

**PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA PARA EL MUNICIPIO DE
EL CASTILLO META 2016 – 2020**



JUAN CARLOS MANJARRES CALVO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA & TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL & SANITARIA
VALLEDUPAR**

2020

**PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA PARA EL MUNICIPIO DE
EL CASTILLO META 2016 – 2020**

JUAN CARLOS MAJARRES CALVO

**TRABAJO DE GRADO
para optar al título de profesional en
ingeniería ambiental y sanitaria**

DIRECTOR: YESITH AROCA ZULETA

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR, CESAR**

2020

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi padre, quien me enseñó que el mejor conocimiento que se puede tener es el que se aprende por sí mismo. También está dedicado a mi madre, quien me enseñó que incluso la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

Agradezco a mis profesores quienes, con su experiencia, conocimiento, motivación, consejos, enseñanzas, apoyo y sobre todo amistad brindada lograron que siguiera adelante con el sueño de cumplir mis metas y a la Universidad Popular del Cesar por haberme abierto las puertas y darme la oportunidad de formarme como profesional y como persona.

TABLA DE CONTENIDO

	INTRODUCCIÓN	10
1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
2.	JUSTIFICACIÓN.....	13
3.	OBJETIVOS	14
3.1	OBJETIVO GENERAL	14
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
4.	MARCO DE REFERENCIA.....	15
4.1	ANTECEDENTES	15
4.2	MARCO TEÓRICO	17
4.2.1	USOS GLOBALES DE AGUA.....	18
4.3	MARCO CONTEXTUAL.....	19
4.3.1	CUENCAS Y FUENTES DE ABASTECIMIENTO.....	20
4.3.2	EMPRESA ENCARGADA DE LOS SERVICIOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO	22
4.4	MARCO CONCEPTUAL	23
4.5	MARCO LEGAL	24
4.5.1	NORMATIVIDAD RELACIONADA A LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO.	25
5.	MARCO METODOLOGICO	31
5.1	LINEA Y SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN.....	31
5.2	TIPO DE NVESTIGACIÓN.....	31
5.3	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	31
5.4	POBLACION DE ESTUDIO	32
5.5	MUESTRA POBLACIONAL	32
5.6	DESARROLLO METODOLÓGICO	33

5.6.1	FASE 1: ESTABLECER EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y TÉCNICO DE TODO EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE EL CASTILLO.	33
5.6.2	FASE 2: DETERMINAR LA PROBLEMÁTICA ASOCIADA AL CONSUMO DE AGUA Y PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO EN EL MUNICIPIO DE EL CASTILLO – META.....	34
5.6.3	FASE 3: FORMULAR ESTRATEGIAS PARA LA RECUPERACIÓN, CONSERVACIÓN, Y PROTECCIÓN DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA DE LAS MICROCUENCAS ABASTECEDORAS DE AGUA.....	35
5.6.4	FASE 4: PROPONER ALTERNATIVAS DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO EN PRO DE LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS Y/O FUGAS, Y EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y AHORRO DE AGUA.....	35
6.	RESULTADOS Y ANALISIS	37
6.1	ESTABLECER EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y TÉCNICO DE TODO EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE EL CASTILLO.	37
6.1.1	RECORRIDO POR LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO PTAT Y ÁREAS CONEXAS.....	37
6.1.2	SISTEMA DE ACUEDUCTO.....	47
6.1.3	FUENTE: AUTORES 2016.....	48
6.1.4	ADUCCIÓN	51
6.1.5	RED DE ADUCCIÓN CAÑO BRASIL	52
6.1.6	PLANTA DE TRATAMIENTO.....	52
6.1.7	TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	55
6.1.8	RED DE CONDUCCIÓN	56
6.1.9	RED DE DISTRIBUCIÓN Y CONEXIONES DOMICILIARIAS	56
6.1.10	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA TRATADA.....	58
6.1.11	RIESGOS, AMENAZAS Y VULNERABILIDAD	59
6.2	DETERMINAR LA PROBLEMÁTICA ASOCIADA AL CONSUMO DE AGUA Y PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO EN EL MUNICIPIO DE EL CASTILLO – META. 61	
6.2.1	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	61
6.2.2	HABITOS DE CONSUMO.....	64
6.2.3	CALIDAD DEL AFLUENTE	75

6.3	FORMULAR ESTRATEGIAS PARA LA RECUPERACIÓN, CONSERVACIÓN, Y PROTECCIÓN DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA DE LAS MICROCUENCAS ABASTECEDORAS DE AGUA.....	85
6.3.1	PROTECCIÓN DE MICROCUENCAS.....	85
6.4	PROPONER ALTERNATIVAS DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO EN PRO DE LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS Y/O FUGAS, Y EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y AHORRO DE AGUA.....	90
6.4.1	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	90
6.4.2	REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS	92
6.4.3	CAMPAÑAS EDUCATIVAS SOBRE EL AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA.....	97
6.4.4	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.....	100
6.4.5	PRESUPUESTO PARA LA EJECUCUCIÓN DEL PROYECTO	108
7.	CONCLUSIONES	118
8.	RECOMENDACIONES	120
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	121
10.	ANEXOS	124

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Habitantes Del Municipio De El Castillo	20
Tabla 2 Características de las Fuentes de Abastecimiento.	22
Tabla 3 Ecuación de muestreo aleatorio simple	33
Tabla 4 Resumen Hidrológico Caño Antioquia	39
Tabla 5 Resumen Hidrológico Caño Brasil	40
Tabla 6 Características morfométricas de las cuencas.....	41
Tabla 7. Balance Hídrico según modelo de Thomas para la Cuenca Caño Antioquia... 43	43
Tabla 8 Balance hídrico para la cuenca caño Brasil según modelo de Thomas	45
Tabla 9. Usuarios del servicio de Acueducto Urbano	62
Tabla 10. Proyección de la Demanda de Agua.....	63
Tabla 16 Calidad de las fuentes de abastecimiento del municipio El Castillo.	80
Tabla 17 Nivel de calidad de las fuentes de abastecimiento	82
Tabla 11: Protección de microcuencas.	87
Tabla 12 Mejoramiento del sistema de abastecimiento	90
Tabla 13 Reducción de perdidas	93
Tabla 14 Campañas educativas sobre el ahorro y uso eficiente del agua	97
Tabla 15 Cronograma de ejecución del proyecto.....	100

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 División Política Del Municipio El Castillo.....	19
Ilustración 2 Características de las Fuentes de Abastecimiento.....	21
Ilustración 3 Legislación colombiana en torno al plan de ahorro y uso eficiente de ahorro del agua.....	24
Ilustración 4 Especies vegetales de la zona.....	38
Ilustración 5 Vías de acceso.....	38
Ilustración 6 Bocatoma Caño Antioquia.....	48
Ilustración 7 Desarenador caño Antioquia.....	50
Ilustración 8. Desarenador Caño Brasil.....	51
ilustración 9 red de aducción caño Antioquia.....	52
Ilustración 10 Red de aducción Caño Brasil.....	52
Ilustración 11 planta de tratamiento de agua potable PTAP El Castillo vista desde afuera.....	53
Ilustración 12 Planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP El Castillo vista desde arriba.....	53
Ilustración 13 Sedimentador.....	54
Ilustración 14 Filtros ascendentes vista lateral.....	55
Ilustración 15 Filtros ascendentes vista superior.....	55
Ilustración 16 Línea de conducción 8”.....	56
Ilustración 17 Línea de conducción 6”.....	56
Ilustración 18 Red de Conducción y distribución de agua El Castillo.....	57
Ilustración 19 . Perfil del afluente Caño Antioquia aguas arriba de la bocatoma.....	76
Ilustración 20 Perfil del afluente Caño Antioquia aguas abajo de la bocatoma.....	77
Ilustración 21 Perfil del afluente Caño Brasil aguas arriba de la bocatoma.....	78
Ilustración 22 Perfil de afluente Caño Brasil aguas abajo de la bocatoma.....	79

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Cobertura del servicio de acueducto	65
Gráfica 2 Calidad del servicio público de acueducto de El Castillo.....	65
Gráfica 3 Conocimiento sobre el tratamiento del recurso	66
Gráfica 4 Horas de prestación del servicio	66
Gráfica 5 Suficiencia del tiempo de servicio para suplir necesidades.....	67
Gráfica 6 Percepción de la tarifa de cobro del servicio	67
Gráfica 7 Principales actividades de consumos del agua	68
Gráfica 8 Frecuencia de toma de la ducha al- día	69
Gráfica 9 Apreciación del recurso hídrico	69
Gráfica 10 Realización de actividades de reúso o reducción del consumo	70
Gráfica 11 Actividades de reúso o ahorro del agua	71
Gráfica 12 Porcentaje de conocimiento de campañas educativas.....	71
Gráfica 13 Reúso de aguas lluvias	72
Gráfica 14 Aprovechamiento de aguas lluvias	72
Gráfica 15 Equipos hidráulicos de control de agua.....	73
Gráfica 16 Evidencia de desperdicio de agua.....	74
Gráfica 17 Acciones de derroche de agua.....	74
Gráfica 18 Usuarios de acuerdo con la instalación de micromedidores.....	75

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país con una gran biodiversidad de recursos renovables y no renovables, Sin embargo, esta solo puede ser sostenible en la medida que se le dé un uso racional y responsable, y de esta manera se garantiza la calidad de vida de las comunidades y sus generaciones futuras.

Cabe anotar, que pese a conocer estas condiciones para la preservación de los recursos, continuamente se evidencia su explotación y uso excesivo, entre ellos: el agua, el cual se constituye como el recurso más afectado por los diferentes procesos a los que se ve sometido; el suelo y el aire, que son contaminados y ponen en riesgo principalmente la salud de la población afectada. Aunque debemos resaltar, que legislativamente se ha venido avanzando en la reglamentación de garantías, justificados en los derechos fundamentales de las personas, como la Ley 142 de 1994 que estipula las obligaciones y las condiciones necesarias para la prestación de los servicios públicos.

Además de lo anterior, hay otros factores que inciden en el desarrollo de las comunidades, afectándolos directamente y uno de ellos es La violencia. Para evidenciarlo se desarrollara en este proyecto, el caso de la población de EL CASTILLO- META, que por tal razón fue uno de los municipios escogidos por el Programa para el Desarrollo de las Naciones Unidas PNUD, y el Ministerio de la Alta Consejería Para el Postconflicto, a través del proyecto Manos a la Paz, en el área de Transición hacia soluciones sostenibles, que se sustenta en el mejoramiento en forma directa en la calidad y eficiencia de vida y en especial de la prestación de los servicios públicos.

La Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios Municipal ha decidido promover decisiones orientadas a la gestión integral del recurso hídrico, y por esta razón, la intervención del Programa de uso eficiente y ahorro del agua (PUEAA), el cual sirve como herramienta de acción para el mejoramiento de la gestión técnica, comercial y empresarial para el ente encargado de la prestación de los servicios públicos domiciliarios, partiendo de un diagnostico técnico, para promover la ejecución de programas y proyectos que permitan

realizar el control de pérdidas y agua no contabilizada del Acueducto Urbano del Municipio.

Lo que se busca con el PUEAA es el mejoramiento de los indicadores de calidad y eficiencia en un corto, mediano y largo plazo además de la transferencia a la comunidad de los beneficios financieros, operativos y ambientales obtenidos a través de la implementación del programa.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática principal en el casco urbano del municipio El Castillo, es la mala calidad de los servicios públicos domiciliarios de aseo, alcantarillado, pero en especial, el servicio de agua potable, que son notorias a partir de las quejas de los usuarios a través de la Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios Municipal. Ya que el agua, que llega a la comunidad, no es apta para el consumo humano, lo que conlleva a enfermedades, disminución de la calidad de vida, por la inversión adicional que deben asumir por la compra de agua a empresas privadas de la Zona.

La pésima prestación del servicio proviene de la mala conducción del agua y la red de distribución, lo que genera la disminución innecesaria del caudal de las fuentes abastecedoras, calles inundadas y/o encharcadas, deslizamientos de tierra causados por la infiltración de fugas en los tramos de conducción, y por ende el aumento en la contaminación. Además, los predios aledaños al nacimiento de los cauces en su mayoría son predios privados, lo que ha llevado a una deforestación sin control que puede llegar a causar la disminución o pérdida total del caudal de las fuentes de abastecimiento, agravando la situación actual del municipio.

2. JUSTIFICACIÓN

Este PUEAA hace parte de los esfuerzos que se realizan en el municipio de El Castillo – Meta, para reorientar el uso actual que la población del casco urbano del municipio en mención, ejerce sobre el agua, a partir de sus actividades cotidianas, a fin de disminuir notoriamente el deterioro y agotamiento de las fuentes de abastecimiento y a su vez complementar los planes de vigencia futura que siga la Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios Municipal para optimizar la prestación del servicio de agua potable, desde sus componentes técnicos, operativos, administrativos y ambientales en el marco de la regulación y normatividad.

Los beneficios directos de PUEAA, se verán reflejados tanto en la unidad prestadora del servicio, como en los usuarios, ya que la población podrá gozar de agua potable, sin riesgo alguno de que este pueda ser contraproducente a su salud y/u otros derechos fundamentales afectados, además del desarrollo económico de las familias; (esto teniendo en cuenta que ellos compran el agua de calidad desconocida y más costosa y gastan más, lo que puede incidir en su pobreza), y muy importante anotar, que se verán beneficiados los cauces de la fuentes abastecedoras, lo que contribuirá a su conservación, y preservación a largo plazo , esto genera una garantía de tenencia del recurso en las futuras generaciones.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Formular un plan de uso eficiente y ahorro de agua para el municipio de El Castillo – Meta, como una herramienta de gestión técnica, ambiental, económica, administrativa y social para la prestación óptima del servicio de acueducto.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Establecer el diagnóstico ambiental y técnico de todo el sistema de acueducto del municipio de El Castillo.

Determinar la problemática asociada al consumo de agua y prestación del servicio de acueducto en el municipio de El Castillo – Meta.

Formular estrategias para la recuperación, conservación, y protección de las áreas de influencia de las microcuencas abastecedoras de agua.

Proponer alternativas de gestión integral del recurso hídrico en pro de la reducción de pérdidas y/o fugas, y el mejoramiento del sistema de acueducto y ahorro de agua.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 ANTECEDENTES

En Colombia existen municipios que han desarrollado programas encaminados a hacer un uso racional del recurso hídrico, como en Guaca en Santander en el año 2009, cuyo programa está dirigido a la población cabecera municipal, para mitigar la problemática del suministro de agua y su distribución, en condiciones aptas para el consumo humano, propendiendo por un servicio óptimo y de buena calidad. Para tal fin, desarrolló una serie de proyectos educativos en instituciones públicas y privadas, y diferentes campañas de concientización, dirigidas a la comunidad, que se convirtieron en referentes para las propuestas de este trabajo, (Unidad De Servicios Públicos Domiciliarios Guaca Santander, 2019).

En ese orden de ideas, el municipio de La Florida en Nariño en el año 2013 también desarrolló un plan de esta naturaleza para la población del casco urbano y la del sector rural, adoptando estrategias de conservación de las microcuencas, reducción de pérdidas ocasionadas por daños en infraestructura hidráulica y recuperación de las zonas de deforestación (Escuela Superior de Administración Pública ESAP, 2013).

Por otra parte, es preciso entender que un PUEAA no solo es estrictamente aplicable en el ámbito de empresas prestadoras de servicio en una población urbana, si no que todas las empresas que consuman agua deberán implementar un programa de uso eficiente y ahorro de agua según lo dispuesto por el decreto 3102 del 30 de diciembre 1997, por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua. En este caso se debe mencionar que en el año 2011 la compañía TAMPA CARGO S.A, la cual es una aerolínea especializada en el transporte de carga de elementos perecederos, carga general, animales vivos, mercancías peligrosas, además tiene experiencia en el mantenimiento de sus aviones aprobada por la (Administración Federal de Aviación) y la CAA colombiana. Esta empresa cuenta con un hangar donde realiza las diferentes actividades

de mantenimiento, debido a esto se generan todo tipo de residuos ordinarios, reciclables y peligrosos, por lo cual es necesario actividades de limpieza intensiva, lo que ocasiona un uso excesivo del agua, además de pérdidas que elevan la cantidad de agua consumida cada mes, en la búsqueda de una minimización en el consumo y un uso mas eficiente, la empresa implementó un programa de uso eficiente y ahorro del agua con el cual obtuvo soluciones tales como cambios estructurales que optimizaron el uso del agua con programas de capacitación para el personal de la empresa, realización de gestiones externas de los residuos, así como la actualización de la matriz legal y la matriz de impactos en un servicio mayor (Berrío Peláez, 2012).

En el año 2014 el club campestre CAFAM también se vio en la necesidad de formular un PUEAA debido a que su principal fuente de abastecimiento de agua es de dos pozos de agua subterránea, y se ha evidenciado con el tiempo que es un recurso limitado, sobre todo por las fuertes exigencias del ente de control, con este PUEAA tuvo como finalidad darle cumplimiento a la normatividad y a los requerimientos exigidos por la Secretaria Distrital de Ambiente para la concesión de aguas subterráneas, además de la búsqueda de optimización en el uso eficiente del agua que conlleve a una disminución del consumo y por ende la preservación de los pozos abastecedores. (Becerra Ganoa, 2014).

Otro caso importante en la búsqueda de soluciones encaminadas a él buen uso del recurso hídrico se puede ver ejemplarizada en el año 2016 por la empresa UNIPALMA S.A dedicada a la producción y venta de aceite crudo de palma. Los objetivos claves del PUEAA desarrollado por esta empresa van encaminadas a la disminución de costos en el proceso productivo en términos de pago de regalías por explotación de las fuentes hídricas, para esto encaminaron propuestas orientadas a establecer acciones y recursos que conlleven a la correcta gestión del recurso hídrico usado en las actividades de la compañía, que puedan ser evaluadas periódicamente y que garantice la minimización de los impactos ambientales en el cumplimiento de la normatividad vigente y el fortalecimiento de la cultura ambiental en el personal de la empresa, lo que llevara a fomentar el desarrollo sostenible en la organización. (Manrique Florián, 2017).

Por su parte, en el municipio de El Castillo – Meta ha decidido adquirir una mayor responsabilidad sobre la gestión ambiental Municipal. Por ello y en cumplimiento de la Resolución 1433 de 2004, la Alcaldía Municipal con el apoyo de la Corporación Autónoma Regional CORMACARENA y la Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios Municipal, elaboraron el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, donde quedo expresa la necesidad de contar con un programa de ahorro y uso eficiente del agua.

4.2 MARCO TEÓRICO

El manejo integral del agua comprende acciones directamente relacionadas con la oferta, la demanda, la calidad, formas de aprovechamiento, manejo de los vertimientos y la prevención de riesgos. Es de gran importancia estimar el crecimiento de la población y de los asentamientos urbanos debido a que los recursos naturales, especialmente del agua necesitan actividades planeadas y coordinadas que conlleven a un mejoramiento en la forma de aprovechar el recurso desde la captación hasta los vertimientos.

Cuando se habla de manejo integral del agua, se puede definir que los usuarios son los responsables de su manejo, en ese sentido el Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua PUEAA permite planear y organizar las acciones encaminadas a lograr un consumo con conciencia por parte de los suscriptores, lograr la disminución de pérdidas en el sistema, proteger las fuentes hídricas de abastecimiento y receptoras de los vertimientos con el ánimo de garantizar la oferta y disminuir los riesgos a causa de las actividades humanas y eventos naturales que puedan afectar su uso.

El Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua se define como el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico. Su función como instrumento es regular, controlar y

fortalecer la relación o el equilibrio entre la oferta y la demanda del recurso hídrico en las fuentes de abastecimiento, ya sean superficiales o subterráneas. (Cerrejón, 2011).

En la cumbre del agua de 1998, se definió que la única manera de atenuar la crisis de agua y compensar los desequilibrios y competencias injustas, es creando conciencia de que el agua tiene un costo, pero no un precio. Organizaciones mundiales como la OMS, OPS, UNESCO, EPA lideran programas en beneficio del medio ambiente incluyendo la protección del recurso hídrico. A nivel nacional el ente rector es el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y por intermedio de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) promueven programas para la sostenibilidad de los recursos naturales fomentando los buenos hábitos ambientales (Escuela Superior de Administración Pública ESAP, 2013) .

Se estima que antes de 50 años, unos 2.500 millones de personas sufrirán escasez de agua, actualmente aproximadamente 1.000 millones no cuentan con un servicio de agua potable en su casa y/o las fuentes naturales es escaza o se encuentra contaminada (Unesco, 2015).

4.2.1 Usos globales de Agua

El sector agrícola consume cerca del 65% del recurso hídrico, seguido por el sector industrial con 24%, requerimientos municipales 7% y finalmente reservorios el 4%. En Colombia de acuerdo con el balance hídrico realizado por el IDEAM el sector agropecuario consumo el 63% del recurso hídrico en Colombia seguido por el sector energético 32%, consumo humano 5%. (Escuela Superior De Administración Pública ESAP, 2014).

Con base en informe de 2011 de la Superintendencia de Servicios Públicos, de un total de 231 municipios, solo un 18% cuenta con agua apta para el consumo humano, es decir, 189 municipios recibieron agua no potable, lo que representa un 82%. De un total de 23.908.989 de colombianos que recibieron agua a 8.187.542 se les suministro agua no

potable lo que representa un 34% del total de la población. La población más afectada con los anteriores indicadores son la población infantil y las personas que viven en condiciones de extrema pobreza. (Sanchez Zanchez, 2013).

4.3 MARCO CONTEXTUAL

El municipio de El Castillo- Meta, se encuentra localizado al sur occidente del departamento del Meta y limita al norte con el Municipio de Cubarral, al sur, el Río Guape, marca su límite con el municipio de Lejanías, al oriente, el Río Ariari, lo separa de los Municipios de San Martín y Granada y al occidente limita con el municipio de Lejanías. El municipio tiene un área de 64.366.80 ha, y se encuentra comprendido entre las coordenadas geográficas 3°33'53'N y 73°47'40"W. La cabecera municipal se encuentra localizada a 346 m.s.n.m, registra una temperatura media de 28°C y a una distancia de 97 km de Villavicencio. (Alcaldía de El Castillo Meta, 2015).

El Castillo- Meta, pertenece a la subregión del Alto Ariari, acompañado de los municipios de Cubarral, El Dorado, Lejanías, Fuente de oro, Guamal y San Martín, conformando la Asociación de Municipio del Alto Ariari –AMA.

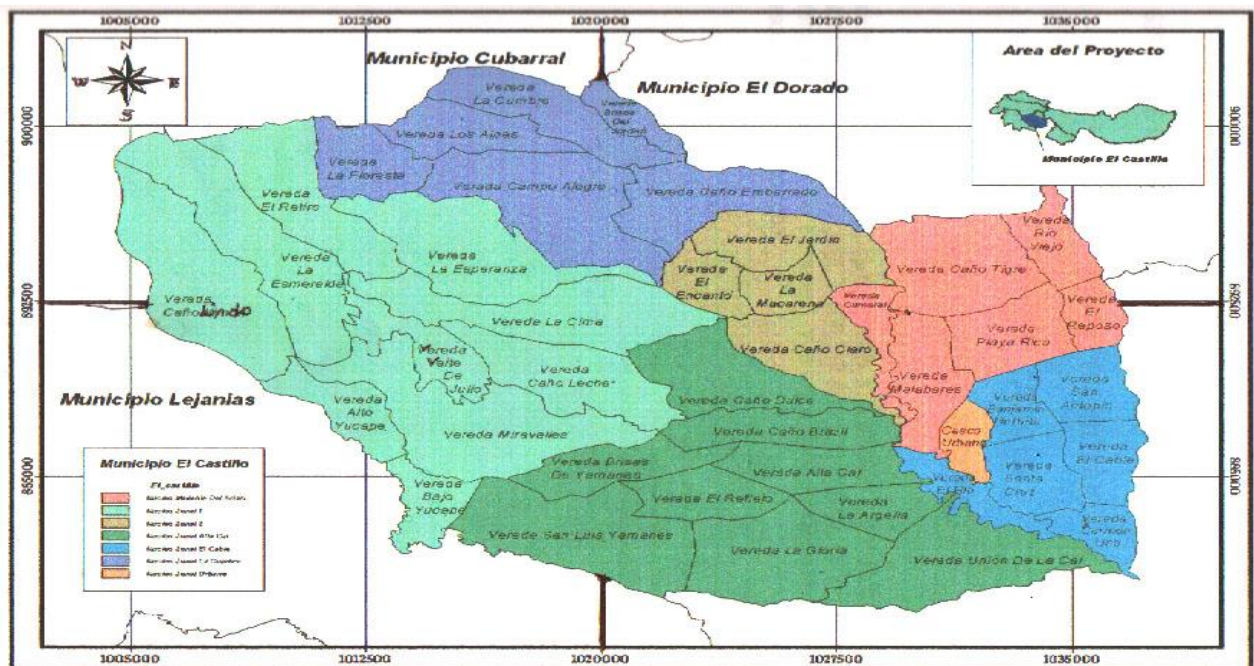


Ilustración 1 División Política Del Municipio El Castillo.

Fuente: (Consejo Municipal El castillo Meta, 2000).

De acuerdo con el censo realizado por el DANE en el año 2005 y los registros de población por parte de la administración municipal en el 2014, la cantidad de habitantes del municipio ha aumentado considerablemente y en consecuencia la cantidad de usuarios del servicio de acueducto. (Dane, 2005).

Tabla 1 Habitantes Del Municipio De El Castillo

Año	Habitantes cabecera	Habitantes zona rural	Total
2005	1813	3871	5684
2014	2013	4455	6468

Fuente: Censo DANE 2005 y Alcaldía de El Castillo- Meta 2014.

Las principales actividades económicas del municipio se basan en los ingresos provenientes de la agricultura y ganadería.

4.3.1 Cuencas y fuentes de abastecimiento

El municipio de El Castillo se encuentra ubicado en zona de piedemonte y es bañado por los ríos Ariari, Guape, La Cal y los caños Yamanes, Uruimes, Pereira, Antioquia, Brasil, Embarrado, Dulce, Cumaral y otros, y por las quebradas La Cristalina y Sardinata. Es por esta razón, que las actuales fuentes de abastecimiento del recurso hídrico para el acueducto del municipio El Castillo son los caños Antioquia y Brasil.

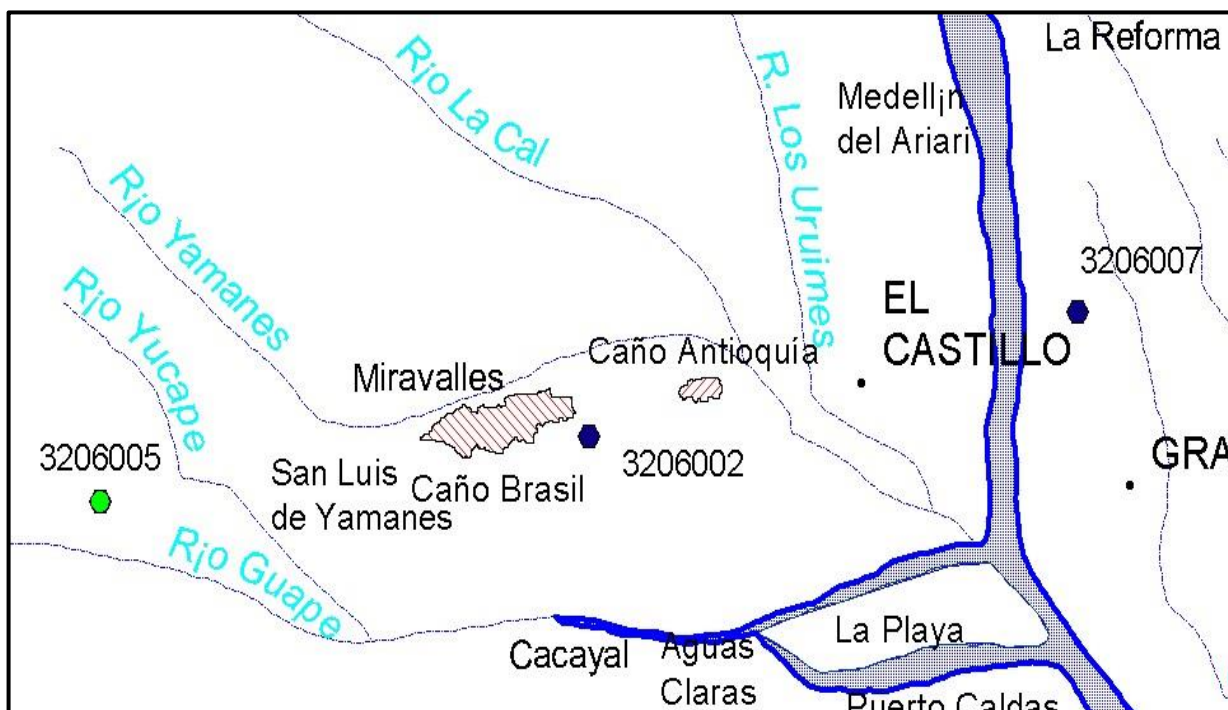


Ilustración 2 Características de las Fuentes de Abastecimiento

Fuente: Plan de Contingencia para la prestación de los servicios de Acueducto y Alcantarillado.

Estas áreas estratégicas de nacimiento de agua se encuentran declaradas como áreas de reserva por el departamento, debido a la importancia de los bienes y servicios ambientales que estos prestan, además la zona de la bocatoma de Caño Antioquia es declarada mediante acto administrativo parte del Municipio.

Cada una de las fuentes de abastecimiento tiene concesión de aguas superficiales y permiso de ocupación de cause, otorgada por la Corporación Ambiental de la Jurisdicción CORMACARENA en el año 2013, ambas tienen como objetivo que el servicio del agua, sea apta para el consumo humano y doméstico en el municipio El Castillo- Meta; sin embargo Caño Antioquia puede usarse solamente en época de lluvia que corresponde a los meses de Marzo-Noviembre, debido a que ésta presenta una disminución de caudal significativa en temporadas de sequía. (Meta, Alcaldía Municipal de El castillo, 2016).

Tabla 2 Características de las Fuentes de Abastecimiento.

Fuente Abastecedora	Caudal a Abastecer (Lt/s)	Ubicación	Coordenadas Planas		Resolución
			Norte (N)	SUR (S)	
Caño Antioquia	13	Vereda Alta Cal	885.612	1.082.235	PS-gj-1. 26.13.0279
Caño Brasil	13		885.226	1.023.149	ps-gj- 1.2.6.13.0147

Fuente: Autores 2016.

4.3.2 Empresa encargada de los servicios de acueducto y alcantarillado

En el Municipio de El Castillo- Meta, la prestación del servicio urbano de acueducto, alcantarillado y aseo está a cargo de la administración municipal, a través de la Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios. Los centros poblados tienen su propia solución de acueducto y alcantarillado y solo el servicio de aseo es prestado por el municipio.

De acuerdo con la información suministrada por el municipio de El Castillo, la cobertura del servicio de acueducto en el área urbana corresponde al 95%, mientras que para el servicio de alcantarillado sanitario es del 94%.

4.4 MARCO CONCEPTUAL

Agua: Es el componente más abundante de la superficie terrestre y, más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos, y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales.

Agua cruda: Agua que no ha sido sometida a proceso de tratamiento.

Agua potable: Agua que reúne los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en la Resolución 2115 de 2007, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos en la salud.

Ahorro: Aquellos recursos que no se consumen y que en cambio se guardan para prevenir necesidades futuras.

Almacenamiento: Acción destinada a almacenar un determinado volumen de agua para cubrir los picos horarios y la demanda contra incendios.

Educación ambiental: Proceso permanente en el cual los individuos y las comunidades adquieren conciencia de su medio y aprenden los conocimientos, los valores, las destrezas, la experiencia y también la determinación que les capacite para actuar individual y colectivamente, en la resolución de los problemas ambientales presentes y futuros.

Equipos, sistemas e implementos de bajo consumo: Son todos aquellos equipos, sistemas e implementos definidos en la norma Icontec NTC-920-1, o las que la modifiquen o adicionen y adoptados por la respectiva entidad prestadora, destinados a proveer de agua potable las instalaciones internas de los usuarios, que permiten su operación en menor consumo unitario.

Fugas: Cantidad de agua que se pierde en el sistema de acueducto por accidentes en la operación, tales como la rotura o fisura de los tubos, rebose de los tanques, o fallas en las uniones entre las tuberías y los accesorios.

Macromedición: Actividades de procesamiento, análisis y divulgación de informaciones respecto a caudales, presiones y niveles de agua en el sistema de abastecimiento.

Micromedición: Sistema de medición del volumen de agua, destinado a conocer la cantidad de agua consumida en un determinado periodo de tiempo por cada suscriptor del sistema de acueducto.

Programa de uso eficiente y ahorro del agua (PUEAA): el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico. (Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios Acueducto Alcantarillado y Aseo La Florida Nariño, 2009)

4.5 MARCO LEGAL

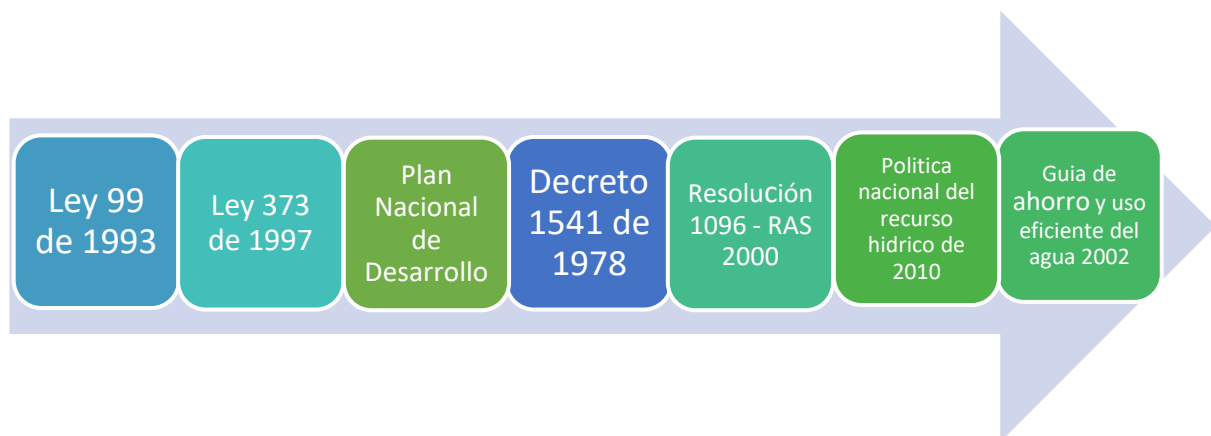


Ilustración 3 Legislación colombiana en torno al plan de ahorro y uso eficiente de ahorro del agua.

fuelle: Adaptado de El ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)

4.5.1 Normatividad relacionada a la prestación de servicios del servicio de acueducto.

NORMA		ALCANCE
Constitución	Política	La Constitución establece que la atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos que deben ser garantizados con eficiencia, universalidad y solidaridad. El estado debe planificar el manejo de los recursos naturales; prevenir y controlar el deterioro ambiental, imponer sanciones y exigir reparaciones.
Artículos 49 y 80		
Ley 9 de 1979		Por la cual se dictan Medidas Sanitarias
Ley 99 de 1993		Crea el Sistema Nacional Ambiental.
Ley 142 de 1994		Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras Disposiciones.
Ley 373 de 1997		Por el cual se establece el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua.
Ley 715 de 2001		Por la cual se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151, 288, 356 y 357 (Acto Legislativo 01 de 2001) de la Constitución Política y se dictan otras Disposiciones para organizar la prestación de los servicios de educación y salud, entre otros.

Ley 1176 de 2007	Por el cual se desarrollan los Artículos 356 y 357 de la Constitución Política y se dictan otras Disposiciones. Sistema General de Participaciones.
Ley 715 de 2001	Por la cual se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151, 288, 356 y 357 (Acto Legislativo 01 de 2001) de la Constitución Política y se dictan otras Disposiciones para organizar la prestación de los servicios de educación y salud, entre otros.
Ley 1450 de 2011	Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014.
Ley 1506 de 2012	Por medio de la cual se dictan Disposiciones en materia de servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica, gas combustible por redes, acueducto, alcantarillado y aseo para hacer frente a cualquier desastre o calamidad que afecte a la población nacional y su firma de vida.
Decreto Ley 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
Decreto 1449 de 1977	Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del Artículo 56 de la Ley número 135 de 1961 y el Decreto-Ley número 2811 de 1974. En relación con la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas.

Decreto 1541 de 1978 - Decreto 2858 de 1981	Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973. -Trámite para obtención de la Concesión de Aguas
Decreto 3102 de 1997	Por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua.
Decreto 1604 de 2002	De las Comisiones Conjuntas.
Decreto 155 de 2004	Por el cual se reglamenta el Artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones.
Decreto 1575 de 2007	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
Decreto 1323 de 2007	Por el cual se crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico, SIRH.
Decreto 1480 de 2007	Por el cual se priorizan a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuencas hidrográficas y se dictan otras Disposiciones.
Decreto 1575 de 2007	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Decreto 0007 de 2010	Por el cual se reglamenta el Artículo 11 de la Ley 505 de 1999 y el parágrafo 1 del Artículo 6 de la Ley 732 de 2002 – DANE.
Decreto 3930 de 2010	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III- Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras Disposiciones.
Decreto 3571 de 2011	Por el cual se establecen los objetivos, estructura, funciones del Ministerio Vivienda, Ciudad y Territorio, y se integra el Sector Administrativo de Vivienda, Ciudad y Territorio.
Decreto 1640 de 2012	Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras Disposiciones.
Decreto 303 de 2012	Por el cual se reglamenta la Ley 1176 de 2007 en lo que respecta a la participación para Agua Potable y Saneamiento Básico del Sistema General de Participaciones, y la 1450 de 2011 en lo atinente a las actividades de monitoreo, seguimiento y control integral de estos recursos - Departamento Nacional de Planeación.

Decreto 2246 de 2012	Por el cual se reglamenta el Artículo 21 de la Ley 1450 de 2011 y se dictan otras Disposiciones. Programa Agua y Saneamiento para la Prosperidad - <i>Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento PAP-PDA.</i>
Decreto 953 de 2013	Por el cual se reglamenta el artículo 111 de la Ley 99 de 1993 modificado por el artículo 210 de la Ley 1450 de 2011...dispuso que los Departamentos y Municipios dedicarán un porcentaje no inferior al 1% de sus ingresos corrientes para la adquisición y mantenimiento de las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales, o para financiar esquemas de pago por servicios ambientales en dichas áreas.
Resolución 1096 de 2000	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.
Resolución 2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
Resolución 141 de 2008	Creación de la Comisión Nacional Asesora de Agua, Saneamiento Básico e Higiene en el marco del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.

<p>Resolución 379 de 2012</p>	<p>Por el cual se deroga la Resolución 813 de 2008 y se establecen los requisitos de presentación, viabilización y aprobación de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico que soliciten apoyo financiero por la Nación, así como aquellos que han sido priorizados en el marco de los Planes Departamentales de Agua y de los programas que implemente el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, a través del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, se reglamenta el Comité Técnico de Proyectos y se dictan otras disposiciones.</p>
<p>Circular Externa SSPD 000003 de 2007</p>	<p>Medidas preventivas y contingentes para asegurar la calidad y continuidad en la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado.</p>

Fuente: (Sociedad de acueductos, alcantarillados y aseo - Aguas del Huila S.A.E.S.P., 2016)

..

5. MARCO METODOLOGICO

5.1 LINEA Y SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN

Línea: Sostenibilidad y gestión ambiental.

Sub línea de investigación: Gestión integral de aguas superficiales.

5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se realizó una investigación con un enfoque integrado multimodal o enfoque mixto, teniendo en cuenta que se llevó a cabo un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos que corresponda al planteamiento del problema. El enfoque cualitativo se utilizó en lo referente al análisis de la información bibliográfica de antecedentes y de estudios correlacionados con el tema de investigación, del mismo modo como en la obtención de información de la comunidad estudiada, ya que para el planteamiento, descripción del problema y las actividades dirigidas a su solución fue estrictamente necesaria la participación de los habitantes del municipio, ya que por medio de encuestas y entrevistas nos permitieron evaluar las experiencias de los habitantes del municipio El Castillo en cuanto al manejo del recurso hídrico y la calidad de agua de consumo.

Adicionalmente, los métodos cuantitativos se aplicaron en la caracterización fisicoquímica del agua que abastece al Municipio, en la evaluación de los sistemas de suministro existentes y en el planteamiento y selección de las alternativas de solución planteadas.

5.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Se realizó una investigación Factual de nivel descriptivo, explicativo y aplicativo porque esta permite identificar la problemática ambiental, de tipo sanitario o por fugas en el centro poblado del municipio, además de evaluar las características de las fuentes

abastecedoras y las problemáticas visibles actuales, así de esta forma poder brindar la mejor solución a dichas problemáticas.

5.4 POBLACION DE ESTUDIO

Para el estudio y la formulación de este proyecto, se tomó como referencia la población directamente relacionada con las problemáticas la del municipio El Castillo ubicado en las coordenadas geográficas 3°33'53" N - 73°47'40" O, con una altitud media de 500 m.s.n.m, y un total 6.468 habitantes incluyendo los 4.455 habitantes de la zona urbana. Este pertenece a la subregión del Alto Ariari, acompañado por los municipios de Cubarral, El Dorado, Lejanías, Fuente de Oro, Guamal y San Martín, conformando la Asociación de Municipios del Alto Ariari (AMA). Esta subregión alberga el ´paramo más grande del planeta el Sumapaz y extensas llanuras. Este es uno de los territorios más golpeados por la violencia por lo que a la fecha aún se encuentran vestigios de la guerra y rezago social en cuanto a servicios públicos y vivienda. (Meta, Alcaldía Municipal de El castillo, 2016).

5.5 MUESTRA POBLACIONAL

En efecto para realizar este estudio, se estimó una muestra poblacional que fuese representativa, por medio de un muestreo aleatorio simple. Para dicho muestreo se tomo en cuenta la población urbana de 6.468habitantes, con un nivel de confianza del 95% y probabilidades a favor y en contra del 50%. (Meta, Alcaldía Municipal de El castillo, 2016)

Tabla 3 Ecuación de muestreo aleatorio simple

<p>n= Número de muestra</p> <p>N= Población</p> <p>z= Nivel de confianza</p> <p>p= Probabilidad a favor</p> <p>q= Probabilidad en contra</p> <p>e= Error de muestra</p>	$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2(N - 1) + z^2 * p * q}$
---	--

Fuente: adaptado de (Youtube, 2015).

De La anterior ecuación se concluye que se debe elaborar un estudio teniendo en cuenta como mínimo 89 habitantes del municipio ente el casco urbano y el rural.

5.6 DESARROLLO METODOLÓGICO

5.6.1 Fase 1: Establecer el diagnóstico ambiental y técnico de todo el sistema de acueducto del municipio de El Castillo.

Actividad 1.1: Recorrido con la persona encargada del mantenimiento del acueducto (Fontanero), desde las fuentes abastecedoras, línea de aducción, planta de tratamiento, línea de conducción y red de distribución.

Descripción: Se realizó un recorrido con personal experimentado de la zona por la parte alta de las fuentes abastecedoras para determinar el material vegetal, zonas desforestadas y linderos con las propiedades privadas aledañas, además se hizo una revisión de cada estación de tratamiento, y líneas de educción y conducción.

Actividad 1.2. Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua (Caño Brasil y Caño Antioquia).

Descripción: Se caracterizaron las fuentes abastecedoras teniendo en cuenta el recorrido y la documentación existente en la unidad prestadora de servicio, organizando la información referente a el área de las cuencas en los puntos de captación, la longitud de drenaje, caudal mínimo estimado, caudal seguro y caudal máximo. A demás se realizó un resumen de las características morfométricas.

Actividad 1.3. Análisis descriptivo del estado de los diferentes procesos de tratamiento del agua.

Descripción: Con base en la información recolectada en el recorrido por las fuentes abastecedoras y la planta de tratamiento, se realizó un diagnóstico de los diferentes procesos de tratamiento de agua, teniendo en cuenta sus dimensiones, funcionalidad y estado actual.

Actividad 1.4: identificación de los riesgos, amenazas y vulnerabilidad.

Descripción: Teniendo en cuenta el plan de contingencia para la prestación de servicios de acueducto y alcantarillado, se procedió a la identificación de los riesgos, amenaza y vulnerabilidad que podrían ocasionar efectos negativos en el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento y la prestación optima del servicio.

5.6.2 Fase 2: Determinar la problemática asociada al consumo de agua y prestación del servicio de acueducto en el municipio de El Castillo – Meta.

Actividad 2.1. Revisión bibliográfica.

Descripción: Se tomaron documentos que reposaban en la Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios Municipal, para tener una claridad de las necesidades de la formulación del PUEAA, además de la revisión de los requerimientos realizadas al municipio, para que

implementara el uso de dicho programa por parte de la autoridad ambiental de la región CORMACARENA, en este requerimiento se solicita una respuesta urgente.

Actividad 2.2. Encuesta.

Descripción: Se procedió a la realización de una encuesta dirigida a los usuarios, con el fin de determinar los hábitos de consumo de la población urbana, esto se realizó teniendo en cuenta los datos estadísticos de un muestreo aleatorio simple.

Actividad 2.3. caracterización del Agua.

Descripción: Con el fin de determinar las características físico químicas del agua, y porque es peligroso consumirla para los usuarios y para poder determinar los óptimos procesos de tratamiento del agua, se tomaron muestras que fueron analizadas por el laboratorio químico TECNOAMBIENTAL SAS, localizado en la ciudad de Villavicencio.

5.6.3 Fase 3: Formular estrategias para la recuperación, conservación, y protección de las áreas de influencia de las microcuencas abastecedoras de agua.

Actividad 3.1. Definición de medidas para la protección de las microcuencas

Descripción: Diseñar programas de protección de las microcuencas abastecedoras en aras de garantizar la preservación, conservación y recuperación para contribuir en la recarga hídrica y por consiguiente para el bienestar de las presentes y el aprovechamiento de las futuras generaciones

5.6.4 fase 4: Proponer alternativas de gestión integral del recurso hídrico en pro de la reducción de pérdidas y/o fugas, y el mejoramiento del sistema de acueducto y ahorro de agua

Actividad 4.1. Definición de medidas para el mejoramiento del sistema de abastecimiento.

Descripción: con esta actividad se busca la reparación y mejora del sistema de acueducto y así poder garantizar un buen suministro del agua con una calidad óptima para el consumo humano.

Actividad 4.2. Definición de medidas para la reducción de pérdidas

Descripción: diseñar estrategias que permitan una reducción de las pérdidas de agua, ya sean en las líneas de conducción o por parte de los usuarios.

Actividad 4.3. Definición de medidas educativas sobre el ahorro y uso eficiente del agua

Descripción: Esta es una de las actividades más importantes, puesto que la concientización social es una de las tareas más complejas a la hora de desarrollar temáticas ambientales, debido a esto se formularán estrategias y campañas de sensibilización y concientización de la importancia del cuidado del

Actividad 4.4. Determinación de los tiempos de ejecución de las medidas proyectadas

Descripción: Teniendo en cuenta las medidas anteriormente proyectadas, se procede a elaborar un plan de ejecución dentro de los siguientes 5 años necesarios para el desarrollo del proyecto.

Actividad 4.5. Asignación de presupuesto para la ejecución del proyecto.

Descripción: En esta actividad, fueron asignados los recursos para la posterior ejecución de las diferentes medidas proyectadas en el proyecto.

6. RESULTADOS Y ANALISIS

6.1 ESTABLECER EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y TÉCNICO DE TODO EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE EL CASTILLO.

6.1.1 Recorrido por las fuentes de abastecimiento PTAT y áreas conexas

De acuerdo con el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio, las captaciones de agua cruda se encuentran ubicadas en suelos con capacidad de uso VI S1 (Onduladas, erosión, silvopastoril) y VI SE1 (Forestal protectora productora); su aptitud es de cultivos permanentes misceláneos y en mayor porcentaje de cultivos transitorios en área vulnerable.

La fuente hídrica Caño Antioquia tiene nacimiento en la parte alta de la vereda Alta Cal del municipio El Castillo, donde predomina cobertura vegetal típica de piedemonte y de media pendiente altamente intervenida con predios dedicados a la ganadería y agricultura.

La fuente hídrica de Caño Brasil tiene nacimiento en la parte alta de la vereda el Brasil del municipio El Castillo, donde predomina cobertura vegetal típica de piedemonte y alta pendiente. La parte media de la microcuenca se encuentra intervenida y se observan algunas pasturas (Resolución N° PS-GJ 1.2.6.13. 0147).

En términos generales, en las dos zonas de las bocatomas se encuentra vegetación propia de la zona (especies nativas), y las fincas aledañas presentan gran intervención por utilización del suelo para pastoreo de animales (ganadería) principalmente y cultivos. (Consejo Municipal El castillo Meta, 2000).



Ilustración 4 Especies vegetales de la zona

Fuente: Autores 2016.

6.1.1.1 *Vías de acceso y comunicación*

Para el acceso a las bocatomas y la PTAP existe una vía denominada Miravalle (vía terciaria) que conduce al municipio de Lejanías desde el casco urbano de El Castillo (carrera novena 9°, sur del municipio). Sobre esta vía se conducen 4 km hasta un desvío en dirección oriente y se continúa sobre una vía que se encuentra sin pavimentar, pero en buen estado, 3,2 km después del desvío se gira hacia la izquierda donde se continúa una travesía sobre predios particulares y caminos de herradura, hacia la bocatoma de Caño Brasil.



Ilustración 5 Vías de acceso

Fuente: Autores 2016.

El acceso a Caño Antioquia es sobre vía Miravalle hacia el municipio de Lejanías tomando al sur de la carrera novena donde se llega al punto 0 + 3.0km en el sentido sur occidente del casco urbano, se toma un desvío y se continúa sobre un camino a 450 m donde se encuentra la bocatoma.

En los predios aledaños a las bocatomas y sobre el camino de acceso existen cercas con acceso restringido a los animales para impedir su paso a las bocatomas.

6.1.1.2 **Hidrología e hidrogeología**

El *Caño Antioquia* tiene un área de la cuenca en el punto de captación de 0,76 km² y la longitud del drenaje principal en este punto es de 1,35 km. El caudal mínimo estimado para esta fuente es de 2,8 Lt/s lo que representa un rendimiento mínimo de 3,68 Lt/s por km². El caudal seguro (caudal con probabilidad de excedencia del 95%) se estima en 5,9 Lt/s y el máximo en 161,9 Lt/s.

Tabla 4 Resumen Hidrológico Caño Antioquia

	Método de estimación		Unidad
	Relación de áreas	Análisis de frecuencia	
Caudal mínimo estimado	0	0	m ³ /S
	2,75	2,59	Lps
Caudal medio estimado	0,03	0,03	m ³ /S
	34,2	32,25	Lps
Caudal máximo estimado	0,16	0,15	m ³ /S
	161,9	152,65	Lps
Caudal seguro (Q95%)	0,01	0,01	m ³ /S
	5,87	5,54	Lps

Fuente: (Estudios Civiles y Sanitarios ESSERE S.A., pág. 2015)

El área de la cuenca en el punto de captación de *caño Brasil* es de 5,29 km² y la longitud del drenaje principal en este punto es de 6.13 km. El caudal mínimo estimado para esta fuente es de 19,2 Lt/s lo que representa un rendimiento mínimo de 3,63 Lt/s por km². El caudal seguro (caudal con probabilidad de excedencia del 95%) se estima en 40,9 Lt/s y el máximo en 1,1 m³/s.

Tabla 5 Resumen Hidrológico Caño Brasil

	Método de estimación		Unidad
	Relación de áreas	Análisis de frecuencia	
Caudal mínimo estimado	0,02	0,02	m ³ /S
	19,15	18,06	lps
Caudal medio estimado	0,24	0,22	m ³ /S
	238,05	224,45	lps
Caudal máximo estimado	1,13	1,06	m ³ /S
	1126,9	1062,54	lps
Caudal seguro (Q95%)	0,04	0,04	m ³ /S
	40,88	38,54	lps

Fuente: (Estudios Civiles y Sanitarios ESSERE S.A., 2015)

El resumen de las características morfométricas de la cuenca Caño Antioquia y Caño Brasil, se presentan a continuación:

Tabla 6 Características morfométricas de las cuencas.

No	Nombre de la subcuenca	Área			Perímetro			Longitud máxima				Longitud axial de la cuenca			
		m	Km	Millas	m	km	millas	m	km	ft	millas	m	km	ft	millas
2	Caño Antioquia (El Castillo)	7,63E+05	0,8	0,29	5,10E+0,3	5,1	3,17	1,70E+03	1,7	5,58E+03	1,06	1,45E+03	1,45	4,77E+03	0,9
3	Caño Brasil (El Castillo)	5,29E+06	5,3	2,04	1,70E+04	17,4	10,81	6,67E+03	6,7	2,19E+03	4,15	5,30E+03	5,3	1,74E+04	3,29
No	Nombre de la subcuenca	Longitud drenaje principal			Longitud total de drenaje			Ancho medio			Pendiente drenaje principal		Pendiente media de la cuenca		Factor de forma
		m	km	Ft	m	km	ft	m	km	ft	m/m	%	m/m	%	-
2	Caño Antioquia (El Castillo)	1,35E+0,3	1,4	4412,73	1,35E+05	1,35	4412,73	664,26	0,7	2179,33	0,063	6,25	0,061	6,1	0,46
3	Caño Brasil (El Castillo)	6,13E+03	6,1	201118,44	1,85E+0,4	18,48	60626,6	1171,34	1,2	3842,98	0,032	3,19	0,032	3,2	0,22
No	Nombre de la subcuenca	Elevación media msnm		Índice de compacidad	Índice de alargamiento	Densidad de drenaje	Tiempo de concentración-hr		Observación						
				-	-	-	Kirpich	Bransby							
2	Caño Antioquia (El Castillo)	487		1,65	2,56	1,76	0,24	0,19	medianamente drenado; relieve suave; cuenca oval-oblonga						
3	Caño Brasil (El Castillo)	567		2,13	5,7	3,5	1,01	0,63	medianamente drenado; poco susceptible a las crecidas; relieve suave; cuenca rectangular-oblonga						

Fuente: (Estudios Civiles y Sanitarios ESSERE S.A., 2015)

6.1.1.3 *Balance hídrico de las fuentes abastecedoras*

Para determinar la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento para el municipio de El Castillo se toman como referencia los datos suministrados por el IDEAM de sus estaciones que se encuentran en el municipio y algunos cercanos como Lejanías, teniendo en cuenta los datos suministrados para los factores de precipitación, temperatura y evaporación. El método utilizado para realizar el balance hídrico es el denominado “abcd” el cual es un modelo de cuenca no lineal el cual acepta la precipitación y la evapotranspiración potencial como entradas de modelo, produciendo la magnitud del flujo en la corriente hídrica de estudio. Internamente el modelo también representa la humedad almacenada en el suelo, el almacenamiento subterráneo, la escorrentía superficial, las descargas de flujo procedente de acuíferos a las corrientes y la evapotranspiración actual.

En la cuenca de las corrientes Caño Antioquia y Caño Brasil, el caudal medio probable es de 34.19 l/s (rendimiento hídrico de 45.0 l/s-Km²) y 0.24 m³/s (rendimiento hídrico de 45.4 l/s-Km²), correspondientemente. En esta zona se presenta un moderado aporte de precipitación a una tasa media anual de 3.216 mm. En razón a la dinámica climática de la locación de estudio, se puede esperar flujos bajos (i.e. valores cercanos a cero) en los periodos de estiaje (enero, febrero y marzo).

Los resultados sugieren que, en los meses de enero o febrero, existe la posibilidad de no flujo a través de la corriente Caño Antioquia.

Tabla 7. Balance Hídrico según modelo de Thomas para la Cuenca Caño Antioquia.

VARIABLE	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Agua disponible (Wi)	Mm	52,7	145,8	334,2	701,3	1035,6	1043,8	1001,4	893,7	871,5	899,8	878	693,6	-
Oportunidad de evapotranspiración (Yi)	Mm	52,5	144,2	323,2	606,4	718,5	719,9	712,2	686,4	679,6	688,1	681,6	602	-
Humedad almacenada en el suelo (Swi)	Mm	45,6	127,8	281,5	537,5	634,6	645,6	637,2	608,7	603,6	606,4	606,5	529,9	-
Evapotranspiración real al final del periodo (Egi)	Mm	6,9	16,4	41,8	68,9	84	74,3	75	77,6	76	81,7	75,1	72,1	749,8
Recarga del acuífero al final del periodo (Rgi)	Mm	0,1	0,5	3,3	28,5	95,1	97,2	86,8	62,2	57,6	63,5	58,9	27,5	581
Escorrentía directa al final del periodo (Roi)	Mm	0,1	1,1	7,7	66,5	221,9	226,7	202,4	145,1	134,3	148,2	137,4	64,1	1355,6

VARIABLE	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Almacenamiento en la zona saturada (Sgi)	Mm	21,4	21,5	24,3	51,7	144	236,4	316,8	371,6	420,7	474,2	523,2	539,9	-
Caudal generado por el almacenamiento subterráneo (Qg)	Mm	0,4	0,4	0,5	1	2,9	4,7	6,3	7,4	8,4	9,5	10,5	10,8	62,9
Caudal generado total	Mm	0,6	1,5	8,2	67,5	224,8	231,4	208,8	152,6	142,8	157,7	147,9	74,9	1418,6
Caudal generado total	m ³ /s	0	0	0	0,02	0,06	0,07	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	-
Caudal generado total	Lps	0,16	0,48	2,32	19,79	63,79	67,85	59,23	43,29	41,86	44,75	43,37	21,25	-
Infiltración efectiva	Mm	-60,1	2	87,5	255,9	173,9	90,6	58	7,9	25,2	37,4	30,2	-89,8	618,7

Fuente: (Meta, Departamento de planeacion Municipal El castillo -, 2015)

Tabla 8 Balance hídrico para la cuenca caño Brasil según modelo de Thomas

VARIABLE	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Agua disponible (Wi)	Mm	52,7	145,8	334,2	701,3	1035,6	1043,8	1001,4	893,7	871,5	899,8	878	693,6	-
Oportunidad de evapotranspiración (Yi)	Mm	52,5	144,2	323,2	606,4	718,5	719,9	712,2	686,4	679,6	688,1	681,6	602	-
Humedad almacenada en el suelo (Swi)	Mm	45,6	127,8	281,5	537,5	634,6	645,6	637,2	608,7	603,6	606,4	606,5	529,9	-
Evapotranspiración real al final del periodo (Egi)	Mm	6,9	16,4	41,8	68,9	84	74,3	75	77,6	76	81,7	75,1	72,1	749,8
Recarga del acuífero al final del periodo (Rgi)	Mm	0,1	0,5	3,3	28,5	95,1	97,2	86,8	62,2	57,6	63,5	58,9	27,5	581
Escorrentía directa al final del periodo (Roi)	Mm	0,1	1,1	7,7	66,5	221,9	226,7	202,4	145,1	134,3	148,2	137,4	64,1	1355,6

VARIABLE	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Almacenamiento en la zona saturada (Sgi)	Mm	21,4	21,5	24,3	51,7	144	236,4	316,8	371,6	420,7	474,2	523,2	539,9	-
Caudal generado por el almacenamiento subterráneo (Qg)	Mm	0,4	0,4	0,5	1	2,9	4,7	6,3	7,4	8,4	9,5	10,5	10,8	62,9
Caudal generado total	Mm	0,6	1,5	8,2	67,5	224,8	231,4	208,8	152,6	142,8	157,7	147,9	74,9	1418,6
Caudal generado total	m ³ /s	0	0	0	0,02	0,06	0,07	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	-
Caudal generado total	Lps	1,1	3,37	16,11	137,8	444,01	472,29	412,3	301,3	291,4	311,5	301,9	147,9	-
Infiltración efectiva	Mm	-60,1	2	87,5	255,9	173,9	90,6	58	7,9	25,2	37,4	30,2	-89,8	618,7

Fuente: (Meta, Departamento de planeacion Municipal El castillo -, 2015)

6.1.2 Sistema de acueducto

La infraestructura inicial del sistema de abastecimiento es aquella que se encuentra ubicada antes de la PTAP y está comprendida por el sistema de captación, desarenadores y aducciones; posteriormente sigue el sistema de tratamiento y por último la conducción y distribución.

6.1.2.1 Captación

Caño Antioquia

Se encuentra ubicada en las siguiente coordenadas planas: W:1028235, N:885612, H: 425 msnm.

El sistema de captación consiste en una bocatoma de fondo de concreto ubicada a 2,8 kilómetros de la cabecera municipal, con una rejilla transversal al sentido del flujo. Esta rejilla tiene dimensiones 0,85 m de largo por 0,51 m de ancho, con un área útil de 0,16 m², y un número de barras de 18 de ½" (media pulgada). Esta rejilla cuenta con muros de protección en concreto reforzado en los dos costados del caño con un espesor de 20 cm, estos tienen una longitud de 4 m y el del costado izquierdo de 2,8 m. Además, la estructura cuenta con una cámara de derivación y un aliviadero de excesos. La estructura está diseñada para un caudal máximo de 0,3 m³/s, con una longitud del cauce en la zona de captación de 1,8 m, una altura de los muros de encausamiento de 0,70 m y un borde libre de contingencias de 0,48 m. La cámara de derivación tiene una longitud total de 1,35 m, la cual cuenta con una cámara principal y aliviadero de excesos; de la cámara se deriva hacia el desarenador y el agua restante que entra al sistema es entregada nuevamente al Caño Antioquia.



Ilustración 6 Bocatoma Caño Antioquia

6.1.3 Fuente: Autores 2016.

6.1.3.1 *Caño Brasil.*

Igualmente, la captación consiste en una bocatoma de fondo compuesta por un dique vertedero, con una rejilla transversal a la corriente para captar un caudal de 20,1 Lt/s; además cuenta con unos muros de encausamiento y una cámara de derivación. La estructura está diseñada para un caudal máximo de 2 m³/s, con una longitud del cauce en la zona de captación de 10,5 m de ancho, la plataforma de la represa tiene 80 cm de largo y 2 m de altura, y la cajilla de captación tiene 90 cm de largo, 55 cm de ancho y 30 cm de profundidad.

Posteriormente el agua es entregada a una cámara de derivación de 8" de diámetro (gres) y pendiente de 1%. La bocatoma tiene un aliviadero tipo WES con la cara anterior vertical, con una altura de la presa de 1,65 m. La cámara de derivación posee una longitud total de 1,35 m, que cuenta con una cámara principal y un aliviadero de excesos.

se evidenció que la estructura de captación en Caño Brasil, días antes había colapsado aparentemente por un aumento en el caudal generado por precipitaciones extremas en la zona y en consecuencia se estaban realizando las medidas necesarias para la atención de la emergencia; es por esta razón que el sistema solo se encontraba funcionando con los aportes de Caño Antioquia.

6.1.3.2 Desarenador

Tanque desarenador Caño Antioquia

El sistema está compuesto por dos desarenadores de tipo convencionales en concreto reforzado que trabajaban en serie (actualmente solo funciona uno), localizados en la cota 399,86 m.s.n.m. Ambos desarenadores cuentan con cubierta.

✓ **Primer Desarenador:** Se encuentra fuera de servicio, tiene unas dimensiones internas de 3,73 m de largo por 1,4 m ancho y una altura de 1,07 m, sus muros son de 2,0 m; la relación del tanque de sedimentación en L/A es de 2,70/1. La entrada tiene una altura de 0,82 m de la placa de fondo, seguidamente a 0,68 m se encuentra una pantalla de 0,80 m. La placa de fondo tiene una doble pendiente de 2,96% y 2,68% que confluyen en la parte central del tanque, donde se tiene una profundidad de 1, 12 m.

La zona de sedimentación tiene un volumen de 3,5 m³ y sus dimensiones internas son: 1,07 m de profundidad, 3,73 m de longitud y 1,20 m de ancho. La zona de salida del sedimentador consiste en un vertedero de altura 0,48 m medido desde el fondo que se conecta a una cámara de 1,20 m de ancho y 0,60 m de largo, que se conecta a través de un tubo de 6" con el siguiente desarenador.

✓ **Segundo Desarenador:** Tiene unas dimensiones de 11, 91 m de largo, 1,90 m de ancho y una altura de 1,96 m; sus muros son de 25 cm y su relación del tanque de sedimentación L/A es de 6/1. En su interior tiene dos pantallas una de ellas de 1,45 m de profundidad y 0,25 m de espesor, y la otra de 0,76 m y 0,15 m respectivamente. A la llegada de la aducción cuenta con una válvula para regular el caudal de paso. La cámara

de aquietamiento tiene dimensiones de 1,93 m de largo, 1,40 m de ancho y 1,75 m de profundidad. La tubería se conecta por el fondo de la cámara.

La zona de sedimentación tiene un volumen de 22 m³ y sus dimensiones son de 8,56 m de largo, 1,40 m de ancho y 1,82 m de profundidad. La zona de almacenamiento y evacuación de lodos está conformada por el fondo del tanque con pendientes de 2,87% y 2,60% las cuales confluyen en la parte central a una profundidad de 1,96 m, donde se encuentra una tubería de desagüe de 6" con su válvula de descarga. La zona de salida del desarenador consiste en un vertedero que tiene una altura desde el fondo de 1,45 m y pendiente de fondo de 1,16%. Al fondo de la cámara sale la línea de aducción.



Ilustración 7 Desarenador caño Antioquia

Fuente: Autores 2016.

Tanque desarenador Caño Brasil.

El sistema está compuesto por dos desarenadores en paralelo de tipo convencional, comprendido por la zona de entrada, sedimentación y salida y se encuentra construido en concreto reforzado. Las dimensiones de cada desarenador son 9,50 m de largo, 3,8 m ancho y 2,7 m de profundidad.



Ilustración 8. Desarenador Caño Brasil

Fuente: Autores 2016.

6.1.4 Aducción

Red de aducción Caño Antioquia.

Desde la cámara de recolección sale la red de aducción de PVC con un diámetro de 6", la longitud de la tubería es de 40,23 m, parcialmente a la intemperie, la cual tiene una capacidad de 25 Lt/s (80% de capacidad de la tubería con tubo lleno).



ilustración 9 red de aducción caño
Antioquia
fuente: Autores 2016.



Ilustración 10 Red de aducción Caño
Brasil
Fuente: Autores 2016.

6.1.5 Red de aducción Caño Brasil

Del desarenador a la PTAP, el agua es transportada a través de una tubería de 6" de diámetro en PVC con tramos de 4" de diámetro. La tubería presenta pequeños tramos a la intemperie y se encuentra en buen estado.

6.1.6 Planta de tratamiento

La PTAP es tipo convencional con una capacidad 28 Lt/s pero el caudal óptimo de tratamiento es 10 Lt/s, el cual pasa por todos los procesos de tratamiento: mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. Actualmente la PTAP cuenta con cerramiento e iluminación en buen estado, y adicionalmente en la entrada se encuentra

un macro medidor de 6" para registrar los volúmenes de agua de ingreso y de esa manera se determinaría la dosificación previa antes de los procesos de tratamiento y conocer las pérdidas que se están generando en el sistema de tratamiento; sin embargo, el dispositivo no está en operación debido a la falta de mantenimiento.



Ilustración 11 planta de tratamiento de agua potable PTAP El Castillo vista desde afuera

Fuente: Autores 2016.



Ilustración 12 Planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP El Castillo vista desde arriba

Fuente: Autores 2016.

Los procesos que se realizan son los siguientes:

Mezcla Rápida: Es de tipo hidráulico y está conformado por una tolva que su interior tiene un molinete con un diámetro de 60 cm el cual gira con la propia fuerza de impacto del agua que sale de la tubería de aducción. Adicionalmente este sistema cuenta con un tanque dosificador, el cual vierte un químico hidratado en la de tolva de mezcla a través de una tubería en PVC de 1/2". Esta tolva tiene 0,90 m de longitud y 1,40 m de altura, con una descarga sumergida de 0,15 m en una cámara del floculador.

Floculador: Al finalizar la mezcla rápida la tolva vierte el agua en el floculador hidráulico ascendente-descendente, compuesto por seis cámaras de 1,75 m de largo, 1,30 m de

ancho y 2,30 m de altura; donde se lleva a cabo la formación de los floc que se originan al adicionar un coagulante al agua (sulfato de aluminio y cal).

Sedimentador: Posterior al proceso de floculación, el agua pasa por el sedimentador donde se precipitan los floc. Solo se encuentra una unidad sedimentador de flujo ascendente y de tasa alta, con módulos plásticos de 0,90 m de altura. La repartición del agua floculada se realiza mediante tres ductos en PVC de 6" de diámetro y la recolección se hace en una canaleta de concreto de 0,26 m por 0,20 m de sección y 3,44 m de longitud, con 26 orificios de 2" de diámetro (13 en cada costado). Las dimensiones del sedimentador son 3,50 m de largo, 2,75 m de ancho y 2,35 m de profundidad efectiva.



Ilustración 13 Sedimentador

Fuente: Autores 2016.

Filtración: Este proceso se realiza con un filtro ascendente compuesto por materiales filtrantes tales como arena, grava y antracita y un filtro lento en arena. La filtración está compuesta por cuatro unidades de 1,20 m de largo, 2,69 m de ancho y 3,15 m de altura. El borde superior de la canaleta de lavado está a 1,99 m del fondo.



Ilustración 14 Filtros ascendentes vista lateral
Fuente: Autores 2016.



Ilustración 15 Filtros ascendentes vista superior
Fuente: Autores 2016.

Desinfección: Este proceso consiste en adicionarle cloro al agua para eliminar las bacterias patógenas. El sistema de cloración se realiza con cloro gaseoso.

6.1.7 Tanque de almacenamiento

Para el almacenamiento del agua potable proveniente de la PTAP en una tubería en PVC de 6", existen dos tanques de almacenamiento localizados conjuntamente a la PTAP a una altura de 390, 38 m.s.n.m. El primer tanque con dimensiones de 8,8 m de lado y 2,7 m de profundidad tiene una capacidad de almacenamiento de 210 m³; el tanque fue construido en el año 1984 se encuentra fuera de servicio desde el 2009, puesto que tiene problemas de filtración y sus válvulas están en mal estado.

El segundo tanque de almacenamiento que actualmente funciona en condiciones normales, tiene dimensiones de 13 m de largo, 10 m de ancho y 3 m de alto con una capacidad total de 390 m³. El agua sale desde este tanque en tubería de PVC en 6". Actualmente en el tanque no se encuentra ningún tipo de macro medición del agua que sale a la red de conducción.

6.1.8 Red de conducción

Desde el tanque de almacenamiento el agua se conduce por dos tuberías paralelas en PVC de 6" y 8", y su longitud es de aproximadamente 3.022 m. Las dos tuberías se unen antes de entrar a la red de distribución en el casco urbano en una tubería de 4".



Ilustración 16 línea de conducción 8"



Ilustración 17 Línea de conducción 6"

Fuente: Autores 2016.

En la tubería de 6" se encuentran dos derivaciones, una de ellas en 2" que abastece a 20 usuarios y otra de 1 ½", que abastece a 15 usuarios de la zona rural (Vereda El Delirio y Malabar). Además, sobre la línea se encuentran 19 conexiones domiciliarias antes de llegar a la distribución, para un total de 54 usuarios no urbanos.

6.1.9 Red de distribución y conexiones domiciliarias

Esta red se encuentra en tubería de PVC en diámetros que van desde 6" hasta reducirse en 4", 3", 2" y 1 ½", sobre la cual se encuentran 19 válvulas y tres hidrantes.

Es de gran importancia señalar que los lodos generados en todo el sistema de tratamiento retornan a Caño Antioquia, por el sistema de retro lavado que se le realiza a las unidades en las noches.

6.1.10 Características del agua tratada

El sistema de tratamiento del agua potable se puso en marcha y funcionó alrededor de seis meses, sin embargo, actualmente el agua no entra a la PTAP y pasa a través de un bypass sin ningún tratamiento, por esta razón el agua que llega actualmente a los usuarios es cruda. Lo anterior, con ocasión a que el tanque de almacenamiento no cuenta con la capacidad suficiente para abastecer el consumo actual de todos los usuarios, y la tubería no se encuentra ubicada en paralelo genera que los usuarios localizados en las zonas de entrada de la red al municipio reciben el recurso con mayor presión, quienes lo desperdician causando desabastecimiento a otros usuarios del servicio.

En consecuencia, en las épocas de verano, se realizaba racionamiento de agua potable, dividiendo al sector en cuatro zonas:

Barrio el centro.

Alfonso Meneses y Jardín.

Barrio Santander.

Meneses y Nueva Esperanza.

Sin embargo, la población presentó oposición a esta medida, por lo cual el sistema actualmente no tiene en funcionamiento la PTAP.

A continuación, se presentan los dos últimos informes de análisis de agua para consumo humano proveniente del sistema de acueducto del municipio El Castillo, realizados por el laboratorio departamental de salud pública del Meta de acuerdo con las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua potable establecidos en la Resolución 2115 de

2007 dado por el (Ministerio de Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007).

6.1.11 Riesgos, amenazas y vulnerabilidad

En el plan de contingencias para la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado, se identificaron los riesgos, amenazas y vulnerabilidad del sistema; formulando de esta manera las acciones necesarias que permiten dar solución y respuesta a las emergencias por medio del plan operativo o de acción. **(Alcaldía Municipal , 2011)**

6.1.11.1 Riesgos presentes en la microcuenca:

Erosión: Representa una amenaza potencial no solo para la agricultura y ganadería sino para la estabilidad de las obras de ingeniería. El riesgo de la erosión será mayor entre mayor sea la erodabilidad de los suelos, la cual depende de los factores texturales, físico – químicos y estructurales.

Remoción en masa: Comprenden una gran variedad y complejidad de movimientos de material geológico debido a la fuerza de gravedad. En la cuenca alta del río Ariari, este factor es de importante teniendo en cuenta que la mayor parte de sitios críticos están enmarcados dentro de esta tipificación. En el municipio de El Castillo, se presentan grados de amenaza alta, intermedia y baja. La zona de amenaza alta presenta características de relieve inclinado y escarpado, con pendientes comprendidas entre el 25 y 75%, texturas moderadamente gruesas a moderadas finas, bien drenados y alta intervención entrópica. La zona de amenaza intermedia muestra un relieve ondulado a quebrado, con pendientes comprendidas entre el 7 y el 25%, texturas variadas de finas a moderadamente gruesas, bien drenados, con intervención entrópica intermedia. La zona de amenaza baja presenta un relieve plano a ligeramente ondulado con pendientes de 0 a 7%, texturas de gruesas a finas, bien a pobremente drenados, con menor intervención

entrópica. Sin embargo, en la zona de la ronda del caño no se presentan problemas de estabilidad geológica.

Avalanchas e Inundaciones: El área presenta zonas de alta susceptibilidad potencial y actual a inundaciones por desbordamiento de los ríos principales que riegan el municipio: Guape, Yamanes, La Cal, Uruimes y el Río Ariari. Es importante tener en cuenta que el casco urbano del municipio se encuentra en zona de alta susceptibilidad de inundaciones. La ocurrida más recientemente tuvo lugar en el mes de noviembre de 2015, afectando principalmente a los habitantes del centro poblado de Medellín del Ariari, a causa del desbordamiento del Caño Aguas Claras.

Sismología: El marco tectónico regional está gobernado a mayor escala por la interacción de las placas de Nazca, Caribe y Suramérica, la cual ha generado una serie de fallas geológicas en el país. Algunas de estas se encuentran activas, siendo la más importante la de Romeral y el piedemonte llanero. Las fallas del piedemonte llanero hacen parte de la amplia zona de sistemas de falla de tipo compresional que se prolonga a lo largo del margen oriental de la cordillera oriental y que afectan al departamento del Meta. La identificación de zonas de amenaza alta, media y baja para el departamento del Meta fue realizada en el marco del Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia – INGEOMINAS – AIS – Uniandes – 1999. De acuerdo con lo anterior de los 29 municipios que conforman el Departamento del Meta, quince (15) se encuentran en zona de amenaza alta, ocho (8) en zona de amenaza intermedia y seis (6) en zona de amenaza baja. El municipio del Castillo se encuentra en la zona de amenaza sísmica alta.

Sequía: El desarrollo de las actividades productivas y el mal manejo del agua, sumado a los fenómenos ocurridos por el cambio climático, favorecen la disminución de los caudales hídricos, favoreciendo los fenómenos de sequía, a lo cual no es ajeno el municipio de El Castillo. (Cormacarena, 2009)

6.1.11.2 *vulnerabilidades detectadas*

Ubicación: La localización de la microcuenca de caño Brasil en áreas de alta y media remoción de masa, genera una alta probabilidad de problemas con el suministro de agua, por taponamiento del cauce e incremento de la carga del material sólido del cauce.

Deterioro ambiental: El cambio de cobertura vegetal y las actividades productivas desarrolladas desde hace ya varios años genera como consecuencia deterioro en el entorno de la zona.

Condiciones climáticas: El sistema como opera actualmente es vulnerable a las condiciones climáticas, ya que, por la falta de tratamiento, cuando el nivel de turbiedad es excesivo se suspende el suministro.

6.2 DETERMINAR LA PROBLEMÁTICA ASOCIADA AL CONSUMO DE AGUA Y PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO EN EL MUNICIPIO DE EL CASTILLO – META.

6.2.1 Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión de los siguientes documentos y fuentes de información: Ley 373 de 1997 “por el cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua”, la Guía para la formulación del PUEAA del Ministerio de Medio Ambiente, también se revisó la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, además la Página Web de la Corporación Autónoma Regional “CORMACARENA” y Programas de Uso Eficiente y Ahorro del Agua implementados en el municipio de El Castillo anteriormente, y demás documentación referente al tema presentes en la Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios Municipal.

6.2.1.1 *Demanda de agua*

En El Castillo el servicio de acueducto urbano es para uso doméstico-residencial, comercial, oficial y especial comprendido por 626 usuarios para el año 2016.

Tabla 9. Usuarios del servicio de Acueducto Urbano

USO	Usuarios
Doméstico Estrato 1	92
Doméstico Estrato 2	486
Doméstico Estrato 3	1
Total Doméstico	579
Comercial	37
Oficial	6
Especial	4
Total	626

Fuente: (Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios El Castillo, 2016)

Los usuarios especiales, corresponden a entidades sin ánimo de lucro y los oficiales a las entidades del estado tales como policía, hospital, colegios y alcaldía.

Dado que no se cuenta actualmente con micro medición, la facturación se realiza a todos los suscriptores a razón de un consumo promedio de 20 m³ por suscriptor mes, lo que resultaría un consumo calculado de 12520 m³ mensuales, sin embargo, esta información no es exacta hasta tanto no se cuente con la medición real de consumos por cada predio.

Para el año 2009 se realizó la proyección de la población y la respectiva demanda de agua para el periodo de diseño 2010-2035, para los diseños del sistema de acueducto, teniendo en cuenta un NCS Medio, según como lo indica el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) Título B, de acuerdo al número de habitantes del área urbana y rural del municipio. Según este cálculo de caudales, se determinó posteriormente el caudal a solicitar ante la corporación para la concesión de

aguas (13 Lt/s en cada bocatoma) y caudal de diseño adoptado al sistema de aducción, conducción y tratamiento de agua.

Tabla 10. Proyección de la Demanda de Agua

AÑO	c.m.d (l/s)			C.M.D (L/S)			C.M.H (l/s)		
	Urbano	Rural	Total	Urbano	Rural	Total	Urbano	Rural	Total
2009	4,22	0,38	4,60	5,49	0,49	5,98	8,51	0,76	9,27
2010	4,31	0,39	4,70	5,60	0,51	6,11	8,68	0,79	9,47
2011	4,39	0,40	4,79	5,71	0,52	6,23	8,85	0,81	9,66
2012	4,47	0,40	4,87	5,81	0,52	6,33	9,01	0,81	9,82
2013	4,56	0,41	4,97	5,93	0,53	6,46	9,19	0,82	10,01
2014	4,65	0,42	5,07	6,05	0,55	6,60	9,38	0,85	10,23
2015	4,73	0,43	5,16	6,15	0,56	6,71	9,53	0,87	10,40
2016	4,82	0,43	5,25	6,27	0,56	6,83	9,72	0,87	10,59
2017	4,90	0,44	5,34	6,37	0,57	6,94	9,87	0,88	10,75
2018	4,99	0,45	5,44	6,49	0,59	7,08	10,06	0,91	10,97
2019	5,08	0,46	5,54	6,60	0,60	7,20	10,23	0,93	11,16
2020	5,17	0,47	5,64	6,72	0,61	7,33	10,42	0,95	11,37
2021	5,26	0,47	5,73	6,84	0,61	7,45	10,60	0,95	11,55
2022	5,36	0,48	5,84	6,97	0,62	7,59	10,80	0,96	11,76
2023	5,45	0,49	5,94	7,09	0,64	7,73	10,99	0,99	11,98
2024	5,55	0,50	6,05	7,22	0,65	7,87	11,19	1,01	12,20
2025	5,66	0,50	6,16	7,36	0,65	8,01	11,41	1,01	12,42
2026	5,76	0,51	6,27	7,49	0,66	8,15	11,61	1,02	12,63
2027	5,86	0,52	6,38	7,62	0,68	8,30	11,81	1,05	12,86
2028	5,97	0,53	6,50	7,76	0,69	8,45	12,03	1,05	13,10
2029	6,07	0,54	6,61	7,89	0,70	8,59	12,23	1,09	13,32

AÑO	c.m.d (l/s)			C.M.D (L/S)			C.M.H (l/s)		
	Urbano	Rural	Total	Urbano	Rural	Total	Urbano	Rural	Total
2030	6,19	0,54	6,73	8,05	0,70	8,75	12,48	1,09	13,57
2031	6,30	0,55	6,85	8,19	0,72	8,91	12,69	1,12	13,81
2032	6,41	0,56	6,97	8,33	0,73	9,06	12,91	1,13	14,04
2033	6,53	0,57	7,10	8,49	0,74	9,23	13,16	1,15	14,31
2034	6,65	0,57	7,23	8,65	0,75	9,40	13,41	1,16	14,57
2035	6,76	0,59	7,35	8,79	0,77	9,56	13,62	1,19	14,81

Fuente: (Estudios Civiles y Sanitarios ESSERE S.A., 20)

Como puede observarse en la tabla anterior, el caudal máximo horario, aumenta de forma directamente proporcional al número de usuarios, el cual incrementa progresivamente a través de los años.

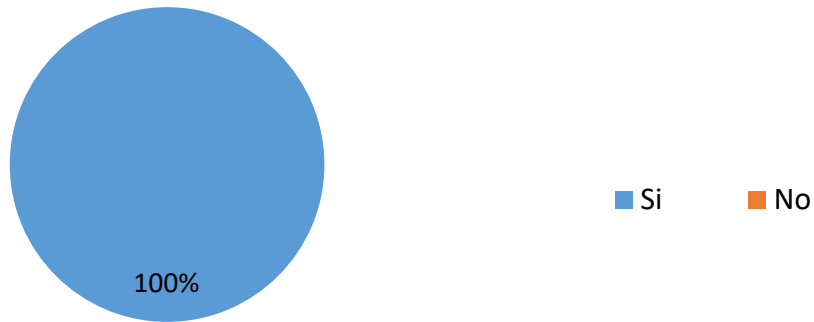
6.2.2 HABITOS DE CONSUMO

Con el objetivo de determinar los hábitos de consumo de los usuarios del servicio de acueducto se aplicó una encuesta dirigida a los mismos, lo cual facilitó el conocimiento sobre las condiciones actuales de suministro del servicio.

Esta encuesta se aplicó a una muestra representativa de los usuarios del servicio de acueducto del municipio El Castillo, con un nivel de confianza del 95% y un error muestral del 5%.

6.2.2.1 Resultados:

Cobertura del servicio de acueducto

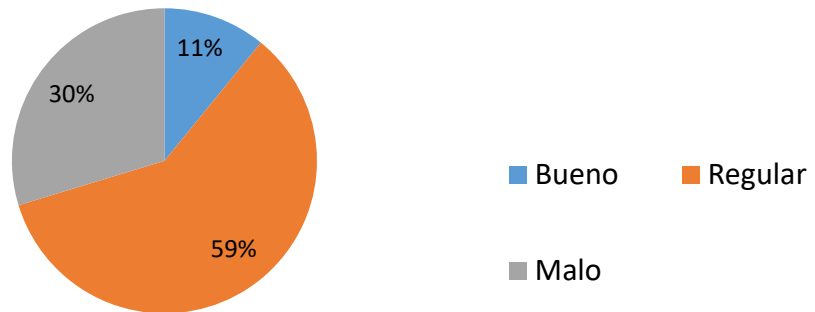


Gráfica 1 Cobertura del servicio de acueducto

Fuente: Autores 2016

Toda la población urbana y rural a la que fue aplicada la encuesta, cuenta actualmente con el servicio de acueducto del municipio El Castillo. En la zona urbana los barrios en los que se aplicó la encuesta corresponden a Alfonso Meneses, El Jardín, Santander y Centro; y en el área rural a las veredas El Delirio, Malabar Bajo y La Cal.

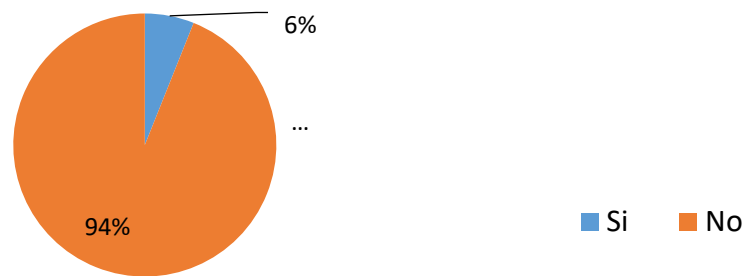
Calidad del servicio público de acueducto de El Castillo



Gráfica 2 Calidad del servicio público de acueducto de El Castillo

Fuente: Autores 2016.

Conocimiento sobre el tratamiento del recurso

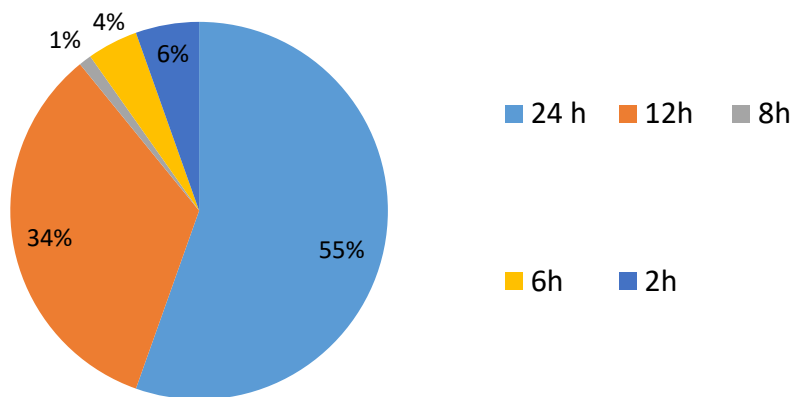


Gráfica 3 Conocimiento sobre el tratamiento del recurso

Fuente: Autores 2016

Para la mayoría de la población encuestada la percepción sobre el servicio de acueducto actualmente es regular, debido a que no éste no es permanente, la calidad del agua no es la adecuada y la mayoría de la población desconoce el sistema de tratamiento del agua que recibe en sus hogares.

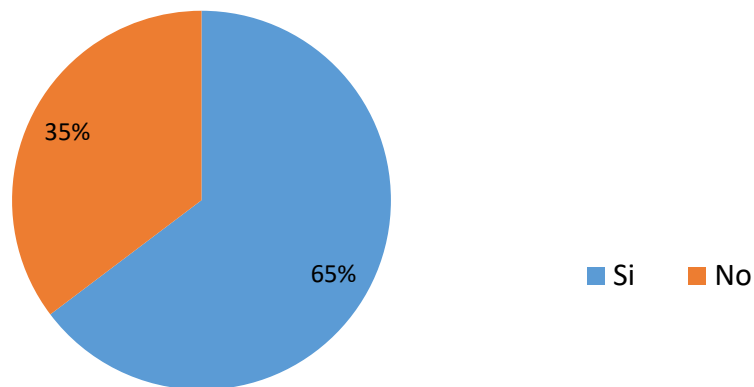
Horas de prestación del servicio



Gráfica 4 Horas de prestación del servicio

Fuente: Autores 2016

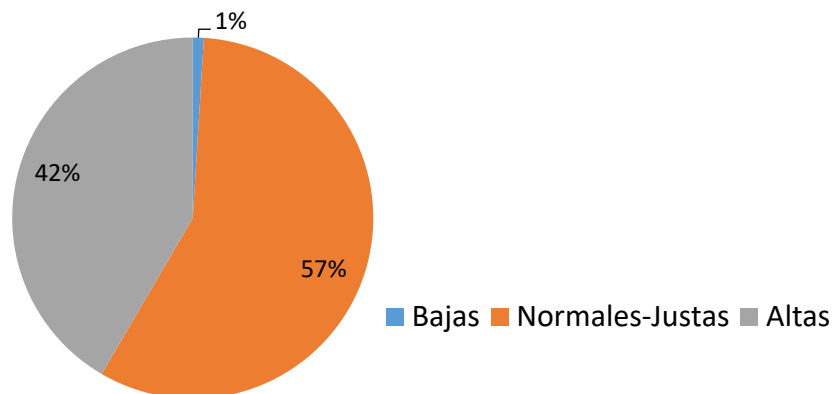
Suficiencia del tiempo de servicio para suplir necesidades



Gráfica 5 Suficiencia del tiempo de servicio para suplir necesidades
Fuente: Autores 2016

El 55% de la población cuenta con la prestación del servicio todo el día (24 horas), sin embargo, un porcentaje menor pero importante (45%) tiene intermitencia en el suministro, lo cual genera dificultades para la ejecución de actividades que requieren del servicio; es por esta razón que un pequeño porcentaje de la población (35%), considera que el tiempo en el que se suministra el agua diariamente no es suficiente para suplir sus necesidades.

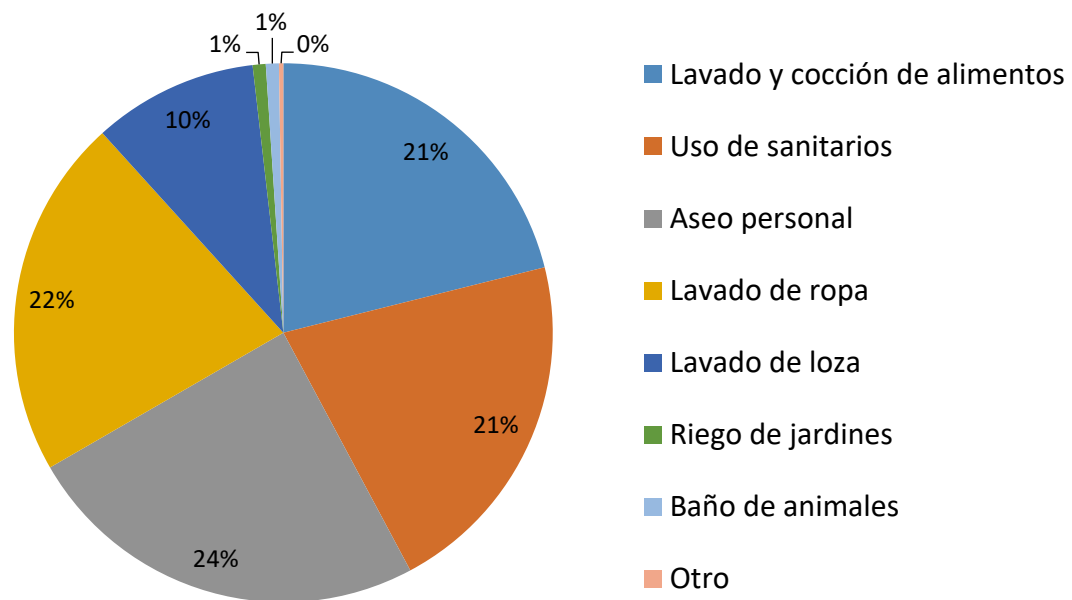
Percepción de la tarifa de cobro del servicio



Gráfica 6 Percepción de la tarifa de cobro del servicio
Fuente: Autores 2016

En relación al cobro del servicio, los usuarios indicaron en su mayoría que las tarifas son normales o justas y en menor proporción altas, debido a que en algunas zonas no es permanente y la calidad del agua no es buena.

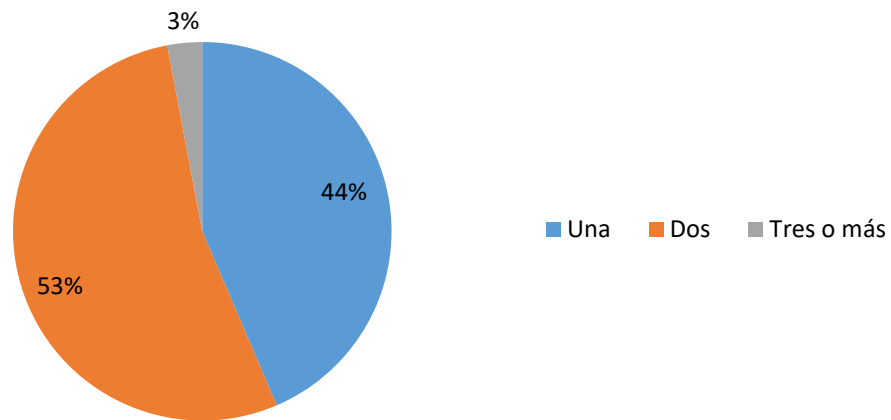
Principales actividades de consumos del agua



Gráfica 7 Principales actividades de consumos del agua
Fuente: Autores 2016

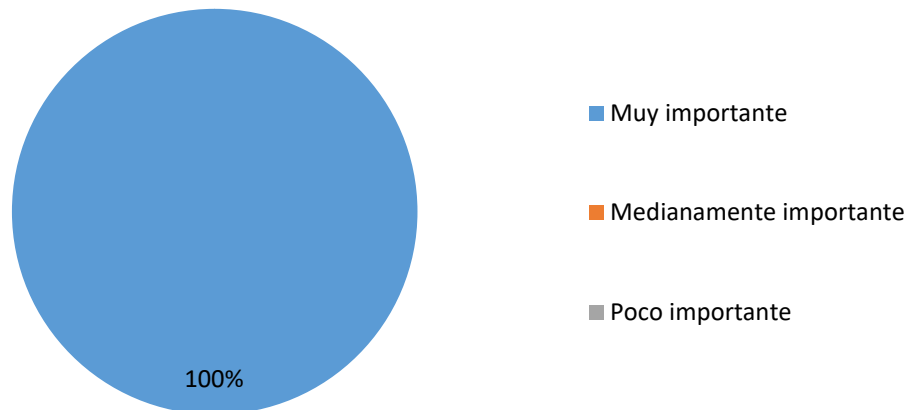
Referente al consumo que se le brinda al recurso, la mayoría de los usuarios indicó que es de tipo doméstico señalando el aseo personal como la principal actividad que desarrollan (24%), seguida del lavado de ropa (22%), lavado y cocción de alimentos (21%), uso de sanitarios (21%) y en menor porcentaje el lavado de loza (10%), riego de jardines (1%), baño de animales (1%) y otras como el riego de cultivos.

Frecuencia de toma de la ducha al- día



Gráfica 8 Frecuencia de toma de la ducha al- día
Fuente: Autores 2016

Apreciación del recurso hídrico

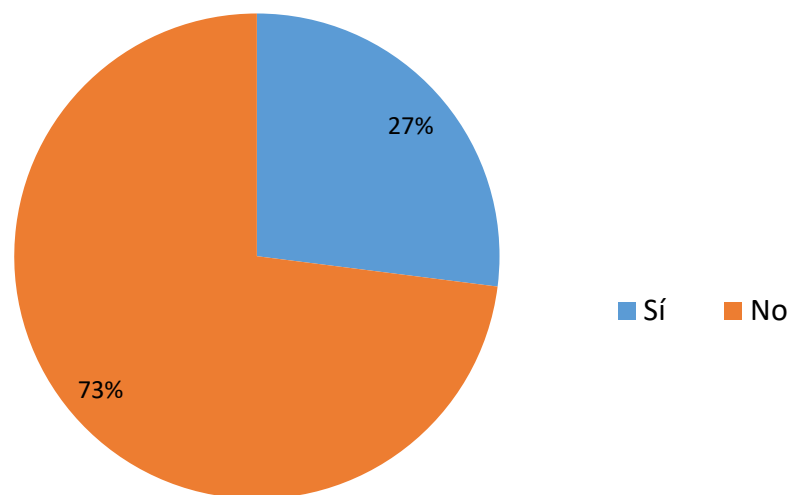


Gráfica 9 Apreciación del recurso hídrico
Fuente: Autores 2016

Teniendo en cuenta que el principal uso que se le brinda al agua es el aseo personal y las condiciones climáticas (zona calidad-húmeda) del lugar, se identificó la cantidad de veces al día que los usuarios le brindan a esta actividad y en consecuencia se evaluó que predomina el aseo personal una vez al día (53%) seguido de un porcentaje igualmente importante y alto de dos veces al día (44%); esto es de gran importancia porque es un indicador de consumo de agua que puede ser tenido en cuenta para los cálculos hidráulicos de optimización del sistema.

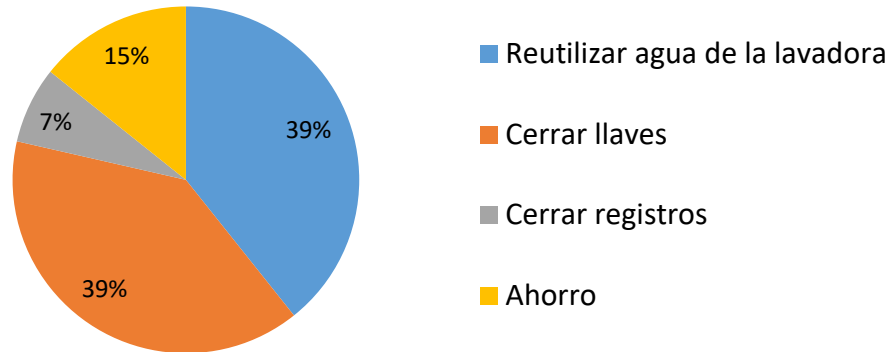
Para la totalidad de usuarios encuestados (100%) el agua es considerada un recurso de gran importancia debido a los bienes y servicios ambientales que el mismo presta para suplir sus necesidades básicas.

Realización de actividades de reúso o reducción del consumo



Gráfica 10 Realización de actividades de reúso o reducción del consumo
Fuente: Autores 2016

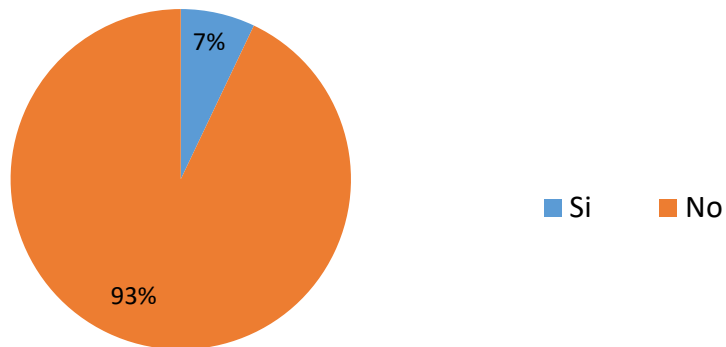
Actividades de reúso o ahorro del agua



Gráfica 11 Actividades de reúso o ahorro del agua
Fuente: Autores 2016

En cuanto a los hábitos de reúso o reducción del consumo del agua, la mayoría de los usuarios (73%) no realiza actividades al respecto, no obstante, un pequeño grupo de la población encuestada (27%) tiene el hábito de reutilizar el agua proveniente de la lavadora, mantener las llaves cerradas, cerrar registros al momento de salir del hogar o ahorrar al máximo el recurso vigilando periódicamente el uso que se le brinda al mismo.

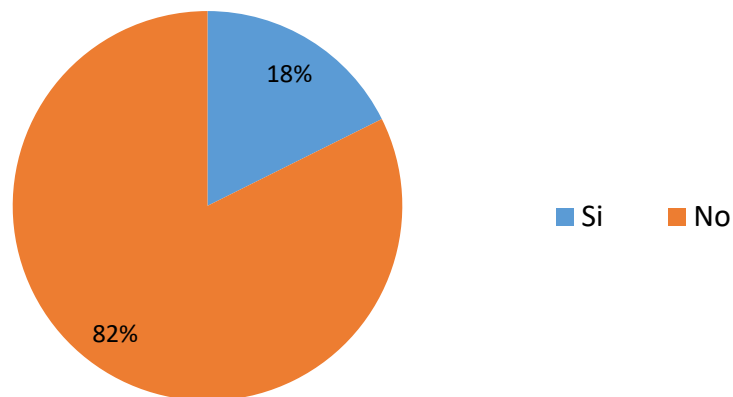
Porcentaje de conocimiento de campañas educativas



Gráfica 12 Porcentaje de conocimiento de campañas educativas
Fuente: Autores 2016

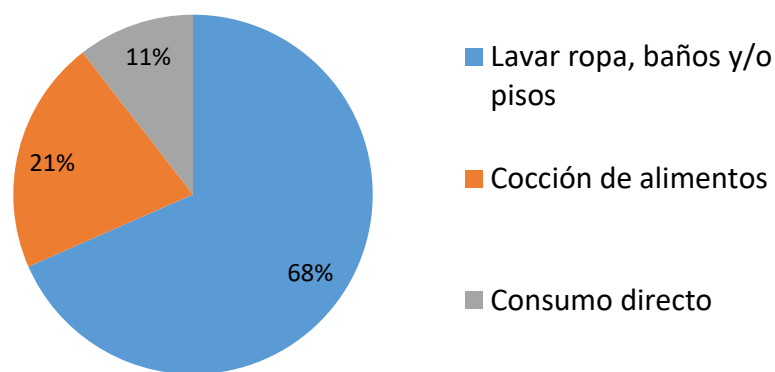
Estos usuarios realizan las actividades de uso o ahorro del agua por iniciativa propia, ya que la mayoría de los suscriptores desconocen cualquier campaña educativa que impulse la alcaldía o alguna institución educativa; los pocos usuarios que conocen alguna campaña la han visto a través de los medios de comunicación nacional como la televisión y algunos folletos entregados en las viviendas.

Reúso de aguas lluvias



Gráfica 13 Reúso de aguas lluvias
Fuente: Autores 2016

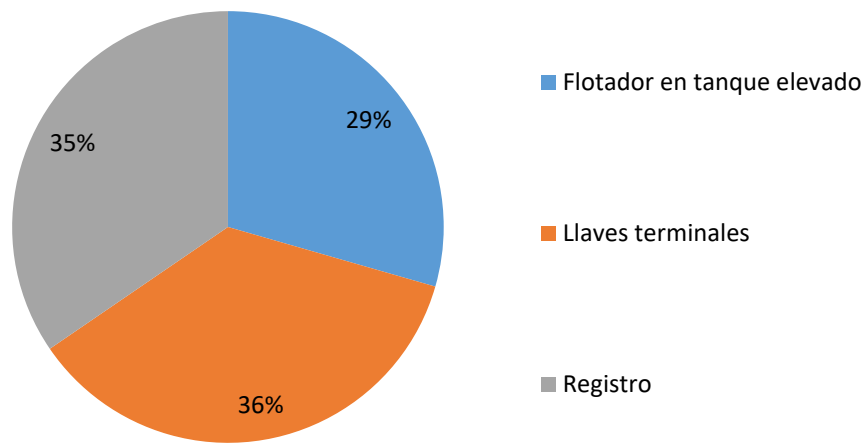
Aprovechamiento de aguas lluvias



Gráfica 14 Aprovechamiento de aguas lluvias
Fuente: Autores 2016

Tal como lo menciona la Ley 373 de 1997, las aguas lluvias deben ser reutilizadas para actividades primarias o secundarias, pese a que no se desarrolla oficialmente esta actividad en el servicio de acueducto municipal alguno usuarios sí lo hacen, para ejecutar principalmente actividades de aseo y en otras ocasiones para el consumo directo o cocción de alimentos.

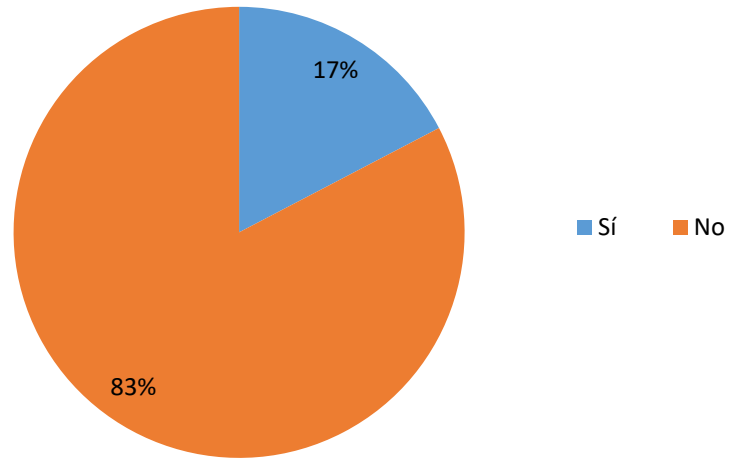
Equipos hidráulicos de control de agua



Gráfica 15 Equipos hidráulicos de control de agua
Fuente: Autores 2016

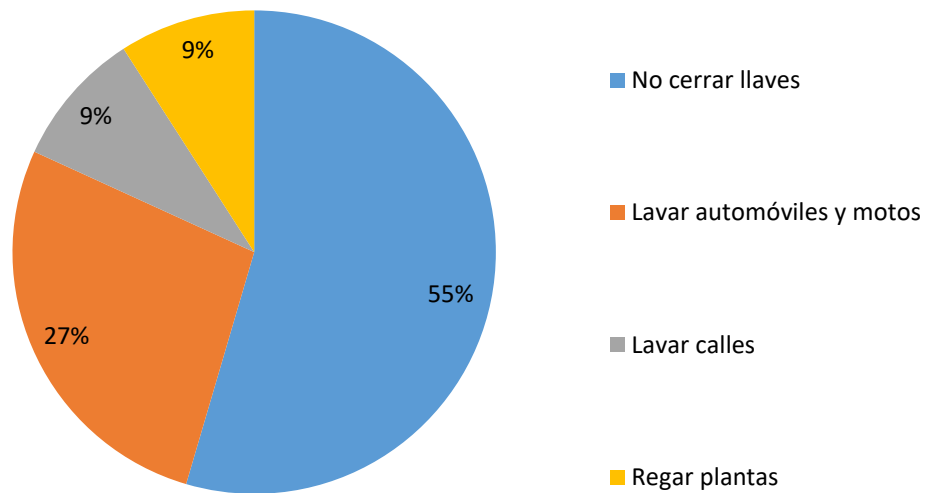
La mayoría de usuarios cuentan con equipos hidráulicos que permiten controlar pérdidas o fugas de agua en las residencias, como llaves terminales en los lavaplatos y lavamanos; igualmente cuentan con registro de agua a la entrada de su vivienda para restringir el paso del fluido a la misma y por último y en menor porcentaje cuentan con flotador en el tanque elevado para el control automático del nivel de llenado o protección contra el bajo nivel en el mismo.

Evidencia de desperdicio de agua



Gráfica 16 Evidencia de desperdicio de agua
Fuente: Autores 2016

Acciones de derroche de agua

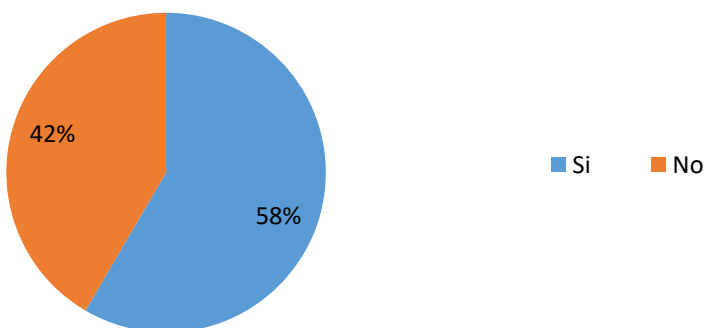


Gráfica 17 Acciones de derroche de agua
Fuente: Autores 2016

Los usuarios que indicaron que no contaba con ninguno de los anteriores equipos o elementos en su vivienda, señalaron que no tienen tanque elevado, que no es necesario, o simplemente porque lo desconocen.

El 17% de los usuarios manifestaron su inconformismo por el inadecuado uso que se le da al recurso por parte de los residentes cercanos, en actividades como no cerrar las llaves (55%), lavado de carros o motos con mangueras (27%), lavado de calles (9%) y riego de plantas en horas no adecuadas (9%).

usuarios de acuerdo con la instalación de micromedidores



Gráfica 18 Usuarios de acuerdo con la instalación de micromedidores
Fuente: Autores 2016

Debido a que actualmente no existe micro medición, los usuarios manifestaron en su mayoría (58%) estar de acuerdo con la instalación de equipos de medida de agua para determinar el consumo real de cada predio.

6.2.3 CALIDAD DEL AFLUENTE

Para determinar la calidad del afluente de Caño Antioquia como de Caño Brasil, se realizaron los análisis de parámetros de calidad del agua y aforos de los niveles de cada uno de los afluentes, por el laboratorio TECNOAMBIENTAL S.A.S. Asesoría y laboratorio acreditado por el IDEAM de la ciudad de Villavicencio, el día mayo 2 del año 2016.

Para determinar las condiciones actuales de las fuentes de abastecimiento se realizaron los aforos de fuente superficial aguas arriba y abajo de las bocatomas.

Para Caño Antioquia se realizó la medición aguas arriba en la vereda La Alta Cal, y los resultados demostraron que existen variaciones en la profundidad del perfil del afluente cerca de su zona intermedia, lo que demuestra que en aquellas zonas de mayor depresión hay retención de sólidos en épocas en los que el caudal y la velocidad disminuyen; y las zonas más elevadas se encuentran cerca de las costas o riberas del caño, generando una especie de canal triangular con algunas zonas irregulares.

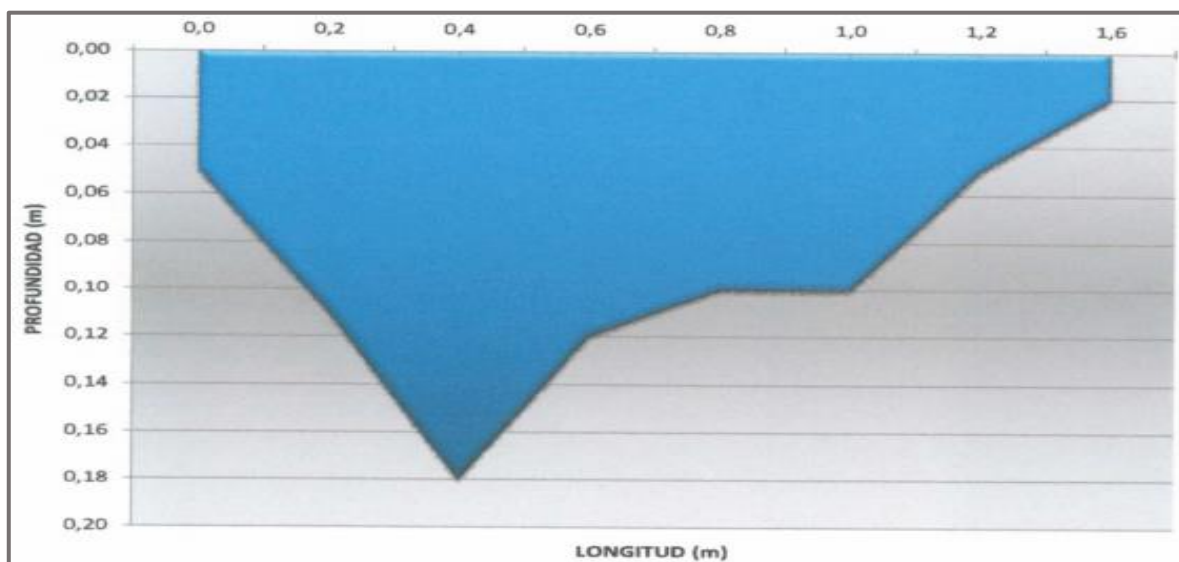


Ilustración 19 . Perfil del afluente Caño Antioquia aguas arriba de la bocatoma

Fuente: (Laboratorio químico TECNOAMBIENTAL S.A.S., 2016)

Las mediciones de flujo en la fuente superficial demostraron que el caudal en Caño Antioquia aguas arriba de la bocatoma es de 28,1 Lt/sy una velocidad media de 0,192 m/s.

El perfil del afluente de Caño Antioquia aguas abajo de la bocatoma presenta un comportamiento similar al de aguas arriba, con una longitud y profundidad mayor de 2,1 m y 0,25 m respectivamente; el perfil de la fuente demuestra un comportamiento de canal triangular natural siendo el sector intermedio el de mayor depresión.

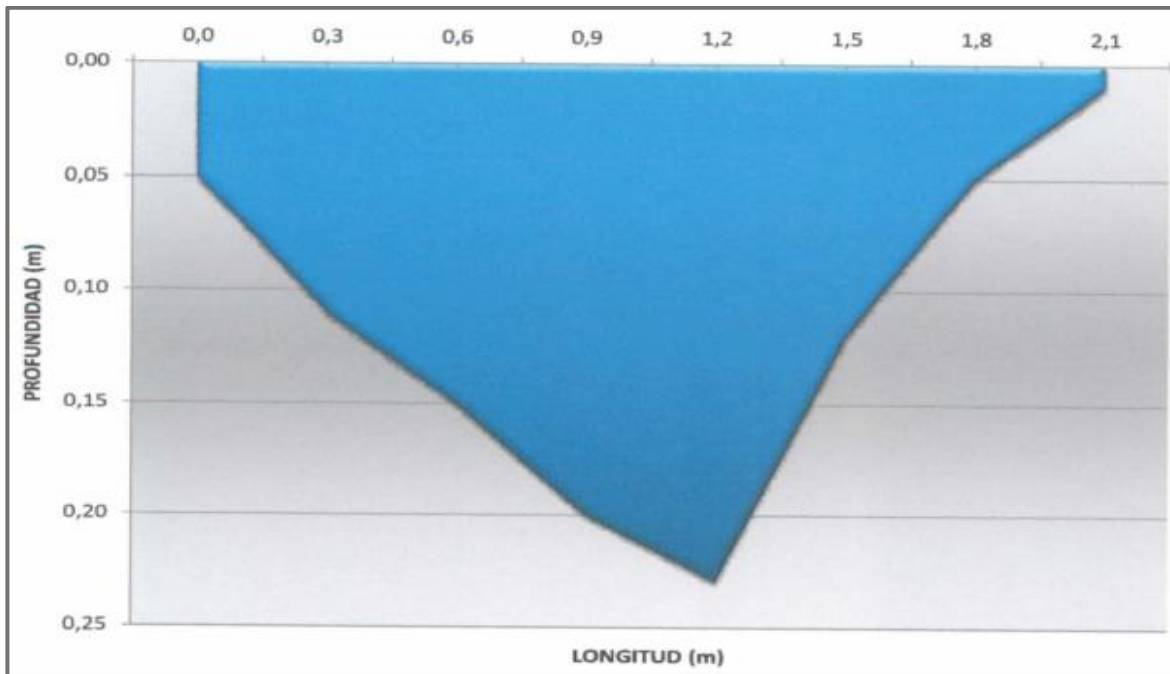


Ilustración 20 Perfil del afluente Caño Antioquia aguas abajo de la bocatoma

Fuente: (Laboratorio químico TECNOAMBIENTAL S.A.S., 2016)

El caudal calculado de acuerdo a las mediciones realizadas *aguas abajo de Caño Antioquia* demuestran que es de 13,79 Lt/s y una velocidad media de 0,052 m/s; mostrando en ese instante un caudal captado de 14,31 Lt/s y por esa razón existe una disminución considerable del flujo y de su velocidad. El volumen que finalmente ingresa al sistema es menor como consecuencia de las devoluciones de los excedentes de caudal a través del aliviadero de exceso.

El perfil del afluente de Caño Brasil demostró un comportamiento diferente en comparación al anterior, este cimiento natural simula una geometría trapezoidal aguas arriba de la bocatoma y algunos cambios en la pendiente del lecho del río, con una longitud mayor de 4,3 m y profundidad de 0,35 m.

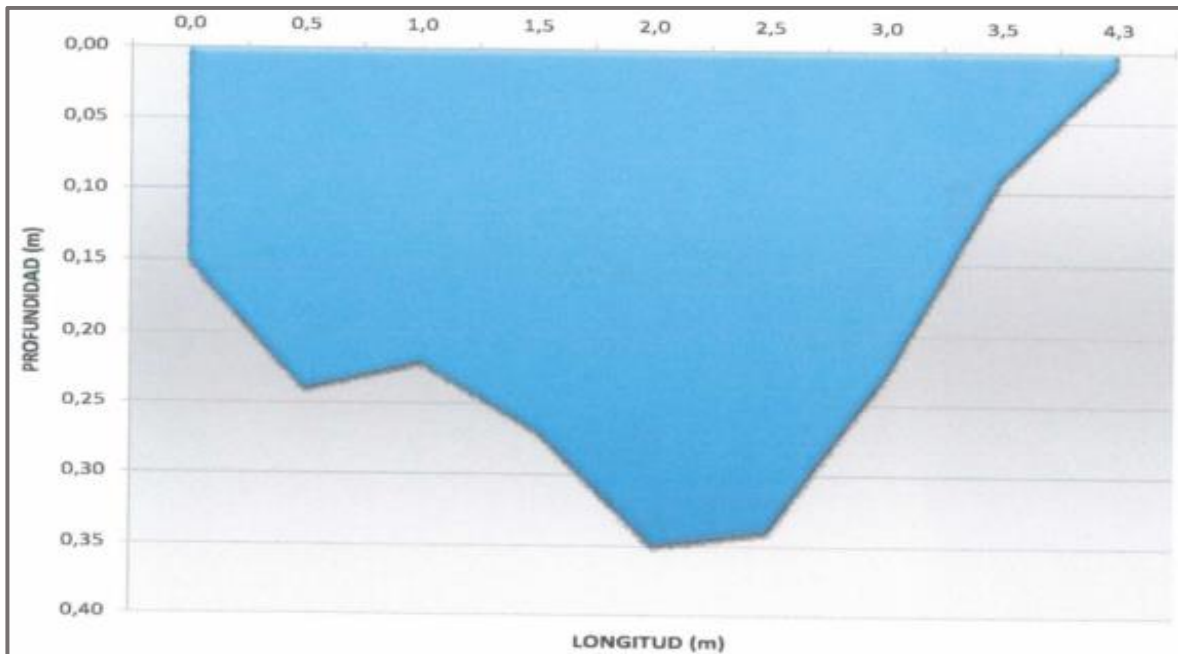


Ilustración 21 Perfil del afluente Caño Brasil aguas arriba de la bocatoma

Fuente: (Laboratorio químico TECNOAMBIENTAL S.A.S., 2016)

Las mediciones del afluente expusieron que el caudal en *Caño Brasil aguas arriba* de la bocatoma es de 26,45 Lt/s, con una velocidad media de 0,287 m/s.

El comportamiento del afluente *aguas abajo de la bocatoma de Caño Brasil* demuestra que la geometría del lecho del río es más uniforme, presentando un canal natural rectangular con una variación alta de pendiente en uno de sus costados.

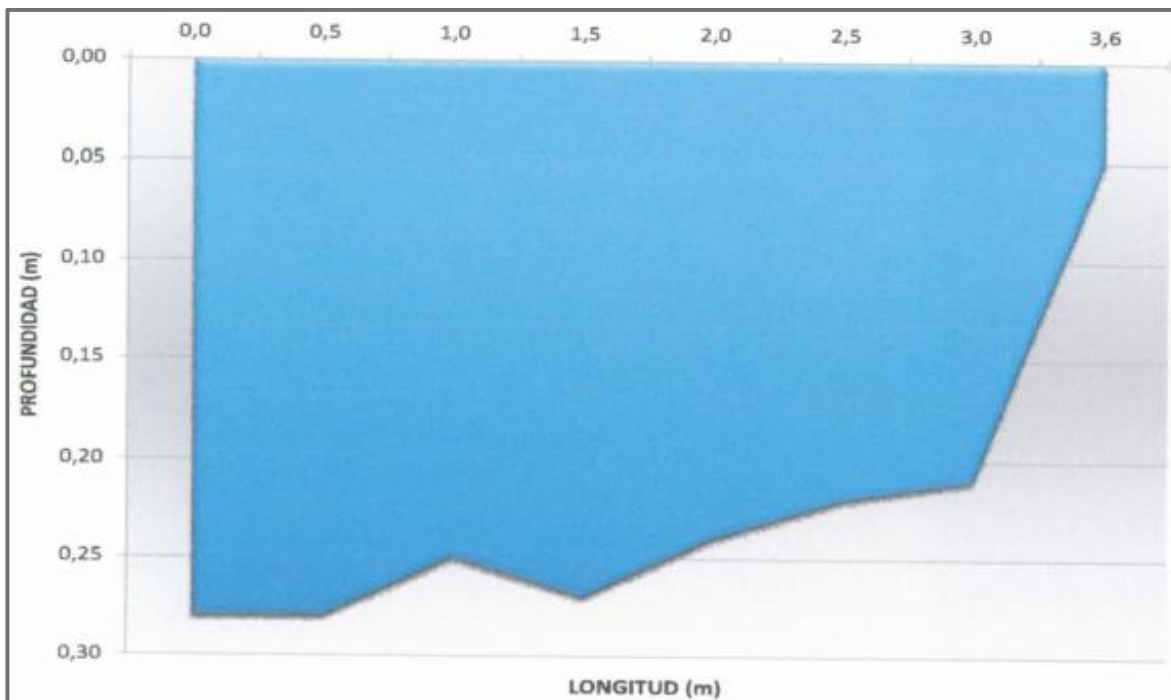


Ilustración 22 Perfil de afluente Caño Brasil aguas abajo de la bocatoma
 Fuente: (Laboratorio químico TECNOAMBIENTAL S.A.S., 2016)

La profundidad y longitud del canal es menor respecto al mismo aguas arriba, presentando una disminución a 0,28 m y 3,6 m respectivamente, demostrando que hay una reducción significativa del caudal una vez este atraviesa las estructuras de captación.

El caudal que tiene el afluente aguas abajo de la bocatoma en Caño Brasil, corresponde a 21,32 Lt/s y una velocidad media de 0,257 m/s; lo cual corrobora la información suministrada anteriormente.

6.2.3.1 *Análisis de muestras*

parámetros de calidad de agua medidos para cada una de las fuentes de abastecimiento del acueducto del municipio el Castillo a la altura de sus respectivas bocatomas, y se

presentan los valores máximos admisibles por la resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Protección Social y Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.

Tabla 11 Calidad de las fuentes de abastecimiento del municipio El Castillo.

Parámetro	Caño Antioquia	Caño Brasil	Valor Aceptable (Resolución 2115/2007)
Análisis Fisicoquímico			
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	15	22	200
Calcio (mg Ca/L)	4	6	60
Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	1	<1	250
Color Aparente (UPC)	20	10	15
Conductividad (μS/cm)	48,8	73,6	1000
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	<5	<5	
DQO (mg O ₂ /L)	<15	<15	
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	17	17	300
Fluoruros (mg F ⁻ /L)	<0,3	<0,3	1,0
Fosfatos (mg PO ₄ ⁻³ /L)	<0,15	<0,15	0,5
Hierro Total (mg Fe /L)	0,7	0,1	0,3
Magnesio (mg Mg/L)	2	<1	36
Magnesio Total (mg Mn/L)	0,05	<0,01	0,1

Parámetro	Caño Antioquia	Caño Brasil	Valor Aceptable (Resolución 2115/2007)
Nitratos (mg N-NO ₃ /L)	<0,03	<0,30	10
Nitritos (mg N-NO ₂ /L)	<0,02	<0,02	0,1
Olor y Sabor	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Oxígeno Disuelto	7,9	8,0	
Ph	5,52	5,64	6,5-9,0
Solidos Suspendidos Totales	<10	<10	
Sulfatos (mg SO ₄ /L)	<5	<5	250
Temperatura (°C)	25,7	25,8	
Turbiedad (NTU)	2,3	1,1	2
Análisis Microbiológico			
Coliformes Totales (UFC/100 cm ³)	24196	12033	0
EscherichiaColi (UFC/100 cm ³)	145	96	0

Fuente: (Laboratorio químico TECNOAMBIENTAL S.A.S., 2016)

De acuerdo, a los resultados obtenidos de los análisis de aguas para cada una de las fuentes de abastecimiento, se puede observar que Caño Brasil cumple en mayor porcentaje los valores admisibles por la resolución lo cual indica que es de mejor calidad; los parámetros que no cumplen corresponden al pH y microbiológicos; mientras que para

Caño Antioquia existen más parámetros por fuera de los criterios de admisión (color aparente, hierro total, pH, turbiedad y microbiológicos).

Teniendo en cuenta la Tabla C.2.1 del Título C del RAS 2000, las fuentes de abastecimiento se clasificarían de la siguiente manera.

Tabla 12 Nivel de calidad de las fuentes de abastecimiento

PARÁMETRO	CRITERIO DE EVALUACIÓN	NIVEL DE CALIDAD DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO	
		Caño Antioquia	Caño Brasil
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	Aceptable: 1-3 Regular: 3-4 Deficiente: 4-6 Muy Deficiente: >6	Regular	Regular
Coliformes Totales (UFC/100 cm ³)	Aceptable: 0-50 Regular: 50-500 Deficiente: 500-5000 Muy Deficiente: >5000	Muy Deficiente	Muy Deficiente
Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	Aceptable: ≥ 4 Regular: ≥ 4 Deficiente: ≥ 4 Muy Deficiente: <4	Aceptable	Aceptable

PARÁMETRO	CRITERIO DE EVALUACIÓN	NIVEL DE CALIDAD DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO	
		Caño Antioquia	Caño Brasil
pH	Aceptable: 6,0-8,5 Regular: 5,0-9,0 Deficiente: 3,8-10,5	Aceptable	Aceptable
Turbiedad (NTU)	Aceptable: < 2 Regular: 2-40 Deficiente: 40-150 Muy Deficiente: >150	Regular	Aceptable
Color Aparente (UPC)	Aceptable: < 10 Regular: 10-20 Deficiente: 20-40 Muy Deficiente: >40	Regular	Regular
Olor y sabor	Aceptable: Inofensivo Regular: Inofensivo Deficiente: Inofensivo Muy Deficiente: Inaceptable	Aceptable	Aceptable
Cloruros (mg Cl/L)	Aceptable: < 50	Aceptable	Aceptable

PARÁMETRO	CRITERIO DE EVALUACIÓN	NIVEL DE CALIDAD DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO	
		Caño Antioquia	Caño Brasil
	Regular: 50-150 Deficiente: 150-200 Muy Deficiente: >300		
Fluoruros (mg F ⁻ /L)	Aceptable: < 1,2 Regular: < 1,2 Deficiente: < 1,2 Muy Deficiente: >1,7	Aceptable	Aceptable

Fuente: (Laboratorio químico TECNOAMBIENTAL S.A.S., 2016)

Según el nivel de calidad de las fuentes de abastecimiento del servicio de acueducto municipal, ambas se encuentran en condiciones aceptables a diferencia de los coliformes totales, demanda bioquímica de oxígeno y la turbiedad, ya que presentan un nivel de calidad muy deficiente y regular. Lo cual indica que aguas arriba de las bocatomas existen vertimientos puntuales de aguas residuales o actividades de pastoreo en las rondas de las microcuencas, afectando la calidad de estas para su consumo por parte de los usuarios del servicio de acueducto. Es por tal razón que el afluente requiere de tratamiento que incluya procesos de pretratamiento, coagulación, sedimentación, filtración, desinfección y estabilización.

6.3 FORMULAR ESTRATEGIAS PARA LA RECUPERACIÓN, CONSERVACIÓN, Y PROTECCIÓN DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA DE LAS MICROCUENCAS ABASTECEDORAS DE AGUA.

La formulación aquí planteada pretende ser desarrollada en los próximos cinco años (periodo de 2016-2021); estos programas tienen como objetivo la protección de fuentes abastecedoras, mejorar y optimizar el sistema de abastecimiento, micro y macro medición, reducir las pérdidas de agua y ahorrar agua.

Las actividades planteadas se formulan buscando subsanar las falencias e inconvenientes identificados en la línea base de la prestación del servicio de acueducto en el municipio de El Castillo, algunas actividades prioritarias de gran importancia para desarrollar el PUEAA se encuentran detalladas en los anexos.

Cabe resaltar que la Unidad de Servicios Públicos del municipio es la encargada de la revisión, adecuación y/o actualización del programa durante este periodo (2016-2020). Los indicadores del plan deben ser revisados anualmente, con el fin de llevar un control estricto de cumplimiento de este y realizar las modificaciones necesarias.

Adicionalmente, la alcaldía del municipio de El Castillo deberá actualizar el estudio hidrológico de manera detallada de cada una de microcuencas fuentes de abastecimiento y de las futuras para que esta información se encuentre disponible en la formulación del siguiente PUEAA quinquenal.

6.3.1 PROTECCIÓN DE MICROCUENCAS

El municipio es consciente de la problemática ambiental que enfrentan los nacimientos de las fuentes abastecedoras y en general toda el área de influencia de las cuencas hidrográficas, por tal motivo, no pretende que al finalizar el horizonte de esta prospectiva se haya solucionado definitivamente dicha problemática, al contrario, bajo una óptica mesurada se concibe un mejoramiento en términos de ampliación de la cantidad de hectáreas adquiridas localizadas en zonas de influencia de nacimientos

El programa de protección de las microcuencas abastecedora tiene como objetivo la preservación, conservación y recuperación de las micro cuencas abastecedoras de agua potable de Caño Antioquia y Caño Brasil del municipio de El Castillo para contribuir en la preservación de estas zonas de recarga hídrica para el bienestar de las presentes y el aprovechamiento de las futuras generaciones de la ciudad.

Tabla 13: Protección de microcuencas.

ACCIONES	OBJETIVO	INDICADOR	META	PERIODO DE EJECUCION	RESPONSABLE
Adquirir los predios localizados en las cuencas altas de los caños abastecedores.	Protección, conservación y manejo de cuentas abastecedoras (Ley 93/ 1999, Ley 812/20039)	Predios adquiridos/Predios susceptibles de adquirir x 100	100% de los predios que se plantea adquirir para protección	Largo	Alcaldía Municipio El Castillo
Reforestación de bosques protectores con participación comunitaria en áreas deforestadas de las cuencas de Caño Antioquia y caño Brasil	Protección, conservación y manejo de cuentas abastecedoras	Siembra de árboles por año/total de árboles compensación ambiental x 100	1000 plántulas cada año.	Largo	Alcaldía Municipio El Castillo

ACCIONES	OBJETIVO	INDICADOR	META	PERIODO DE EJECUCION	RESPONSABLE
Implementación de Planes de Manejo de predios adquiridos		Porcentaje de predios con PMA	80% predios comprados con Plan de manejo ambiental	Mediano	Alcaldía Municipio El Castillo
Monitoreo y control del agua cruda de cada una de las fuentes abastecedoras.	Cumplir con los parámetros establecidos en la Resolución 2115/2007 MAVDT	Número de pruebas realizadas por año/ Número de pruebas requeridas x 100	IRCA de 5.1-14% Nivel de riesgo Bajo	Largo	Unidad de Servicios Públicos
Realizar y revisar pruebas de los niveles de caudal y velocidad en diferentes épocas del año, velocidad, profundidad y	Conocer y controlar los parámetros y variables determinadas en	Número de pruebas realizadas / Número de pruebas requeridas x 100	Suficiencia del recurso hídrico en toda época del año	Largo	Alcaldía Municipio El Castillo y Unidad de Servicios Públicos

ACCIONES	OBJETIVO	INDICADOR	META	PERIODO DE EJECUCION	RESPONSABLE
derivaciones de cada fuente abastecedora.	las concesiones de agua autorizadas.				
Comprobación del caudal ecológico de cada fuente.		Número de pruebas realizadas / Número de pruebas requeridas x 100	20% Caudal medio mensual de la fuente	Mediano	Alcaldía Municipio El Castillo
Estudio Hidrológico y de calidad del agua de las diferentes fuentes que conforman la red hídrica	Realizar seguimiento sobre los cambios que se generen en las condiciones de las fuentes hídricas	Estudio programado/estudio ejecutado x 100	100% de ejecución	Largo	Alcaldía Municipio El Castillo

Fuente: Autores 2016.

6.4 PROPONER ALTERNATIVAS DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO EN PRO DE LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS Y/O FUGAS, Y EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y AHORRO DE AGUA

6.4.1 MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

Este programa busca la mejora, ampliación y mantenimiento del sistema de acueducto del municipio de El Castillo, a través de diferentes actividades encaminadas a satisfacer al usuario y mejorar la calidad del servicio.

Tabla 14 Mejoramiento del sistema de abastecimiento

ACCIONES	OBJETIVO	INDICADOR	META	PERIODO DE EJECUCIÓN	RESPONSABLE
Instalación y reparación el macro medidor ubicados a la entrada y salida de la PTAP.	Conocer las pérdidas reales en el proceso de potabilización y distribución	Volumen de agua captada/volumen de agua distribuida x 100	Medir en un 100% el total de agua procesada y distribuida.	Corto	Unidad de Servicios Públicos

ACCIONES	OBJETIVO	INDICADOR	META	PERIODO DE EJECUCION	RESPONSABLE
Optimización hidráulica de la PTAP	Determinar y ejecutar las obras requeridas para poner el funcionamiento a PTAP (RAS 2000-Titulo C)	Adecuaciones realizadas/ade cuaciones requeridas x 100	ejecución del 100% de las adecuaciones requeridas en la PTAP	Corto	Alcaldía Municipio El Castillo
Poner en funcionamiento la PTAP (entregar agua potable)	Cumplir con los requisitos de calidad de agua (Resolución 2115/2007 MADVT)	Número de muestras que cumplen con parámetros / Número de muestras tomadas x 100	Disminución del IRCA de 0-5% sin riesgo.	Corto	Unidad de Servicios Públicos
Programa de mantenimiento y desinfección de		Número de jornadas realizadas de limpieza /	Cumplir programa de mantenimiento al 100%	Largo	Unidad de Servicios Públicos

ACCIONES	OBJETIVO	INDICADOR	META	PERIODO DE EJECUCION	RESPONSABLE
infraestructura de potabilización y tanques		Número de jornadas planeadas de limpieza x 100	Reducción del IRCA		
Capacitar al personal operativo de la planta en competencias laborales.		Personal certificado /Personal operativo de la planta x 100	100% de operarios certificados	Corto	Unidad de Servicios Públicos

Fuente: Autores 2016.

6.4.2 REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS

Para lograr la reducción del Agua No Contabilizada durante los próximos años, la sectorización hidráulica será la plataforma real de trabajo para la medición del IANC, pero, además, proporcionará beneficios adicionales como es facilitar la operatividad del sistema y redundar en reducción de costos de operación y mantenimiento, incluido en estos costos la reducción de pérdidas de agua tratada por concepto de rotura de tuberías y tiempos de atención de daños.

Paralelamente la formulación e implementación del programa de micro y macromedición serán los determinantes del control de pérdidas comerciales en el sistema y el incentivo principal para lograr un uso racional del servicio; razón por la cual en este programa se involucran dichas actividades.

Tabla 15 Reducción de perdidas

ACCIONES	OBJETIVO	INDICADOR	META	PERIODO DE EJECUCION	RESPONSABLE
Incorporar al sistema de facturación nuevos usuarios y conexiones clandestinas.	Reducir las pérdidas comerciales en el sistema	Suscriptores de acueducto/ predios reportados en el censo de usuarios.	Facturar al 100% de usuarios del servicio.	Corto	Unidad de Servicios Públicos

ACCIONES	OBJETIVO	INDICADOR	META	PERIODO DE EJECUCION	RESPONSABLE
Elaborar y ejecutar programa de micromedición	Reducir las pérdidas comerciales en el sistema	Número de micromedidores/total de suscriptores de acueducto x 100	<p>Instalación de medidores al 100% de los usuarios del programa</p> <p>Reducir en 23 puntos el total del IANC</p>	Corto	Unidad de Servicios Públicos
Desarrollar programa de sectorización hidráulica, y control de presiones y caudales por sector.	Controlar la pérdidas técnicas y comerciales en el sistema	Índice de Agua No contabilizada – IANC	Lograr un IANC de 30% durante la ejecución del programa	Largo	Alcaldía Municipio El Castillo

ACCIONES	OBJETIVO	INDICADOR	META	PERIODO DE EJECUCION	RESPONSABLE
Desarrollar actividades de control de fugas en tanques, conducción y redes de distribución.	Reducir las pérdidas técnicas del sistema de acueducto.		Reducir las pérdidas técnicas en un 10%	Mediano	Unidad de Servicios Públicos
Instalación de dispositivos y equipos de bajo consumo en instalaciones de la administración municipal.	Cumplir la Norma Técnica Colombiana NTC-920-1	Número de equipos cambiados / número de equipos instalados x 100	Cambio del 75% de los dispositivos y equipos hidráulicos.	Corto	Alcaldía El Castillo (Secretaría de Planeación).
Inclusión en los requisitos de aprobación de licencias de construcción, remodelación o	Cumplir la Norma Técnica Colombiana NTC-920-1	Número de predios construidos o remodelados con licencia de construcción	100% de Predios nuevos con instalación de	Corto	Alcaldía El Castillo (Secretaría de Planeación).

ACCIONES	OBJETIVO	INDICADOR	META	PERIODO DE EJECUCION	RESPONSABLE
adecuación, la instalación obligatoria de dispositivos de bajo consumo de agua, previo al otorgamiento del respectivo permiso.			dispositivos de bajo consumo.		
Actualización del catastro de redes de acueducto	Conocer con certeza el tipo de tubería, ubicación y edad para facilitar las reparaciones	Redes vinculadas al catastro / Redes existentes x 10	100% catastro actualizado	Corto	Alcaldía El Castillo (Secretaría de Planeación)

Fuente: Autores 2016.

6.4.3 CAMPAÑAS EDUCATIVAS SOBRE EL AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA

Este programa pretende sensibilizar, concienciar y educar ambientalmente a los usuarios del municipio de El Castillo sobre el uso adecuado del recurso hídrico, contemplando las acciones que éstos desarrollan como eje transversal del éxito del presente programa generando hábitos de uso eficiente y ahorro de agua. Igualmente, se busca socializar a la comunidad las diferentes actividades que se implementarán y que están encaminadas al mejoramiento de la prestación del servicio de acueducto en cuando calidad, cantidad y continuidad para suplir las limitaciones detectadas en el diagnóstico.

Tabla 16 Campañas educativas sobre el ahorro y uso eficiente del agua

ACCIONES	OBJETIVO	INDICADOR	META	PERIODO DE EJECUCION	RESPONSABLE
Diseñar campaña de sensibilización sobre el uso eficiente y ahorro del agua que involucre a toda la comunidad	Elaborar y mantener una estrategia	Total, de suscriptores involucrados en la campaña/ Total de suscriptores del servicio x 100	100% de suscriptores de acueducto	Corto	Unidad de Servicios Públicos

ACCIONES	OBJETIVO	INDICADOR	META	PERIODO DE EJECUCION	RESPONSABLE
Socializar a través de diferentes canales masivos, la campaña diseñada para el uso eficiente y ahorro del agua.	estructurada para fortalecer la cultura del agua	Actividades Ejecutadas en la campaña/ Total de actividades programadas x 100	Cumplimiento de las actividades en un 100%	Mediano	Alcaldía Municipio El Castillo
Capacitar a los funcionarios del sistema sobre los cambios en el sistema y el plan de uso eficiente y ahorro de agua.	Generar liderazgo y difusión por parte de los funcionarios frente al programa	Funcionarios capacitados/ total de funcionarios de la Unidad x 100	Capacitar al 100% de los funcionarios de la unidad	Mediano	Unidad de Servicios Públicos
Desarrollar actividades de capacitación dirigidas a los usuarios sobre uso eficiente y ahorro de agua	Concientizar y sensibilizar a toda la población que recibe el servicio hacia el ahorro y	Usuarios capacitados/ total de usuarios de acueducto x 100	Capacitar al 100% de los usuarios	Largo	Alcaldía Municipio El Castillo

ACCIONES	OBJETIVO	INDICADOR	META	PERIODO DE EJECUCION	RESPONSABLE
Capacitar sobre el uso eficiente y ahorro del agua en los centros educativos del municipio.	uso eficiente del agua.	No centros educativos capacitados / No centros educativos existente X100	Capacitar al 100% de los centros educativos	Largo	Alcaldía Municipio El Castillo
Elabora y socializar estudio sobre aprovechamiento de aguas lluvias	Dar cumplimiento al Decreto 1594 de 1984, Resolución 0631 de 2015	Usuarios que realicen aprovechamiento de aguas lluvias/total de usuarios	Aprovechamiento del 75% del agua lluvia	Mediano	Alcaldía Municipio El Castillo

6.4.4 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.

De acuerdo a lo establecido en la Ley 373/1997 y en los términos de referencia de CORMACARENA para la formulación de los PUEAA, las actividades planteadas de cada uno de los programas se desarrollarán en periodos quinquenales que aplica desde el año 2016 hasta el 2020; en este último año deberá realizarse la actualización del plan.

Tabla 17 Cronograma de ejecución del proyecto

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
<i>Protección de Micr cuencas</i>					
Adquirir los predios localizados en las cuencas altas de los caños abastecedores.					

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
Reforestación de bosques protectores con participación comunitaria en áreas deforestadas de las cuencas de Caño Antioquia y caño Brasil					
Implementación de Planes de Manejo de predios adquiridos					
Monitoreo y control del agua cruda de cada una de las fuentes abastecedoras.					
Realizar y revisar pruebas de los niveles de caudal y velocidad en diferentes épocas del año, velocidad,					

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
profundidad y derivaciones de cada fuente abastecedora.					
Comprobación del caudal ecológico de cada fuente.					
Estudio Hidrológico y de calidad del agua de las diferentes fuentes que conforman la red hídrica.					
<i>Mejoramiento del sistema de abastecimiento</i>					
Instalación y reparación el macro medidor ubicados a la entrada y salida de la PTAP.					
Optimización hidráulica de la PTAP					

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
Poner en funcionamiento la PTAP					
Programa de mantenimiento y desinfección de infraestructura de potabilización y tanques					
Capacitar al personal operativo de la planta en competencias laborales.					
<i>Reducción de pérdidas</i>					
Incorporar al sistema de facturación nuevos usuarios y conexiones clandestinas.					

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
Elaborar y ejecutar programa de micromedición					
Desarrollar programa de sectorización hidráulica, y control de presiones y caudales por sector.					
Desarrollar actividades de control de fugas en tanques, conducción y redes de distribución.					
Instalación de dispositivos y equipos de bajo consumo en instalaciones de la administración municipal.					

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
Inclusión en los requisitos de aprobación de licencias de construcción, remodelación o adecuación, la instalación obligatoria de dispositivos de bajo consumo de agua, previo al otorgamiento del respectivo permiso.					
Actualización del catastro de redes de acueducto					
<i>Campañas educativas sobre el ahorro y uso eficiente del agua</i>					
Diseñar campaña de sensibilización sobre el uso eficiente y ahorro del					

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
agua que involucre a toda la comunidad					
Socializar a través de diferentes canales masivos, la campaña diseñada para el uso eficiente y ahorro del agua.					
Capacitar a los funcionarios del sistema sobre los cambios en el sistema y el plan de uso eficiente y ahorro de agua.					
Desarrollar actividades de capacitación dirigidas a los usuarios sobre uso eficiente y ahorro de agua					

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
Capacitar sobre el uso eficiente y ahorro del agua en los centros educativos del municipio.					
Elabora y socializar estudio sobre aprovechamiento de aguas lluvias para riego y lavado de fachadas y zonas duras.					

Fuente: Autores 2016

6.4.5 PRESUPUESTO PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

La actividad correspondiente a la adquisición de predios localizados en la zona de recarga hidráulica de cada una de las microcuencas se realizará anualmente en los cinco años de implementación del PUEAA, invirtiendo un porcentaje no inferior al 1% de los ingresos corrientes, dando cumplimiento al artículo 111 de la ley 99 de 1993.

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
<i>Protección de las Microcuencas</i>					
Adquirir los predios localizados en las cuencas altas de los caños abastecedores.	\$25.000.000	\$25.000.000	\$20.000.000	\$20.000.000	\$15.000.000
Reforestación de bosques protectores con participación comunitaria en áreas	\$2.245.209	\$3.096.356	\$3.096.356	\$3.096.356	\$3.096.356

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
deforestadas de las cuencas de Caño Antioquia y caño Brasil					
Implementación de Planes de Manejo de predios adquiridos	\$5.000.000	\$5.000.000	\$8.000.000	\$8.000.000	\$10.000.000
Monitoreo y control del agua cruda de cada una de las fuentes abastecedoras.	\$1.044.000	\$1.044.000	\$1.044.000	\$1.044.000	\$1.044.000
Realizar y revisar pruebas de los niveles de caudal y velocidad en diferentes épocas del año, velocidad, profundidad y derivaciones de cada fuente abastecedora.	\$2.000.000	\$2.000.000	\$2.200.000	\$2.200.000	\$2.400.000

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
Comprobación del caudal ecológico de cada fuente.	\$1.000.000			\$1.000.000	
Estudio Hidrológico y de calidad del agua de las diferentes fuentes que conforman la red hídrica.					\$30.000.000
TOTAL	\$36.289.209	\$36.140.356	\$34.340.356	\$35.340.356	\$61.540.356
<i>Mejoramiento del sistema de abastecimiento</i>					
Instalación y reparación el macro medidor ubicados a la entrada y salida de la PTAP.	\$4.691.693				

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
Optimización hidráulica de la PTAP	\$25.000.000				
Poner el funcionamiento la PTAP	\$8.000.000				
Programa de mantenimiento y desinfección de infraestructura de potabilización y tanques	\$3.120.000	\$3.120.000	\$3.120.000	\$3.120.000	\$3.120.000
Capacitar al personal operativo de la planta en competencias laborales.	\$1.500.000				
TOTAL	\$42.311.693	\$3.120.000	\$3.120.000	\$3.120.000	\$3.120.000
Reducción de pérdidas					

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
Incorporar al sistema de facturación nuevos usuarios y conexiones clandestinas	\$0				
Elaborar y ejecutar programa de micromedición	\$46.950.000	\$46.950.000			
Desarrollar programa de sectorización hidráulica, y control de presiones y caudales por sector.	\$120.000.000	\$130.000.000			
Desarrollar actividades de control de fugas en tanques, conducción y redes de distribución.	\$10.000.000	\$5.000.000	\$5.000.000	\$5.000.000	\$5.000.000

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
Instalación de dispositivos y equipos de bajo consumo en instalaciones de la administración municipal.				\$45.780.000	
Inclusión en los requisitos de aprobación de licencias de construcción, remodelación o adecuación, la instalación obligatoria de dispositivos de bajo consumo de agua, previo al otorgamiento del respectivo permiso.	\$0				
Actualización del catastro de redes de acueducto	\$55.000.000				

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
TOTAL	\$231.950.000	\$181.950.000	\$5.000.000	\$50.780.000	\$5.000.000
<i>Campañas educativas sobre el ahorro y uso eficiente del agua</i>					
Diseñar campaña de sensibilización sobre el uso eficiente y ahorro del agua que involucre a toda la comunidad	\$18.000.000				
Socializar a través de diferentes canales masivos, la campaña diseñada para el uso eficiente y ahorro del agua.	\$12.500.000	\$12.500.000			
Capacitar a los funcionarios del sistema sobre los cambios en el	\$800.000			\$1.200.000	

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
sistema y el plan de uso eficiente y ahorro de agua.					
Desarrollar actividades de capacitación dirigidas a los usuarios sobre uso eficiente y ahorro de agua	\$12.500.000	\$12.500.000	\$15.000.000	\$15.000.000	\$17.500.000
Capacitar sobre el uso eficiente y ahorro del agua en los centros educativos del municipio.	\$6.800.000	\$6.800.000	\$8.000.000	\$8.000.000	\$9.200.000
Elabora y socializar estudio sobre aprovechamiento de aguas lluvias para riego y lavado de fachadas y zonas duras.			\$8.000.000		

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
TOTAL	\$50.600.000	\$31.800.000	\$31.000.000	\$24.200.000	\$26.700.000

Fuente: Autores 2016

6.4.5.1 *Resumen de inversiones por programas*

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
PROTECCION DE MICROCUENCAS	\$36.289.209	\$36.140.356	\$34.340.356	\$35.340.356	\$61.540.356

ACTIVIDADES	AÑO				
	2016	2017	2018	2019	2020
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	\$42.311.693	\$3.120.000	\$3.120.000	\$3.120.000	\$3.120.000
REDUCCION DE PERDIDAS	\$231.950.000	\$181.950.000	\$5.000.000	\$50.780.000	\$5.000.000
CAMPAÑAS EDUCATIVAS SOBRE EL AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA	\$50.600.000	\$31.800.000	\$31.000.000	\$24.200.000	\$26.700.000
TOTAL	\$361.150.902	\$253.010.356	\$73.460.356	\$113.440.356	\$96.360.356

Fuente: Autores 2016.

7. CONCLUSIONES

El Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Agua PUEAA es una herramienta de gestión del recurso hídrico, la cual contempla desde la preservación y conservación fuente de abastecimiento, obras de captación, sistemas de tratamiento, red de aducción, red de conducción y red de distribución, igualmente el reúso de las aguas y aprovechamiento de las aguas lluvias; garantizando la cantidad, calidad y continuidad del recurso para la ejecución de actividades económicas o domésticas, por lo tanto es indispensable darle la importancia que merece puesto que es la clave para garantizar el recurso a las generaciones futuras.

Con la realización del estudio previo, el interactuar con la comunidad el resultado de la encuesta y demás revisiones bibliográficas, se resalta que básicamente la falta de educación en temas ambientales que conciernen al buen uso del recurso es una de las principales o la causa a la que se le puede atribuir un mayor porcentaje en cuanto al deterioro en la calidad del agua y la disminución de esta. Cada día es usual observar que las personas utilizan el agua en forma desproporcionada olvidando que es un recurso finito y de vital importancia en los seres humanos.

En los últimos años el temor a la ausencia futura del agua ha sido un tema de gran magnitud y se han diseñado programas a nivel mundial, nacional, regional y local dirigidos al cuidado del recurso, pero estos se quedan cortos si no se enlazan con programas individuales que vayan de la mano con los suscriptores, debido a que ellos son los protagonistas en la conservación y preservación de las fuentes productoras del recurso.

En el municipio El Castillo el servicio de acueducto presenta la mayoría de las etapas de la gestión integral del recurso hídrico, sin embargo, debido a que actualmente el agua cruda no recibe tratamiento de potabilización, constituye un riesgo para la salud de los usuarios del servicio teniendo en cuenta que la calidad de esta no cumple con los parámetros establecidos en la normatividad.

En cuanto a términos de ahorro se puede concluir que de acuerdo con los antecedentes que existen de otros programas ya implementados, se puede afirmar que los dispositivos ahorradores, campañas educativas de concientización y un constante seguimiento y control, son viables y pertinentes para reducir el consumo del líquido, los costos de operación de las plantas de potabilización y la disminución en los niveles de facturación de los usuarios.

Para fines del cumplimiento y realización del PUEAA, es estrictamente necesario el compromiso por parte de la administración municipal y de la población en general, puesto que la gestión integral del agua es responsabilidad conjunta ya que las malas prácticas de gestión y malos usos del agua pueden acarrear gran variedad de problemas como escases del recurso, deslizamientos de tierra por fugas, encharcamiento de calle generadora de vectores y ellos a su vez de enfermedades que pueden llegar a ser potencialmente peligrosas para las personas.

8. RECOMENDACIONES

Es necesario que la administración municipal realice actividades de protección de las microcuencas abastecedoras del recurso actualmente y las futuras con el fin de garantizar la disponibilidad y la disminución de la contaminación en las mismas.

El aprovechamiento de las aguas lluvias constituye una alternativa de ahorro de agua potable que contribuye a la preservación del recurso en épocas de sequía en el municipio. Los equipos hidráulicos y sanitarios ahorradores de agua pueden llegar a ser una inversión económica considerable, pero con resultados positivos a mediano plazo.

Es necesario que la Secretaría de Planeación y Obras Públicas del municipio realice los respectivos estudios técnicos de optimización de la PTAP para su puesta en marcha, así como el desarrollo de programas necesarios para control de pérdidas tanto comerciales como técnicas, que permitan el efectuar el control necesario para garantizar un suministro oportuno y de calidad.

Es indispensable la implementación de los equipos de micromedición y la implementación de programas educativos que permitan generar en la comunidad la responsabilidad suficiente para lograr un uso considerable en términos de ahorro y que desde el hogar se enseñen actividades básicas de ahorro y uso eficiente del agua, con el fin de minimizar los gastos innecesarios del recurso (una vez instalados los micromedidores).

Identificar puntos donde se usa agua en la casa, instituciones y locales comerciales, para implementar actividades encaminadas a la reducción de la cantidad de agua que se utiliza, ya sea eliminando los hábitos de desperdicio o mejorando la eficiencia del uso que se le da al agua, con la utilización de dispositivos o accesorios más eficientes.

Se recomienda implementar mecanismos de seguimiento y control que permita evaluar el cumplimiento del PUEAA.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de El Castillo Meta. (2015). *Colombiaturismoweb*. Recuperado el 20 de Mayo de 2016, de Colombiaturismoweb: <http://www.colombiaturismoweb.com/DEPARTAMENTOS/META/MUNICIPIOS/EL%20CASTILLO/EL%20CASTILLO.htm>
- Alcaldía Municipal . (2011). *Plan de Contingencia para la prestación de los servicios de Acueducto y Alcantarillado*. El Castillo - Meta.
- Becerra Ganoa, Á. C. (2014). *Formulacion del programa de uso eficiente y ahooro del agua para el Club Campestre Cafam*. Bogotá.
- Berrío Peláez, P. M. (2012). *Formulacion del programa para el uso eficiente y racional del agua y energia (Pueyrae) en la empresa Tampa Cargo Rionegro Antioquia*. Medellín: Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista.
- Cerrejón. (31 de Agosto de 2011). *Cerrejón*. Recuperado el 12 de Mayo de 2016, de Cerrejón: <https://www.cerrejon.com/index.php/2011/08/31/programa-ahorro-uso-eficiente-del-agua-paueda/>
- Consejo Municipal El castillo Meta. (2000). *Esquema de Ordenamiento Territorial EOT*. Recuperado el Mayo de 2016
- Cormacarena. (2009). *Áreas consolidadas en reforestación Protectora-productor; aislamiento y mantenimiento de las plantaciones*. Villavicencio. Recuperado el Mayo de 2016
- Dane. (2005). *Censo Dane* .
- Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios Acueducto Alcantarillado y Aseo La Florida Nariño. (2009). *Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua*. Pasto. Recuperado el 20 de Mayo de 2016
- Escuela Superior de Administración Pública ESAP. (2013). *ESAP*. Recuperado el 15 de Mayo de 2016, de ESAP: [file:///C:/Users/JUAN%20CARLOS%20MANJARES/Downloads/5-Programa-de-Uso-Eficiente-y-Ahorro-de-Agua-PUEAA%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/JUAN%20CARLOS%20MANJARES/Downloads/5-Programa-de-Uso-Eficiente-y-Ahorro-de-Agua-PUEAA%20(2).pdf)
- Escuela Superior De Administración Pública ESAP. (2014). *ESAP*. Recuperado el 14 de Mayo de 2016, de ESAO:

file:///C:/Users/JUAN%20CARLOS%20MANJARES/Downloads/Programa-de-
Uso-Eficiente-y-Ahorro-de-Agua.pdf

Estudios Civiles y Sanitarios ESSERE S.A. (20). *Estudios y diseños de los Planes Maestro de Acueducto y Alcantarillado de los municipios del Alto Ariari - Meta*. Recuperado el 5 de Junio de 2016

Estudios Civiles y Sanitarios ESSERE S.A. (2009). *Estudios y diseños de los Planes Maestro de Acueducto y Alcantarillado de los municipios del Alto Ariari - Meta*. Recuperado el 5 de Junio de 2016

Estudios Civiles y Sanitarios ESSERE S.A. (2015). *Estudios y diseños de los Planes Maestro de Acueducto y Alcantarillado de los municipios del Alto Ariari - Meta*. Recuperado el 5 de Junio de 2016

latema integral de informacion departamental - Meta. (s.f.). *meta.gov*. Obtenido de *meta.gov*:
<http://www.meta.gov.co/web/sites/default/files/adjuntos/Ficha%20Municipal%20011%20-%20EL%20CASTILLO.pdf>

Laboratorio Departamental de Salud Pública Del Meta. (2015). *Anlisis de fuentes abastecedoras para el consumo humano*.

Laboratorio químico TECNOAMBIENTAL S.A.S. (2016). *Resultado de Análisis laboratorio*. Villavicencio. Recuperado el Mayo de 2016

Laboratorio Tecno Ambiental. (2016). *Resultado de Análisis laboratorio*. Villavicencio. Recuperado el Mayo de 2016

Manrique Florián, J. A. (2017). *Formulación de Programas de Gestión Ambiental para el Control de Impactos Ambientales de los Procesos, Productos y Servicios, en la Empresa Unipalma de los Llanos SA*. Cumaral-Meta.

Meta, Alcaldía Municipal de El castillo. (2016). *Plan de Desarrollo municipal El Castillo meta (2016-2019)*. El Castillo. Recuperado el 20 de Abril de 2016

Meta, Departamento de planeacion Municipal El castillo -. (2015). *Etudios Hidricos de Las fuentes abastecedoras del casco Urbano de I Castillo Meta*. El Castillo.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Legislación Colombiana en torno al Plan de Uso Eficiente y Ahorro del Agua*. Recuperado el 8 de enero de 2017

Ministerio de Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). *Resolución 2115 de 2007*.

Sanchez Zanchez, F. (8 de Mayo de 2013). *Fundación Universitaria Autónoma de Colombia FUAC*. Recuperado el 7 de Mayo de 2016, de Fundación Universitaria Autónoma de Colombia FUAC: http://www.fuac.edu.co/recursos_web/documentos/ing.ambiental/RECURSO_HIDRICO_EN_COLOMBIA_UAUTONOMA_1.pdf

Sociedad de cacueductos, alcantarillados y aseo - Aguas del Huila S.A.E.S.P. (2016). *Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua PUEAA- Municipio Santa María*. Recuperado el 20 de junio de 2016

Unesco. (2015). *Unesco*. Recuperado el 12 de Mayo de 2016, de Unesco: http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf

Unidad De Servicios Públicos Domiciliarios Guaca Santander. (2019). *Docplayer*. Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de Docplayer: https://docplayer.es/13935974-Programa-ahorro-y-uso-eficiente-del-agua-municipio-de-guaca-santander.html#show_full_text

Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios El Castillo. (2016). *Informe de facturación mayo 2016*.

Youtube. (9 de Octubre de 2015). *Youtube*. Recuperado el 28 de Junio de 2016, de Youtube: <http://m.youtube.com/watch?v=iXJfDZAt2qs>

10. ANEXOS

10.1 CAMPAÑAS DE EDUCACIÓN A LOS USUARIOS

Esta es una actividad que pretende concienciar y sensibilizar al 100% de los usuarios del servicio de acueducto sobre el uso eficiente, racional y ahorro del agua, como estrategia que garantiza en gran medida la permanencia del servicio en términos de cantidad y continuidad. Una vez empiecen a realizarse cambios en los hábitos de consumo de agua, deberá hacerse seguimiento a las comunidades para no perder la continuidad del programa y garantizar su éxito.

El desarrollo de esta actividad se ejecutará a través de:

- A. Capacitaciones a los usuarios (suscriptores) del servicio de acueducto, de las acciones que pueden desarrollar para la disminución del consumo, protección de las fuentes hídricas y reúso del agua lluvia.

- B. Capacitaciones en los centros educativos del municipio a toda la comunidad académica y administrativa del municipio El Castillo. Los estudiantes de estos centros deben conocer acerca de las fuentes hídricas de su municipio, el ciclo hidrológico y acciones para el uso y ahorro del agua.

- C. Campañas de instalación de flotadores en cada uno de los sectores de suministro de consumo de agua (cada usuario asumirá los costos de esta actividad).

- D. Difusión de la información del programa (objetivos, metas, estrategias y resultados) a través de notificaciones en la factura del servicio de acueducto, campañas publicitarias en la prensa y radio, y anuncios en áreas públicas del municipio.

Esta actividad busca utilizar el mínimo de recursos y maximizar resultados, propendiendo por una gestión ambiental integral en el municipio.

Permiten mantener canales de comunicación directos entre los usuarios del servicio y la unidad de servicios públicos, generando retroalimentación y corroboración de las condiciones del servicio y prontas soluciones a los problemas que presente el mismo.

Por medio de las campañas educativas y publicidad, se pretenderá que los usuarios del servicio de acueducto tengan cambios de los hábitos de consumo que pueden incluir en cada una de los equipos hidráulicos y sanitarios:

Lavamanos:

- A. Cerrar la llave mientras se cepilla los dientes, lo cual permitirá que una familia de cinco personas pueda ahorrar hasta 40 Lt de agua al día.
- B. No dejar correr el agua, debe colocar un tapón y llenar el lavamanos.
- C. Si el objetivo es remover la suciedad, usar un elemento que permita friccionar para su remoción más fácilmente.
- D. Enjuagar y limpiar la máquina de afeitar en un recipiente no con el chorro del agua.

Sanitarios:

- A. Vigilar periódicamente el estado de los accesorios del tanque (flotador, calcula de admisión, válvula de sellado).
- B. No descargar en el sanitario pañuelos húmedos, deben arrojarse en el recipiente de la basura.

C. Utilizar cloro permite eliminar los malos olores y acumular descargas de orina antes de dejar correr el agua.

D. En construcciones nuevas deben instalarse equipos de bajo consumo.

Ducha:

A. Tomar duchas breves y cerrar la llave mientras se enjabona o aplica champo.

B. No debe cepillarse los dientes o afeitarse mientras toma la ducha.

Lavaplatos y lavaderos:

A. Revisar periódicamente si al cerrar la llave no queda goteando, de lo contrario debe cambiar los empaques si es necesario.

B. Instalar los aireadores, permiten ahorrar hasta un 80% de agua.

C. No usar agua de la llave para arrastrar residuos por los drenajes (canales, tuberías, etc.) estos deben disponerse en la basura o utilizarlos como abono de las zonas verdes o jardines. Debe remojar y enjabonar todo, sin dejar la

D. llave abierta, esta debe abrirse para el enjuague final.

E. Use poca agua para lavar las verduras, éstas pierden su sabor y valor nutritivo junto al agua.

Lavadoras:

A. Si el enjuague final no tiene detergentes se puede utilizar el agua para regar plantas o zonas verdes, o lavar pisos.

B. Para evitar dobles o triples lavados, debe refregarse a mano las partes sucias de las prendas.

C. Use lavadora únicamente con carga completa, cada carga gasta más de 200 litros de agua.

Exteriores o zonas verdes:

A. Las plantas deben regarse muy temprano en la mañana o después que se ponga el sol, de manera que el agua alcance a filtrarse hasta las raíces sin evaporarse.

B. Es recomendable usar una manguera manual.

C. Utilizar mangueras de boquilla ajustable y si la deja sola use un sistema de control de tiempo.

D. En época de sequía no regar el pasto seco (color amarillo), puesto que el mismo está inactivo y revivirá cuando haya altura normal.

Es de gran importancia controlar las conexiones al servicio para que no se realicen conexiones erradas cuando se efectúan adecuaciones sanitarias o nuevas construcciones, evitando de tal forma la contaminación de las aguas lluvias y de los cuerpos de agua del municipio.

10.2 DISPOSITIVOS AHORRADORES DE AGUA

Tal como lo menciona el Decreto 3102 de 1997 del Ministerio de Desarrollo Económico, el cual reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997, el cual establece que “Los ministerios responsables de los sectores que utilizan el recurso hídrico reglamentarán en un plazo máximo de seis (6) meses la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua para ser utilizados por los usuarios del recurso y para el reemplazo gradual de equipos e implementos de alto consumo”.

Por tal razón deben realizarse la reconversión de los equipos de alto consumo inicialmente en las dependencias de carácter público municipal a cargo de la administración municipal y posteriormente en cada uno de los predios de los usuarios.

Actualmente existe gran variedad de equipos o accesorios de bajo consumo de agua, lo cual permite al usuario hacer una elección beneficiosa económica y técnicamente, a continuación, se presentan algunos ejemplos de las características que deben cumplir los equipos:

Cabezal de ducha ahorrador. Duchas que llevan incorporado un reductor de caudal que permite un ahorro de hasta el 50%. Los reductores limitadores de ducha se instalan en la toma del flexo limitando el caudal con chorros de un 30% de agua y energía y disminuyendo la presión de manera que facilitan también un aumento de la vida de la manguera.

Equipos de riego. Se deben instalar sistemas por goteo o aspersores para las zonas verdes a las cuales se les puede instalar un dispositivo de tiempo para que puedan operarse y detenerse automáticamente.

Grifos. Las llaves de los lavamanos o lavaplatos pueden adaptarse mediante aireadores o reductores de flujo que ayudan a minimizar la presión y el consumo de agua. La NTC 1500 establece que los grifos sin dosificador no deben superar una descarga de 9,6 Lt/min. Los dispositivos ahorradores (reductores de flujo) permiten restringir el flujo del agua y operar sin importar la presión del sistema, lo que hacen es reducir el diámetro interno y sus costos de instalación son bajos. La llave con aireador se instala a la salida del agua en las griferías, y funciona con la mezcla de agua y aire, lo cual permite ahorrar 90% de agua. La llave con sensores infrarrojos funciona con infrarrojos que se activan con proximidad, de forma que el agua cae cuando se colocan las manos bajo el grifo y finaliza la descarga al retirarlas, sin embargo, para su instalación es necesaria instalación eléctrica; se pueden llegar a lograr ahorros en el consumo de agua desde 70% a 90%.

Dispositivo anti-fugas. Si el manguito de toma de agua sufre una rotura, este dispositivo evitará una inundación. Se instala en la toma de agua de lavadoras, lavavajillas, cafeteras a presión, etc. La válvula interna corta el paso cuando se produce una depresión.

Duchas de alta eficiencia. Mediante desarrollos del tubo Venturi se aumenta la velocidad del chorro de salida con un reducido caudal de entrada generando un efecto de sobrepresión. Además del ahorro de agua, se corrigen problemas de incrustaciones, empozamientos, falta de presión, y derroche de agua. En caudales de 6,9 y 12 Lt/min, algunas duchas ahorran con igual o mayor confort, del 50 al 60% de agua. En hogares de 3-4 personas una ducha economizadora ahorra más de 20.000 Lt en agua.

Duchas fijas. Especiales para piscinas, gimnasios, balnearios, hostales, centros docentes y clubes deportivos. Combinados con pulsadores de tiempo forman un equipo infalible en uso eficiente del agua caliente y fría.

Mingitorios. Según la NTC 1500 el consumo aceptado es de 3,8 Lt por descarga siendo más del 40% de ahorro por unidad. Los mingitorios húmedos permiten realizar un cambio de la válvula instalada por una válvula ahorradora; se puede reducir su descarga a casi 3 Lt. Los mingitorios secos no requieren agua para desalojar el líquido, esto gracias a su mecanismo de operación.

Sistemas de separación de aguas grises. Sistemas que recuperan las aguas de las lavadoras, el baño, la ducha. Estos sistemas filtran el agua para que pueda ser utilizada en los sanitarios.

Sanitarios. Según la Norma Técnica Colombiana NTC 1500 tanto los sanitarios accionados por descarga manual como los tanques accionados por una válvula de descarga automática, deben tener un consumo no superior a 6,0 Lt por descarga. La eficiencia de consumo de agua en los sanitarios incluye el mejoramiento del mantenimiento, reducción de volúmenes y opciones de reemplazo de las unidades ineficientes. Para la reducción de volumen en unidades de flujo por gravedad solo logra aplicar para unidades de bajo consumo; en el desarrollo de la alternativa se opta por la

instalación de bolsas u objetos que desplacen una cantidad determinada de volumen de agua en el tanque.

10.3 UTILIZACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

El artículo 5 de la Ley 373 de 1997 establece el reúso del agua como de obligatorio cumplimiento “las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socio-económico y las normas de calidad ambiental”.

Esta medida tiene impactos positivos económicos, sociales y ambientales; puesto que los usuarios pueden aprovechar el agua lluvia de forma gratuita y no existen afectaciones a fuentes de agua superficiales o subterráneas para su captación. Para la captación del agua lluvia con fines domésticos se utiliza la superficie de la edificación (techo) como herramienta. Este modelo se conoce como SCAPT (Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos).

En la implementación de este sistema es importante identificar los principales componentes, funcionamiento, criterios de diseño, características de materiales de construcción, operación y mantenimiento.

La formulación de alternativas de aprovechamiento de agua lluvia debe tener el sistema de captación, recolección/ conducción, interceptor de primeras aguas, almacenamiento y distribución. En caso de que el agua vaya a aprovecharse para consumo humano debe incluirse el sistema de filtración.

10.4 ENCUESTA A USUARIOS DEL SERVICIO PÚBLICO DEL ACUEDUCTO

ENCUESTA A USUARIOS DEL SERVICIO PÚBLICO DE ACUEDUCTO

1. ¿Cuenta actualmente con el servicio de acueducto del municipio de El Castillo?
 - a. Sí
 - b. No
2. ¿Cómo la calidad de agua que recibe del acueducto municipal?
 - a. Bueno
 - b. Regular
 - c. Malo
3. ¿Conoce el tratamiento del agua que se le suministra?
 - a. Sí
 - b. No
4. ¿Cuántas horas al día recibe el servicio de agua? _____
5. ¿Considera ese tiempo suficiente para suplir sus necesidades de suministro de agua?
 - a. Sí
 - b. No
6. ¿Cómo calificaría las tarifas del servicio de acueducto?
 - a. Bajas
 - b. Normales-justas
 - c. Altas
7. ¿Cuál son las principales actividades en las que utiliza el agua?
 - a. Lavado y cocción de alimentos
 - b. Uso de sanitarios
 - c. Aseo personal
 - d. Lavado de ropa
 - e. Lavado de loza
 - f. Riego de Jardines
 - g. Bañar animales
 - h. Otro. ¿Cuál? _____
8. ¿Cuántas veces al día se ducha?
 - a. Una vez
 - b. Dos veces
 - c. Tres veces o más
9. ¿Qué tan importante considera usted que es el agua?
 - a. Muy importante
 - b. Medianamente importante
 - c. Poco importante
10. ¿Realiza acciones para el reúso o reducción del consumo de agua?
 - a. Sí, ¿Cuáles? _____
 - b. No
11. ¿Conoce alguna campaña educativa que impulse la alcaldía o la institución educativa del municipio sobre el uso eficiente y ahorro del agua?
 - a. Sí, ¿Cuál? _____ Cuándo se hizo?
 - b. No
12. ¿Reutiliza las aguas lluvias?
 - a. Sí, ¿En qué? _____
 - b. No
13. ¿Usted tiene instalados los siguientes instrumentos en su vivienda?
 - a. Flotador en el tanque elevado
 - b. Llaves terminales en lavadero, lavaplatos y lavamanos
 - c. Registro a la entrada de agua de su vivienda
14. Si no tiene alguno de los elementos anteriores, ¿por qué no lo considera necesario?

15. ¿Considera que existen vecinos que hacen uso irracional del agua?
 - a. Sí. En qué actividades? _____
 - b. No.
16. ¿Usted estaría de acuerdo en que se instalara a su predio y a los demás vecinos medidor de agua para determinar el consumo real de cada predio y que este consumo se refleje en el costo del servicio?
 - a. Sí
 - b. No.

Barrio: _____ Sector: Urbano () Rural ()

Fuente: Autores 2016

10.5 FOTOGRAFIAS.



Foto 1 Revisiones previas Planta de tratamiento de agua potable El Castillo- Meta

Fuente: Autores 2016



Foto 2 Filtros ascendentes PTAP El Castillo meta

Fuente: Autores 2016



Foto 3 Filtración PTAP El Castillo meta

Fuente: Autores



Foto 4 Captación Caño Antioquia

Fuente: Autores 2016.



Foto 5 Predios aledaños a la PTAP El Castillo – Meta
Fuente: Autores 2016.

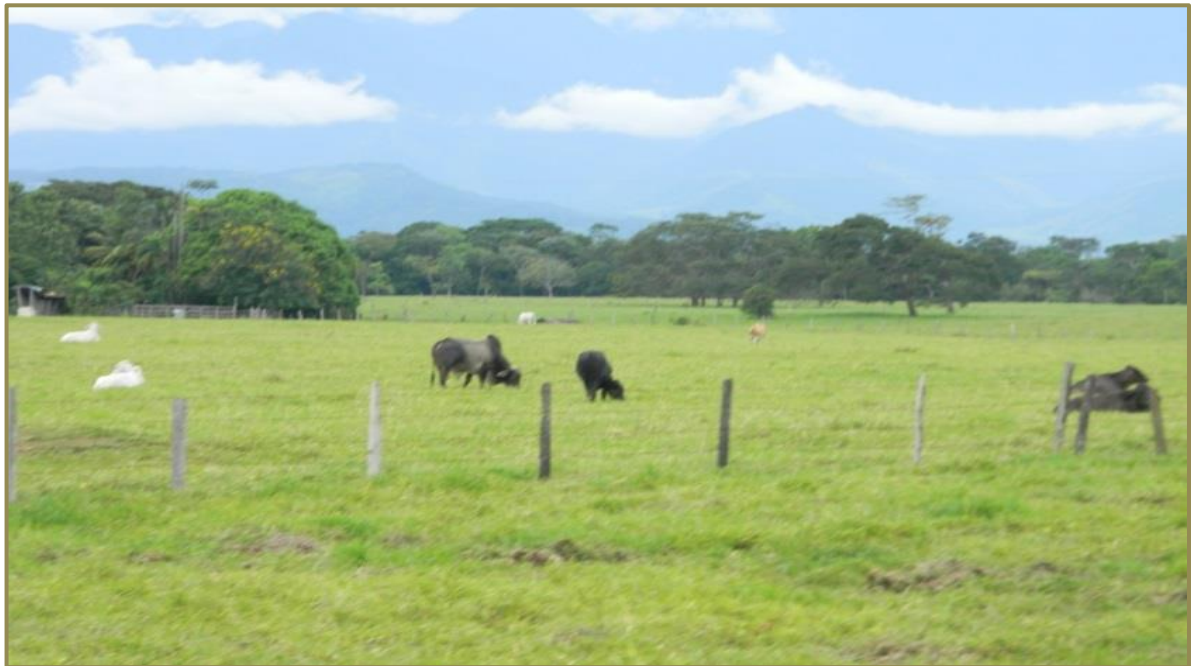


Foto 6 Predios aledaños a Caño Antioquia
Fuente: Autores 2016.



Foto 7 Línea de conducción con por zona erosionada

Fuente: Autores



Foto 8 Línea de conducción con presencia de fugas

Fuente: Autores 2016.