3 | 0,25 | 0 | 0,00 | 3 | 0,14 |
| Descole | 14 | 3,56 | 100 | 8,18 | 60 | 10,85 | 174 | 8,03 |
| Box | 0 | 0,00 | 2 | 0,16 | 5 | 0,90 | 7 | 0,32 |
| TOTAL | 393 | 100 | 1222 | 100 | 553 | 100 | 2168 | 100 |

Fuente: Los Autores.

ESTADÍSTICA DEL SECTOR 7.

| DIÁMETROS | N. | |
|-----------|-----------|------------|
| | DIÁMETROS | PORCENTAJE |
| | | |

| | | |
|--------------|------------|---------------|
| 0,2 | 349 | 43,25 |
| 0,15 | 5 | 0,62 |
| 0,25 | 159 | 19,70 |
| 0,3 | 88 | 10,90 |
| 0,35 | 19 | 2,35 |
| 0,4 | 130 | 16,11 |
| 0,5 | 24 | 2,97 |
| 0,6 | 19 | 2,35 |
| No tiene | 14 | 1,73 |
| TOTAL | 807 | 100,00 |

Fuente: Los Autores.

ESTADISTICAS DEL SECTOR 8.

| DIÁMETRO | N. DIÁMETROS | PORCENTAJE |
|--------------|-----------------|---------------|
| 0,00 | 13 | 0,50 |
| 0,15 | 2 | 0,08 |
| 0,20 | 392 | 15,18 |
| 0,25 | 1189 | 46,05 |
| 0,30 | 497 | 19,25 |
| 0,35 | 65 | 2,52 |
| 0,40 | 234 | 9,06 |
| 0,45 | 5 | 0,19 |
| 0,50 | 77 | 2,98 |
| 0,60 | 101 | 3,91 |
| >0,6 | 7 | 0,27 |
| TOTAL | 2582 | 100,00 |

Fuente: Los Autores.

ESTADISTICAS DEL SECTOR 9.

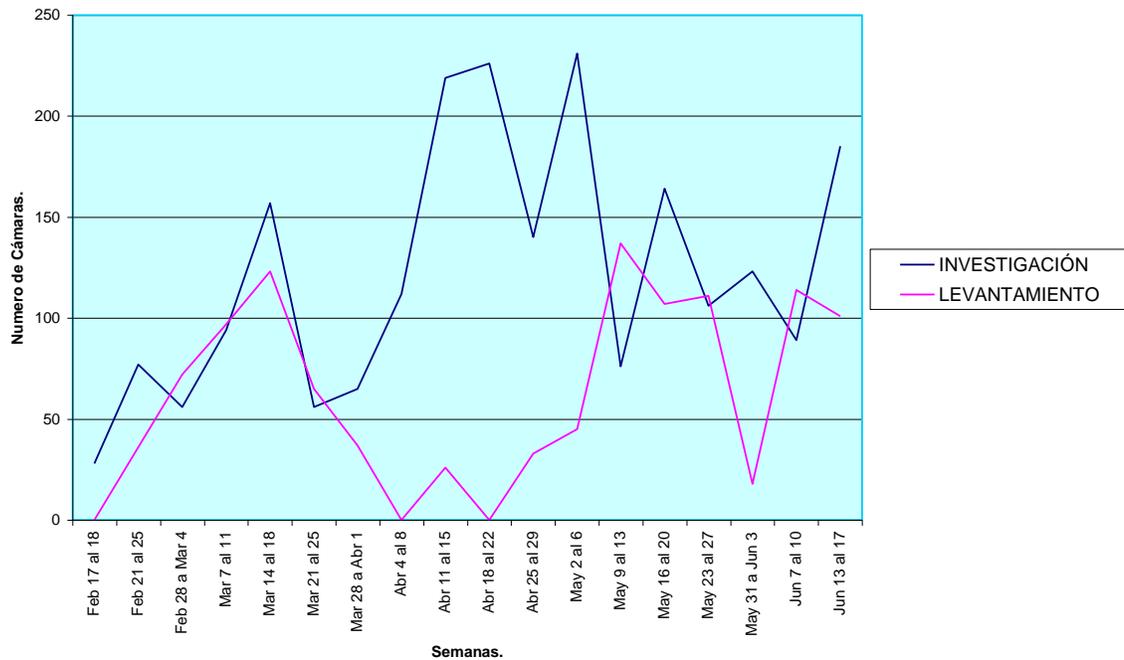
| DIÁMETROS | N. DIÁMETROS | PORCENTAJE |
|-----------|-----------------|------------|
|-----------|-----------------|------------|

| | | |
|--------------|-------------|---------------|
| 0,2 | 192 | 16,09 |
| 0,25 | 725 | 60,77 |
| 0,3 | 165 | 13,83 |
| 0,35 | 19 | 1,59 |
| 0,4 | 40 | 3,35 |
| 0,5 | 4 | 0,34 |
| 0,6 | 15 | 1,26 |
| 1 | 5 | 0,42 |
| no tienen | 28 | 2,35 |
| TOTAL | 1193 | 100,00 |

Fuente: Los Autores.

GRAFICA DE RENDIMIENTO.

Grafica de Rendimiento.

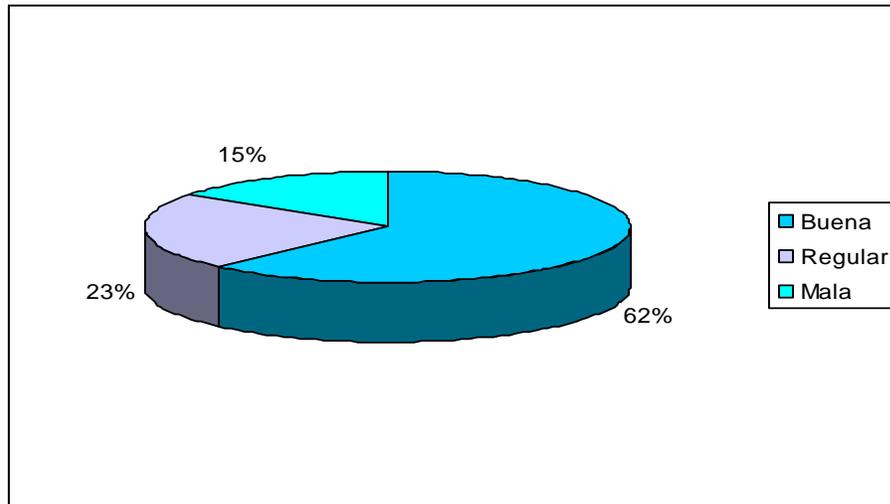


Fuente: Los Autores.

En el grafico anterior se confrontan las variables (semanas vs. número de cámaras) en donde la línea azul representa las cámaras investigadas, de igual manera la línea rosada representa las cámaras levantadas. En este grafico se nota que en la octava semana el rendimiento bajó considerablemente debido al robo de una de las dos Estaciones Totales con las que contaba la empresa elevando el rendimiento de investigación ya que se conformaron mas grupos para esta labor. Cabe anotar que las posteriores bajas de rendimiento en levantamiento obedecen a labores externas a Plan Maestro, como lo fue la localización del colector Santa Ana en la urbanización La Linda.

9. ANALISIS DE LA INFORMACION.

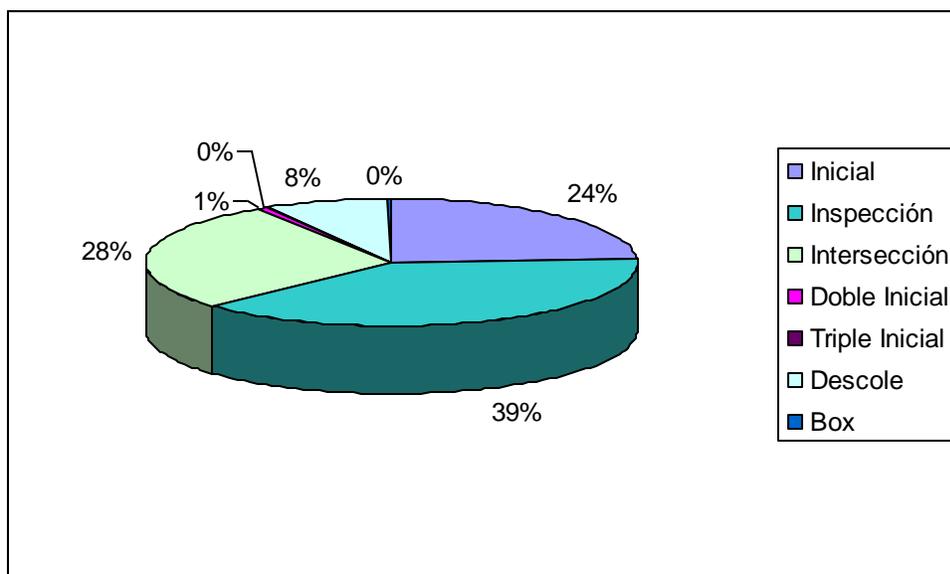
ESTADO GENERAL DE LAS CÁMARAS. SECTORES 7, 8,9.



Fuente: Los Autores.

Gracias a esta grafica se puede apreciar que más de la mitad de las cámaras en los 3 sectores se encuentran en buen estado y que a pesar de su antigüedad el porcentaje de cámaras en mal estado es bajo. Las cámaras que están en regular estado necesitan reparaciones mínimas de lo cual la EPA esta al frente para realizar dichos arreglos gracias a la labor e información presentada por los pasantes de la Universidad del Quindío que están en constante inspección y revisión del sistema.

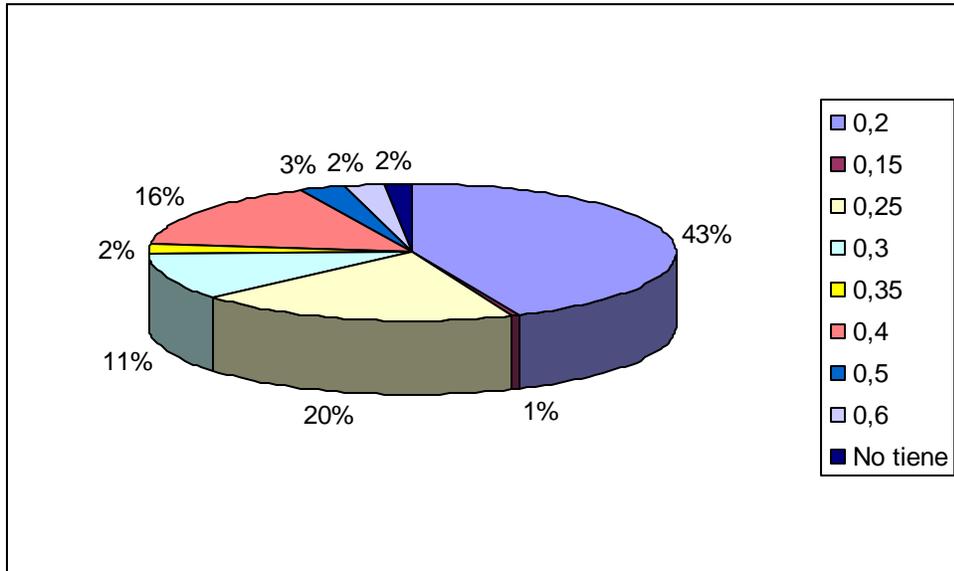
TIPOS DE CÁMARAS DE LOS SECTORES 7, 8,9.



Fuente: Los Autores.

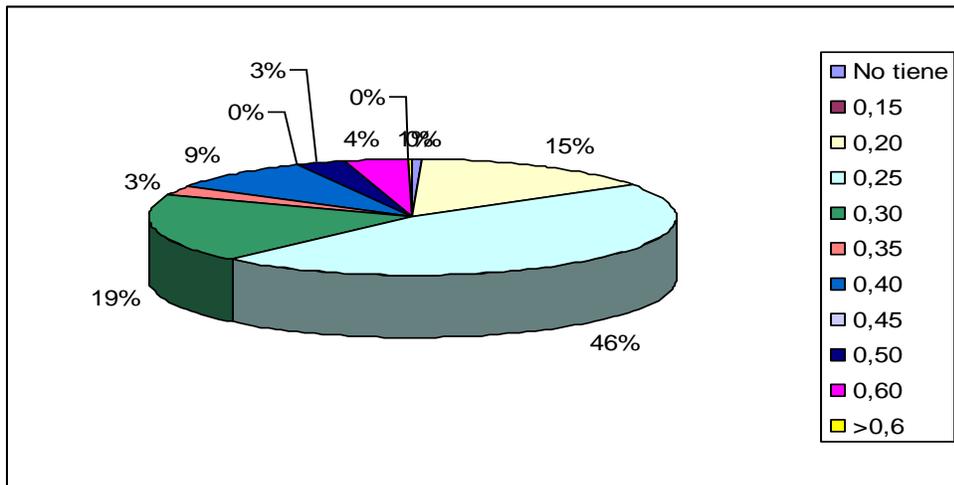
Con esta grafica se puede apreciar que el mayor porcentaje de cámaras en estos 3 sectores son de inspección, seguido de las cámaras de intersección y cámaras iniciales, con esta información se puede concluir que la Red trabaja en su mayoría con estos 3 tipos de cámaras.

DIÁMETROS DE LAS TUBERÍAS EN EL SECTOR 7.



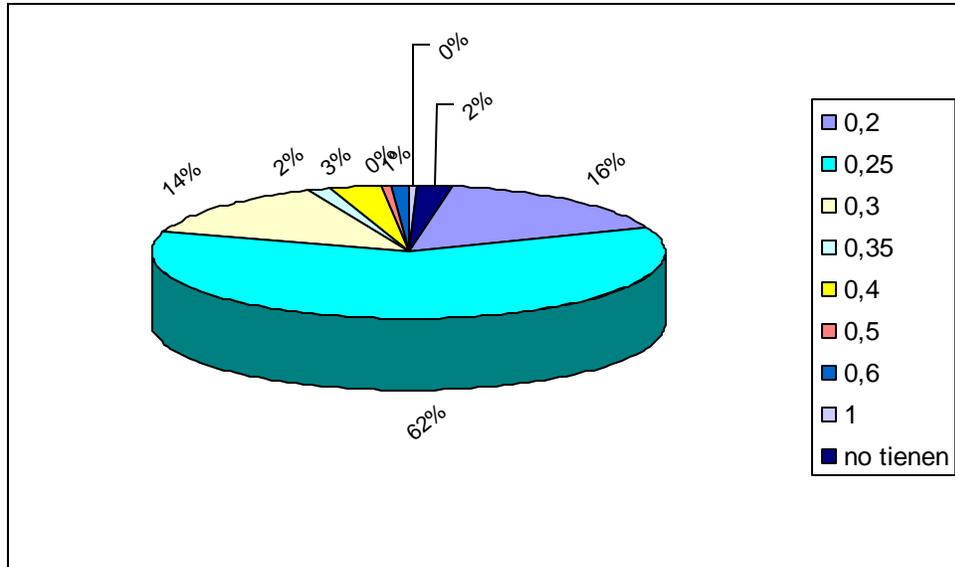
Fuente: Los Autores.

DIÁMETROS DE TUBERÍAS EN EL SECTOR 8.



Fuente: Los Autores.

DIÁMETROS DE TUBERÍA DEL SECTOR 9.



Fuente: Los Autores.

El sector 7 en su mayoría trabaja con tubería de 0.20m ya que su sistema de alcantarillado separa las aguas residuales de las aguas pluviales, por lo general las dimensiones de la tubería de las aguas lluvias están entre 0.25m y 0.30m pues en un momento de alta precipitaciones se carga la Red.

Se encuentra en contraste que en los sectores 8 y 9 la tubería es en su mayoría de diámetros entre 0.25m y 0.30m, porque los sectores al ser tan viejos la Red es combinada y por consiguiente con mayor flujo.

10. CONCLUSIONES.

El estudio detallado de las cámaras investigadas en los sectores 7, 8 y 9, arroja como diagnóstico que el 62% de la Red de alcantarillado se encuentra en buen estado, el 23% en estado regular y el 15% pertenece a las cámaras en mal estado (ver consolidado página 33)

El levantamiento se realizó en la totalidad de las cámaras investigadas en los sectores 7 y 8, (véase tabla de *coordenadas* en anexos)

La investigación define las clases de cada una de las cámaras, en los sectores 7, 8 y 9 éstas características se dan de la siguiente manera:

Cámaras iniciales 24%, cámaras de Inspección 39%, cámaras de Intersección 28%, cámaras de Descole 8%, y el 1% restante hace parte de Doble Iniciales, Triple Iniciales o Box Couvert. (Ver tabla *tipos de cámaras 7, 8 y 9* página 33)

Luego de tener en cuenta los criterios de investigación (Véase capítulo 7.5) se llega a la conclusión de que las cámaras que deben tener mayor prioridad son las de inspección e intersección, ya que si éstas presentan una de las dos razones anteriores generan gran impacto en la comunidad del sector ya sea por la obstrucción de la cañuela lo cual generaría una ruptura en el interior de la cámara y éstos fluidos se mezclarían con el terreno aledaño, repercutiendo en hundimientos de la calzada y problemas de salubridad. De igual manera el deterioro de la placa o la falta de tapa se convierten en un factor de riesgo y también en malos olores.

En el sector 7, las Cámaras de alcantarillado se encuentran en un 85% en buen estado, lo cual le da estabilidad al sistema; un 12% en estado regular que se

encuentra en el barrio Arenales lo que representa un fenómeno que obedece a la edad de la Red, pues se trata de uno de los barrios mas viejos del sector. Un 3% se encuentra en mal estado lo que necesita atención inmediata por parte de la EPA puesto que hay gran aglomeración de habitantes, los cuales no le dan el uso adecuado al sistema (taponamiento de las cámaras por basuras) lo que puede generar problemas de salud pública.

Estas cámaras se clasifican de la siguiente manera:

Cámaras iniciales 26%, cámaras de Inspección 47%, cámaras de Intersección 24%, cámaras de Descole 3%.

El sector 8, presenta un 64% de la Red de alcantarillado en buen estado, un 30% en regular estado que en su mayoría se encuentra en el barrio La Patria, siendo su principal problema el que estén bajo asfalto, lo que generaría en un momento dado un daño, provocando así inundaciones sin conocer la causa y el 6% de las cámaras ubicadas en su mayoría en el barrio Limonar y el barrio Centenario están en mal estado debido al terremoto de 1999 convirtiendo las depresiones del terreno en escombreras sin ninguna precaución tapando las cámaras por completo.

Sector cuya clasificación de cámaras es así:

Cámaras Iniciales 25%, cámaras de Inspección 38%, cámaras de intersección 28%, cámaras Doble y Triple Iniciales 0.8%, cámaras de Descole 8%, y el 0.2% restante pertenece a cámaras de Box Coultvert.

En el sector 9 las cámaras de alcantarillado se encuentran en buen estado en un 43%, en un estado regular un 12% siendo Villa Carolina el barrio con mayor número de cámaras en esta situación y un 45% en mal estado; este porcentaje

esta bastante elevado con respecto a las cámaras en buen estado, no porque la red esta en mal estado sino porque las cámaras presentan dificultades (Tapas demolidas, falta de estribos, etc.).

Sector cuya clasificación de cámaras es así:

Cámaras Iniciales 22%, cámaras de Inspección 36%, cámaras de Intersección 29%, cámaras Doble Inicial 1%, cámaras de Descole 11%, cámaras de Box Couvert 1%

Debido al poco planeamiento que tienen las empresas prestadoras de servicios públicos de la ciudad, tienden sus redes desconociendo la ubicación de los sistemas de las demás empresas generando caos y deterioro especialmente en la red de alcantarillado, reconociendo este problema se recomienda una buena comunicación de las empresas en el momento de instalarlas.

Los descoles son tal vez la parte mas importante del sistema de alcantarillado porque reciben todas las aguas de un pequeño sector de la ciudad descargando en las quebradas todos los desperdicios, pero en el momento en que uno de estos falle generará un problema ambiental, geotécnico y de salud. Por esta razón se recomienda así una supervisión constante de estos descoles.

11. RECOMENDACIONES

Ante la falta de conciencia ciudadana en lo que respecta al uso de la red, se recomienda que para el sector 7 se capacite a los habitantes de la zona por parte de la alcaldía y una limpieza lo antes posible del sistema, evitando el colapso parcial o total de la red, eliminando el riesgo de cualquier tipo de infecciones. En el sector 8 es necesario que se inicie una búsqueda exhaustiva de las cámaras que se encuentran bajo escombros y asfalto para tener un constante mantenimiento de estas, una vez encontradas, subir los cuerpos necesarios, de tal manera que la tapa y la placa queden a simple vista, para facilitar futuras labores de mantenimiento. Y para el sector 9 se requiere la reposición de tapas, reparación de placas y estribos, por su alto porcentaje de cámaras averiadas por falta de estos elementos o daño en los mismos, además de una revisión exhaustiva y reparación inmediata del viaducto de aguas negras que pasa bajo el supermercado “súper Inter de las Américas”, al detectar un deterioro constante que de no repararse se presentará un colapso inminente del mismo.

Adicionalmente recomendamos el uso de palabras más apropiadas para el Plan Maestro, ya que algunas palabras se emplean erróneamente, desde el punto de vista conceptual, por ejemplo:

INVESTIGACIÓN, sugerimos que se cambie por la palabra “*INSPECCIÓN*”, ya que el proyecto busca una actualización, y no un estudio de tipo investigativo.

BOX COUTVERT, es un americanismo que en éste momento ya no se debe emplear, ya que su traducción (caja de alcantarillado), no tiene coherencia con su estructura en la red, sugiriendo que se cambie a la palabra “*VIADUCTO DE AGUAS*”.

BIBLIOGRAFIA.

DEL BIANCO, Armando. Notas de Clase 2001. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba Argentina 2001.

EMPRESAS PÚBLICAS DE ARMENIA. Plan maestro de acueducto y alcantarillado de Armenia. Empresas Públicas de Armenia. Armenia Quindío. 1993.

LOPEZ CUALLA, Ricardo A. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 1995.

Normatividad RAS. 2000.

PAVCO, W-Reten. Tubería y accesorios PVC-CPVC-Presión. Bogotá Colombia. 1979.

PEREZ CARMONA, Rafael. Desagües. Colombia. Escala. 1988.

PEREZ HERAS, Adolfo. Simbolización: Itinerario desde el SIG al mapa impreso : introducción. En : Revista Topografía y Cartografía. Vol. 16, No 93. Madrid España. (Jul – Ago 1999)

SISTEMA DE GESTION DE LA CALIDAD. Manual para la Referenciación de Redes de Acueducto y Alcantarillado. Empresas Públicas de Medellín. 2004.

TORRES TORRES, Francisco A. Sistema de Información Geográfica. En : Revista de la Facultad de Ingeniería. Santa Fe de Bogota D.C. Colombia. (Jul. 1999)

WOLF, Paul R Y BRINKER, Russell C. Topografía 9ª edición. Colombia. Alfa omega. 1997.