

**DIAGNOSTICO EN EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL TRATAMIENTO DE  
AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA EMPRESA DE ACUEDUCTO,  
ALCANTARILLADO Y ASEO DE YOPAL**



**RAMIREZ SANTISTEBAN ANTONIO ANDRES**

**RIVERA ALONSO NORIDA LIZETH**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA “UNAD”  
ESCUELAS DE CIENCIAS BASICAS, TECNOLOGIA E INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL  
YOPAL  
2014**

**DIAGNOSTICO EN EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL TRATAMIENTO DE  
AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA EMPRESA DE ACUEDUCTO,  
ALCANTARILLADO Y ASEO DE YOPAL**



**RAMIREZ SANTISTEBAN ANTONIO ANDRES  
CÓDIGO: 80100707**

**RIVERA ALONSO NORIDA LIZETH  
CÓDIGO: 1.115.913.268**

**TESIS DE GRADO PARA OBTENER TÍTULO EN  
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL**

**DIRECTOR:  
EDWIN B. RÚA RAMÍREZ  
INGENIERO M. Sc**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA “UNAD”  
ESCUELAS DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL  
YOPAL  
2014**

**Nota de Aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Yopal, 05 de febrero de 2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestro creador, ya que nos da la fuerza necesaria para salir adelante y aunque él aprieta nunca ahorca.

Al Ingeniero Edwin Rúa Ramírez, ya que nos acompañó en todo el proceso de la realización de nuestra tesis de grado para así poder obtener el título de tecnólogos industriales.

A la empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de Yopal, la cual nos permitió el ingreso a sus instalaciones, especialmente a la bocatoma, lugar donde todo comienza.

## TABLA DE CONTENIDO

### RESUMEN DEL PROYECTO

1. TITULO DEL PROYECTO	10
2. INTRODUCCIÓN	11
3. DEFINICIÓN DEL PROYECTO	13
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
5. JUSTIFICACIÓN	15
6. OBJETIVOS	16
6.1 OBJETIVO GENERAL	16
6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
7. MARCO CONCEPTUAL Y TEORICO	17
7.1 MARCO TEÓRICO	17
8. CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA SEGÚN NORMATIVIDAD Y DECRETO	27
9. VISITA A LA BOCATOMA (QUEBRADA LA TABLONA)	30
10. VISITA PLANTA MODULAR	35
11. VISITA PLANTAS PORTÁTILES	38
11.1 PLANTA POZO VILLA MARIA 1	38
11.2 PLANTA POZO VILLA MARIA 2	40
11.3 PLANTA POZO SAN JORGE	42
11.4 PLANTA POZO EL ESTADIO	43
12. ENCUESTA "PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UNA METODOLOGIA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE EN LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE YOPAL"	44
12.1 RESULTADO ENCUESTAS	45
13. CONCLUSIONES	57
14. RECOMENDACIONES ESPECIALES CON EL AGUA DE YOPAL, SEGÚN SECRETARIA DE SALUD DE LA CIUDAD DE YOPAL	58
15. GLOSARIO	60
16. BIBLIOGRAFIA	61

## LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Subproductos de los métodos de tratamiento de desinfección	20
Tabla 2. Características organolépticas y físicas con valores permitidos para agua potable según el Ministerio de salud e Icontec	21
Tabla 3. Valores de conductividad para diferentes tipos de agua	21
Tabla 4. Relación del porcentaje en peso de SiO <sub>2</sub> con el Ph	22
Tabla 5. Características Físicas de la calidad del agua	27
Tabla 6. Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana	28
Tabla 7. Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana	29
Tabla 8. Características microbiológicas	29

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Puente de acceso Bocatoma (Quebrada la Tablona)	30
Figura 2. Acceso Bocatoma (Quebrada la Tablona)	30
Figura 3. Acceso Bocatoma (Quebrada la Tablona)	30
Figura 4. Acceso Bocatoma (Quebrada la Tablona)	31
Figura 5. Acceso Bocatoma (Quebrada la Tablona)	31
Figura 6. Llegada Bocatoma (Quebrada la Tablona)	31
Figura 7. Bocatoma (Quebrada la Tablona)	32
Figura 8. Reja de Captación (Quebrada la Tablona)	32
Figura 9. Bocatoma (Quebrada la Tablona)	32
Figura 10. Toma de muestras (Quebrada la Tablona)	32
Figura 11. Proceso de Coagulación (Quebrada la Tablona)	33
Figura 12. Moto Reductor con mezclador de Coagulante (Quebrada la Tablona)	33
Figura 13. Dosis de Soda para Cloración (Quebrada la Tablona)	33
Figura 14. Líneas de 16" de Acero al Carbón (Quebrada la Tablona)	34
Figuras 15 y 16. Mezcladores de oxiclورو de Aluminio y agua con soda cáustica (Quebrada la Tablona)	34
Figuras 17 y 18. Líneas de 16" y 18" receptoras del Bocatoma (Planta Modular)	35
Figura 19. Caudalímetro y línea de 20" (Planta Modular)	35
Figuras 20 y 21. Sala de dosificación y Bodega (Planta Modular)	36
Figuras 22 y 23. Filtros Gigantes (Planta Modular)	36
Figura 24. Cilindros de 900kg con cloro (Planta Modular)	37
Figura 25. Dosificador de cloro (Planta Modular)	37
Figura 26. Planta pozo Villa María 1	38
Figura 27. Tanque planta Villa María 1	39
Figura 28. Mantenimiento de Alcantarillado	39
Figuras 29 y 30. Planta pozo Villa María 2	40
Figura 31. Equipos de Medición en laboratorio	41
Figura 32. Planta pozo San Jorge	42
Figura 33. Planta pozo el Estadio	43

## ANEXOS

Anexo 1. Encuesta

62



## **RESUMEN DEL PROYECTO**

El agua potable es indispensable para el consumo humano, es necesario que los consumidores dispongan de un abastecimiento de agua satisfactorio, por lo que la Empresa de acueducto debe suministrar agua de la mejor calidad. Por ello, la primera línea de protección es la evaluación de la calidad física, química y microbiológica a través de la realización de determinaciones analíticas y la vigilancia y el control de los procesos de tratamiento. Este proyecto busca conocer el estado actual del control de calidad en el tratamiento de agua aplicado por la Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Yopal (E.A.A.A.Y), determinar el método de filtración y purificación que se le aplica al agua y los controles de calidad que se están utilizando en las plantas modulares y pozos profundos de abastecimiento. La contribución de este proyecto es hacia el diseño de estrategias para mejorar los controles de calidad en los distintos procesos de tratamiento del agua, se busca planear, ejecutar y controlar las actividades necesarias para una adecuada implementación de un sistema que controle la calidad del agua potable y que brinde al cliente la satisfacción necesaria para con ello mejorar su calidad de vida. Los resultados y aportes son de alta importancia debido a que constituyen una herramienta fundamental para construir un Sistema de Gestión de Calidad en la Empresa, dando continuidad a la aplicación de la estrategia global, considerado con la que se pretende afianzar la calidad como arma estratégica para competir en un mercado globalizado.

## **1. TITULO DEL PROYECTO**

DIAGNOSTICO EN EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE YOPAL.

## 2. INTRODUCCION

Una de las mayores preocupaciones en la historia de la humanidad ha sido el agua potable, el acceso a dicha agua ha tenido un lento desarrollo, hasta finales del siglo XIX no se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas; sin embargo hoy en día, la importancia y la calidad del agua está establecida en diversas normas y leyes, a nivel nacional y mundial, es una cuestión que preocupa en países de todo el mundo, en desarrollo y desarrollados, por su repercusión en la salud de la población,<sup>1</sup> por esto se ha convertido en una necesidad obligada para todos los seres humanos.

Se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.<sup>2</sup>

Las empresas buscan que todos sus procesos cumplan con los objetivos y metas propuestas, la investigación comienza en la empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de Yopal donde se buscara evaluar, proponer y establecer un sistema de gestión de calidad para así evaluar y controlar la potabilidad del agua.

La Empresa de Acueducto de Yopal, actualmente presenta problemas en el tratamiento del agua debido al deslizamiento en el cerro buena vista a la altura del acueducto municipal, ocurrido el 29 de mayo del 2011 donde Los tanques y la planta de tratamiento colapsaron y hasta la fecha no se ha construido otra planta de tratamiento; la Empresa EAAAY activó el abastecimiento de agua para consumo humano mediante sistemas de tratamiento instalados en: Bocatoma de la Quebrada La Tablona, Bocatoma Quebrada La Calabozza, Pozo profundo Barrio Villa María, Pozo Profundo Barrio San Jorge, Pozo Profundo Estadio y pozo profundo sede Policía Municipal. En los pozos profundos se efectúa periódicamente el suministro por la red de acueducto a sectores específicos y mediante carrotanques con una programación previamente definida para todas las comunas del Municipio.

Para el año 2012 a pesar del constante esfuerzo de la unidad de Tratamiento de Agua por mantener la calidad de agua, el IRCA (Índice de Riesgo de Agua Potable) estuvo bastante fluctuante y negativo para la EAAAY, debido a la emergencia por desabasto de agua para consumo humano, que se acentuó aún más después del 22 de Abril del año 2012, cuando se presentó un evento

---

<sup>1</sup> [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/)

<sup>2</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_potable](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_potable)

catastrófico que ocasionó derrumbes de gran magnitud aguas arriba de la bocatoma de la Quebrada la Tablona y produjo a su vez una disminución drástica de las condiciones físicas óptimas de la fuente de abastecimiento para su tratamiento.

Este evento nos obligó a activar la distribución de agua por carrotanques desde pozos profundos para mitigar el desabasto de agua para consumo humano (Pozo profundo Barrio Villa María, Pozo Profundo Barrio San Jorge, Pozo Profundo Estadio y pozo profundo sede Policía Municipal).

Es necesario volver a recalcar en este informe que para el mes de MAYO del año 2012, como medida de diagnóstico, la Secretaria de Salud Municipal realizó monitoreo de calidad a dichos pozos y adicionalmente a otros pozos profundos que no estaban bajo la operación de la EAAAY (Pozo profundo Las Américas, Pozo profundo SENA, entre otros). La Secretaria de Salud Departamental quien es la entidad encargada de realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras de agua tomadas para vigilancia y reportar al SIVICAP los IRCA's por muestra, cometió el grave error de reportar IRCA's de muestras que habían sido tomadas para diagnostico solamente, que eran producto de puntos no concertados y que no estaban bajo operación de la EAAAY.

### **3. DEFINICION DEL PROYECTO**

Este proyecto busca determinar el control de calidad que se le aplica al agua suministrada a toda la población del municipio de Yopal, diagnosticar si existe algún tratamiento, si existe algún control de calidad para ese tratamiento, que procesos químicos se realizan y como se controlan, como puede afectar la salud de los beneficiarios el consumo de esta agua.

#### 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua para el consumo humano constituye un desafío para la salud, esta ha sido definida en las Guías para la Calidad del Agua de la OMS, como aquella “adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal”. En esta definición está implícito que el agua debe estar libre de organismos patógenos, sustancias químicas, impurezas y cualquier tipo de contaminación que cause problemas a la salud humana.

La Empresa de acueducto de Yopal no cuenta con agua potable para todo el municipio, tomando riesgos en la salud de toda su población. La Empresa cuenta con pozos profundos de abastecimiento y plantas modulares que realizan un tratamiento de filtración al agua, de allí nacen las siguientes interrogantes:

¿Las plantas modulares cuentan con un tratamiento de agua y control de calidad en todo su procedimiento?

¿El agua extraída de los pozos profundos pasa por un sistema de purificación y desinfección físico química antes de ser distribuida a su población?

## **5. JUSTIFICACIÓN**

En Colombia, el marco regulatorio de la prestación de servicios públicos se define en la Constitución de 1991 y en la Ley 142 de 1994 (Ley de Servicios Públicos Domiciliarios). Esta última busca garantizar la calidad en la prestación de todos los servicios, la ampliación de la cobertura y la prestación continua e ininterrumpida. [1]

El diagnóstico en el control de la calidad del tratamiento de agua para consumo humano en la empresa de acueducto de Yopal nos permitirá conocer la calidad de agua que está recibiendo la población del municipio de Yopal, verificar si cumple con la ley de servicios públicos, comparar con la Guía del sistema de gestión de calidad en la gestión pública y evaluar las implicaciones que el consumo de agua de mala calidad tiene para la salud humana, la vida y la seguridad alimentaria, entre otros aspectos, debido a que se podrían estar vulnerando derechos fundamentales.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1 OBJETIVO GENERAL**

Diagnosticar el control de la calidad del tratamiento de agua para consumo humano en la empresa de acueducto de Yopal

### **6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar el proceso de purificación y desinfección utilizado para el tratamiento del agua potable.
- Realizar encuestas en los barrios afectados para identificar la necesidad de agua que consumen los habitantes que permitirán definir la viabilidad del proyecto.
- Evaluar el proceso actual empleado en el tratamiento del agua en la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Yopal (EAAAY)
- Conocer los controles de calidad aplicados en el proceso de purificación del agua en la Empresa (EAAAY)
- Establecer las posibles fallas durante el proceso y control de calidad en el tratamiento del agua.



## 7. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

### 7.1 MARCO TEÓRICO:

El agua es uno de los recursos naturales fundamentales y es uno de los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo, junto con el aire, la tierra y la energía. Nuestro organismo requiere de agua para funcionar con normalidad, este fluido participa activamente en todos los procesos internos generando movimiento y energía vital.

El agua es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. Está formado por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno y su fórmula química es H<sub>2</sub>O. En la naturaleza se encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso.

El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino nociva, de calidad deficiente.

La evaluación de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo. Hasta finales del siglo XIX no se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas; sin embargo hoy día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda.

#### - **La Importancia de beber Agua**

La importancia de beber agua radica principalmente en que el cuerpo humano, éste está constituido en dos terceras parte por este vital líquido y debido a esto el agua cumple con múltiples funciones como mantener la temperatura corporal estable, transportar alimentos, desechar toxinas entre otras muchas funciones.

Por el contrario, una deshidratación puede producir problemas de muy diversos tipos, como lo son el estreñimiento, problemas de articulación, piel áspera, o problemas con la orina (formación de cálculos, arenillas o infecciones urinarias).

En condiciones normales un adulto suele requerir entre 2 y 2 y ½ litros de agua al día.

Generalmente no consideramos al agua como un nutriente, sin embargo es tan importante para nuestra salud como las proteínas o las vitaminas.

## **BASES TEÓRICAS:**

### **EL AGUA:**

Es un líquido incoloro, inodoro e insípido que está compuesto por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H<sub>2</sub>O). A la presión atmosférica normal (760mm de mercurio), el punto de congelación del agua es a los 0°C y su punto de ebullición, a los 100°C. Sus propiedades físicas se utilizan como patrones para definir, por ejemplo, escalas de temperatura.

Puesto que todas las sustancias son de alguna manera solubles en agua, se le conoce frecuentemente como el disolvente universal. El agua se combina con ciertas sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos de los metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas importantes. Es uno de los agentes ionizantes más conocidos. El color del agua se debe a la presencia de minerales como hierro, manganeso, materia orgánica y residuos coloridos de la industria.

### **FUENTES DE AGUA:**

Existen diferentes fuentes de agua y cada una de ellas requieren tratamientos diferentes para hacerla apta para el uso humano.

**Aguas subterráneas:** son aquellas que se han filtrado desde la superficie de la tierra hacia abajo por los poros del suelo. Las formaciones del suelo y roca que se han saturado de líquido se conocen como depósitos de agua subterránea o acuíferos. Las aguas subterráneas no son tan susceptibles a la contaminación como las de la superficie, pero, una vez contaminadas, su restauración, si acaso es posible, es difícil y de largo plazo. Estas fuentes de agua son las más apropiadas, por lo que no son tan susceptibles a la contaminación como las aguas de la superficie y por lo tanto, se pueden utilizar con poco o ningún tratamiento.

**Aguas superficiales:** las de ríos y lagos son fuentes importantes de abastecimiento de aguas públicas en virtud de las altas tasas de extracción que soportan normalmente. Una de las desventajas de utilizar aguas superficiales es que están expuestas a la contaminación de todo tipo, pues, los contaminantes llegan a lagos y ríos desde fuentes diversas, como residuos industriales y municipales, erosión de suelos, drenaje de áreas urbanas y agrícolas.

**Aguas de mar:** está disponible en cantidad casi ilimitada, se puede transformar en agua dulce por diversos procesos. No obstante, los costos de

conversión (sin contar los de eliminación del residuo de sal que se genera), son quizás de dos a cinco veces más altos que los del tratamiento del agua dulce. Desalinización es el término general que se emplea para describir la extracción de las sales disueltas en el agua. En la actualidad, se usan ampliamente plantas desalinizadoras para el abastecimiento del agua municipal en el Medio Oriente. Su uso futuro tendrá lugar en las áreas con escasez extrema de agua dulce.

## **CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

Las principales causas de contaminación del agua son; la falta de educación de los seres humanos, así como, el desarrollo industrial sin control ambiental, éstas son las que han originado desde hace tiempo que el agua se haya contaminado cada vez más.

Existen también productos contaminantes que afectan el agua de los ríos, lagos y mares debido a que se arrojan a las aguas que pueden usarse para el consumo, los productos que afectan el agua son:

- Las aguas negras o servidas.
- Los desechos industriales.
- Los productos de aplicación agrícola, tales como: abonos, plaguicidas y fungicidas.

Cuando el agua contiene muchos desechos, le falta el oxígeno y se impide el desarrollo de los seres vivos que habitan en los ríos y lagos, produciéndose la muerte de gran cantidad de animales y plantas. Sin oxígeno no sólo se afecta la composición y calidad de agua, sino que además, se rompe su ciclo normal, disminuyéndose la cantidad de agua utilizable.

## **DEFINICION Y TÉRMINOS BÁSICOS.**

Se considera de mucha utilidad para el desarrollo del trabajo y para la vida el conocer y manejar con propiedad los siguientes términos:

- **PRESERVACIÓN:** la acción humana encargada de evitar daños a los recursos existentes en el hábitat humano.
- **CONTAMINACIÓN:** la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.
- **HÁBITO:** costumbre o práctica adquirida por frecuencia de repetición de un acto.
- **CONSERVAR:** esfuerzo consciente del ser humano para evitar la degradación excesiva de los ecosistemas. Uso presente y futuro, racional, eficaz y eficiente de los recursos naturales y su ambiente.
- **FOMENTAR:** promover una acción, impulsar o proteger algo.
- **PROMOVER:** Iniciar o impulsar una cosa o un proceso, procurando su logro.

- IMPLEMENTAR: poner en funcionamiento, aplicar métodos, medidas, etc., para llevar a cabo una acción con un fin determinado.
- RECURSO NATURAL: elemento que constituye la riqueza de una nación, y que ésta a nuestra disposición en caso de necesitarlo.
- RECICLAR: someter un material que ha sido usado, a un proceso determinado para que se pueda volver a utilizar.
- CONCIENTIZAR: hacer que alguien sea consciente de algo, para que entienda los beneficios o desgracias, que le puede traer el actuar de una u otra manera.
- DÉFICIT: falta o escasez de algo que se juzga necesario.

## CARACTERIZACION DEL AGUA

Gracias al ciclo hidrológico del agua, es decir el movimiento o transferencia de masas de agua en forma continua, es posible obtener los diferentes recursos de agua, entre los cuales se encuentran comprendidos el agua subterránea, el agua superficial, etc.

Subproductos	Métodos de Tratamientos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bromato</li> <li>• Cloraminas</li> <li>• Cloro</li> <li>• Dióxido de cloro</li> <li>• Clorito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbón activado</li> <li>• Osmosis inversa</li> <li>• Intercambio aniónico (Br)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acidos haloacéticos HAAs</li> <li>• Trihalometanos totales TTHMs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coagulación y suavización realizada</li> <li>• Carbón activado</li> <li>• Aireación</li> <li>• Osmosis inversa (20 – 90%)</li> <li>• Destilación (20 – 90%) menos efectiva</li> </ul>

**Tabla 1. Subproductos de los métodos de tratamiento de desinfección.**

Entre las características más principales del agua superficial se encuentran que tiene una menor contaminación mineral y un alto contenido en orgánicos y partículas no disueltas. Por otro lado el agua subterránea tiene una mayor remoción de partículas y sustancias orgánicas gracias a la filtración a través de los estratos, tiene un pH entre 7 a 8.5, y su acidez le permite disolver minerales tales como el Calcio, Magnesio, Hierro, Sulfatos y Cloruros.

Agua Potable		
Organolépticos y Físicos		
Característica	Valor permitido	
	Min Salud	Icontec
Color (UPC)	Max. 15	Max. 15

Olor y Sabor	Aceptable	Inobjetable
Turbiedad (NTU)	Max. 5	Max. 2
Sólidos Totales (mg/L)	Max. 500	Max. 200
Conductividad (mΩ/cm)	50 – 1000	

**Tabla 2. Características organolépticas y físicas con valores permitidos para agua Potable según el Ministerio de salud e Icontec.**

### **CARACTERIZACION CUALITATIVA DE CALIDAD DEL AGUA**

Los parámetros más importantes que se deben tener en cuenta con respecto a la calidad del agua son los siguientes:

- Sabor.
- Color. Medido por comparación con soluciones coloreadas o con muestras de concentración conocida y por espectrofotometría.
- Olor.
- Turbiedad. Material suspendido de naturaleza orgánica e inorgánica. Este factor mide la dificultad del paso de la luz a través de una solución, pero no tiene ninguna relación directa con la concentración de sólidos presentes.

### **CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DEL AGUA**

#### ***pH***

Esta característica es la medida de la cantidad de protones presentes en el agua asociados con la disolución de un ácido o una sal ácida. Por comparación también se puede establecer la disolución de bases o sales básicas. Una medida comparativa es el pOH.

$$pH = -\log < H^+ >$$

$$pOH = -\log < OH^- >$$

La escala que se maneja va de 0 a 14. Así si se tiene un pH de 10, se tiene una concentración de H<sup>+</sup> de 10<sup>-10</sup> molar, es decir, 1nmol de iones de Hidrógeno en un litro de agua.

<b>Conductividad de Agua</b>		
Agua Ultrapura	0.055	μS / cm
Agua Destilada	0.5	μS / cm
Agua Potable	500 - 800	μS / cm
Agua de mar	56	μS / cm
Agua Salobre	100	μS / cm

**Tabla 3. Valores de conductividad para diferentes tipos de agua**

El valor para el potencial de Hidrógeno pH del agua para consumo humano, deberá estar comprendido entre 6.5 y 9.

pH	Wt% SiO2 sat	pH	Wt% SiO2 sat.
1	0.015	<b>7</b>	0.011
2	0.016	<b>8</b>	0.012
3	0.015	<b>9</b>	0.015
4	0.014	<b>10</b>	0.035
5	0.011	<b>11</b>	0.33

**Tabla 4. Relación del porcentaje en peso de SiO2 con el pH**

### ***Alcalinidad***

La alcalinidad se define como la capacidad del agua para neutralizar ácidos o aceptar protones.

La alcalinidad está determinada por la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, ya que ésta se toma como un indicador de estas especies iónicas mencionadas. Sin embargo, algunas sales de ácidos débiles como boratos, silicatos, nitratos y fosfatos pueden contribuir también a la alcalinidad al estar también presentes.

El bicarbonato es la especie química que más contribuye a la alcalinidad. Éste junto con el hidróxido es de gran importancia cuando hay una gran actividad fotosintética de algas o en los casos en los que ocurren descargas industriales en un cuerpo de agua.

La alcalinidad, además de representar el principal sistema amortiguador de agua dulce, también es de gran importancia en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como fuente de reserva para la fotosíntesis, siendo utilizada como una medida de la productividad de lagos, donde los niveles de alcalinidad alta indican una actividad alta.

Suma de todas las bases que pueden ser tituladas hasta un pH de 4.5.

$$\text{Alcalinidad} = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}^+]$$

Si pH es neutro, las concentraciones de hidróxidos y protones son despreciables. Cuando el pH es ácido, se libera CO2 al ambiente. Sin embargo, algo de este gas queda disuelto en el agua generando equilibrios químicos y aumentando la conductividad del agua.

La alcalinidad también afecta la dureza del agua, ya que con pH por debajo de 10.5 existe en su mayoría bicarbonato y carbonato que generan complejos con el calcio, magnesio, bario, etc.

### ***Dureza***

La dureza del agua está determinada por la concentración de compuestos minerales que están presentes en una determinada cantidad de agua, estas sales son generalmente de magnesio y calcio. El grado de dureza del agua es directamente proporcional a la concentración de estas sales metálicas.

La dureza total se plantea como la cantidad total de iones polivalentes ( $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ ) presentes en el agua o como la dureza de los carbonatos y no carbonatos presentes y se mide como mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , es decir miligramos de equivalente de carbonato de calcio por litro de solución. La dureza de los carbonatos es igual a la dureza total o a la alcalinidad total, cualquiera que sea la menor. La dureza del agua produce incrustaciones en las tuberías e interfiere en procesos de purificación por ósmosis inversa.

La dureza puede reducirse hasta 35 mg/L en frío con soda y cal y hasta menos de 25 mg/L en caliente, también puede reducirse hasta menos de 1 mg/L mediante intercambio iónico y ósmosis inversa.

El bario y el estroncio, entre otros metales alcalinotérreos también se suman como dureza en el agua, algunos son interferentes. Asimismo, el  $\text{CO}_2$  se cuenta como dureza del agua, aunque no es detectable y se deben realizar estimaciones por cálculo de su presencia. Cuando hay presencia de elementos interferentes, tales como Aluminio, Bario, Cadmio, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Manganeso, Níquel, Estroncio, Zinc, Polifosfatos, es necesario eliminarlos del agua antes de enviarlas al proceso o a pruebas de dureza.

### ***Sílice y pH***

La sílice existe normalmente como óxido (como  $\text{SiO}_2$  en la arena y como silicato  $\text{SiO}_3^-$ ). Puede estar en forma insoluble, soluble y coloidal.

Los análisis de la sílice proporcionan un método sensitivo para el control de la operación de los desmineralizadores de agua, ya que la sílice es una de las primeras impurezas que salen a través de una unidad agotada, forma incrustaciones.

Se puede eliminar la sílice del agua por intercambio iónico, destilación, tratamientos con cal, carbonato y magnesio. En la siguiente tabla se muestra los valores que relacionan el porcentaje en peso de  $\text{SiO}_2$  con el pH.

Para que el agua que captamos en embalses, pozos, lagos, etc. sea adecuada para el consumo humano, es necesario tratarla convenientemente para hacerla potable, este proceso se denomina potabilización y se realiza en las plantas potabilizadoras.

Existen diferentes métodos y tecnologías de potabilización, aunque todos ellos constan, de las siguientes etapas principales:

- **PRECLORACIÓN Y FLOCULACIÓN.** Después de un filtrado inicial para retirar los fragmentos sólidos de gran tamaño, se añade cloro (para eliminar los microorganismos del agua) y otros productos químicos para favorecer que las partículas sólidas precipiten formando copos (flóculos).
- **DECANTACIÓN.** En esta fase se eliminan los flóculos y otras partículas presentes en el agua.
- **FILTRACIÓN.** Se hace pasar el agua por sucesivos filtros para eliminar la arena y otras partículas que aún pudieran quedar, eliminando a la vez la turbidez del agua.
- **CLORACIÓN Y ENVÍO A LA RED.** Para eliminar los microorganismos más resistentes y para la desinfección de las tuberías de la red de distribución.

La clave del éxito de cualquier tratamiento del agua es el uso de tecnologías capaces de producir agua potable de calidad, segura y adecuada para el consumo público. El proceso de tratamiento del agua potable debe utilizar un modo de tratamiento multibarrera que incorpora tecnologías de pretratamiento, filtración y desinfección.

Existen tres procesos principales en el proceso del agua potable son primarias, secundarias y terciarias:

El proceso en el **tratamiento primario** de las aguas servidas están: la filtración, la sedimentación, la flotación, la separación de aceites y la neutralización.

Es un proceso mecánico que utiliza cribas para separar los desechos de mayor tamaño como palos, piedras y trapos. Las aguas del alacantarillado llegan a la cámara de dispersión en donde se encuentran las cribas, de donde pasan las aguas al tanque de sedimentación, de donde los sedimentos pasan a un tanque digestor y luego al lecho secador, para luego ser utilizados como fertilizante en las tierras de cultivo o a un relleno sanitario o son arrojados al mar. Del tanque de sedimentación el agua es conducida a un tanque de desinfección con cloro (para matarle las bacterias) y una vez que cumpla con los límites de depuración sea arrojada a un lago, un río o al mar.

En el proceso que utiliza el **tratamiento Secundario** es el más común de lodos activados y de las aguas contaminadas están: Proceso de lodos activados, Aireación u oxidación total, Filtración por goteo, tratamiento anaeróbico.

El tratamiento secundario de aguas servidas es un proceso biológico que utiliza bacterias aerobias como un primer paso para remover hasta cerca del 90 % de los desechos biodegradables que requieren oxígeno. Después de la sedimentación, el agua pasa a un tanque de aireación en donde se lleva a cabo el proceso de degradación de la materia orgánica y posteriormente pasa a un segundo tanque de sedimentación, de ahí al tanque de desinfección por cloro y después se descarga para su reutilización.



Las aguas residuales que provienen del tratamiento primario pasan a un tanque de aireación en donde se hace burbujear aire o en algunos casos oxígeno, desde el fondo del tanque para favorecer el rápido crecimiento de las bacterias y otros microorganismos. Las bacterias utilizan el oxígeno para descomponer los desechos orgánicos de estas aguas. Los sólidos en suspensión y las bacterias forman una especie de lodo conocido como lodo activado, el cual se deja sedimentar y luego es llevado a un tanque digestor aeróbico para que sea degradado.

Finalmente el lodo activado es utilizado como fertilizante en los campos de cultivo, incinerado o llevado a un relleno sanitario.

Otras plantas de tratamiento de aguas utilizan un dispositivo llamado filtro percolador en lugar del proceso de lodos activados. En este método, las aguas a tratar a las que les han sido eliminados los sólidos grandes, son rociadas sobre un lecho de piedras de aproximadamente 1.80 metros de profundidad. A medida que el agua se filtra entre las piedras entra en contacto con las bacterias que descomponen a los contaminantes orgánicos. A su vez, las bacterias son consumidas por otros organismos presentes en el filtro. Del tanque de aireación o del filtro percolador se hace pasar el agua a otro tanque para que sedimenten los lodos activados. El lodo sedimentado en este tanque se pasa de nuevo al tanque de aireación mezclándolo con las aguas negras que se están recibiendo o se separa, se trata y luego se tira o se entierra.

Una planta de tratamiento de aguas produce grandes cantidades de lodos que se necesitan eliminar como desechos sólidos. El proceso de eliminación de sólidos de las aguas tratadas no consiste en quitarlos y desecharlos, sino que se requiere tratarlos antes de su eliminación.

Como los tratamientos primario y secundario de aguas no eliminan a los nitratos ni a los fosfatos, éstos contribuyen a acelerar el proceso de eutroficación de los lagos, de las corrientes fluviales de movimiento lento y de las aguas costeras. Los productos químicos persistentes como los plaguicidas, ni los radioisótopos de vida media alta, son eliminados por estos dos tratamientos.

Entre el tratamiento primario y secundario de las aguas eliminan cerca del 90 % de los sólidos en suspensión y cerca del 90 % de la materia orgánica (90 % de la demanda bioquímica de oxígeno).

En el **tratamiento terciario** las operaciones que se utilizan es aguas contaminadas están: Microfiltración, Adsorción por carbón activado, Intercambio iónico, Osmosis inversa, Electrodiálisis, Remoción de nutrientes, Cloración, Ozonización.

A cualquier tratamiento de las aguas que se realiza después de la etapa secundaria se le llama tratamiento terciario y en éste, se busca eliminar los contaminantes orgánicos, los nutrientes como los iones fosfato y nitrato o cualquier exceso de sales minerales. En el tratamiento terciario de aguas servidas de desecho se pretende que sea lo más pura posible antes de ser descargadas al medio ambiente. Dentro del tratamiento de las aguas de desecho para la eliminarles los nutrientes están la precipitación, la sedimentación y la filtración.

El Proceso de cloración es el método de cloración es el más utilizado, pero como el cloro reacciona con la materia orgánica en las aguas de desecho y en el agua superficial produce pequeñas cantidades de hidrocarburos cancerígenos. Otros desinfectantes como el ozono, el peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) y luz ultravioleta empiezan a ser empleados en algunos lugares, pero son más costosos que el de cloración.

El proceso más utilizado para la desinfección del agua es la cloración porque se puede aplicar a grandes cantidades de agua y es relativamente barato. El cloro proporciona al agua sabor desagradable en concentraciones mayores de 0.2 ppm aunque elimina otros sabores y olores desagradables que le proporcionan diferentes materiales que se encuentran en el agua. Aunque el cloro elemental o en forma atómica se puede usar para la desinfección del agua, son más utilizados algunos de los compuestos de cloro como el ácido hipocloroso, el hipoclorito de sodio, el hipoclorito de calcio y el peróxido de cloro.

Algunas de las reacciones químicas que ocurren entre compuestos de cloro y el agua se representan en las ecuaciones químicas siguientes:

Hidrólisis del cloro:  $\text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$

Disociación del ácido hipocloroso:  $\text{HClO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{ClO}^-$

Acidificación del hipoclorito de sodio:  $\text{NaClO} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Na}^+ + \text{HClO}$

El cloro puede formar con el amoníaco las cloraminas que también tienen acción desinfectante. El peróxido de cloro también es capaz de oxidar a los fenoles. El cloro tiene una acción tóxica sobre los microorganismos y actúa como oxidante sobre la materia orgánica no degradada y sobre algunos minerales. El cloro no esteriliza porque aunque destruye microorganismos patógenos no lo hace con los saprofitos.

La calidad óptima de agua para consumo humano y adecuados servicios de saneamiento básico son indispensables para reducir los índices de morbilidad y mortalidad, en especial de los niños y niñas y de los adultos mayores, contribuyendo así mismo al mejoramiento de la calidad de vida y el bienestar general de la población esto se puede se puede controlar mediante una combinación de medidas: protección de las fuentes de agua, de control de las operaciones de tratamiento, y de gestión de la distribución y la manipulación del agua.

La óptima vigilancia de la calidad del agua que se consume en los hogares implica tomar muestras de forma permanente y cumplir con los criterios establecidos en las normas para cada parámetro y se registren para su seguimiento y control. El derecho humano al agua debe entenderse como un derecho autónomo e independiente, dada la importancia que tiene para la vida y la salud de los seres humanos; de hecho el derecho humano al agua es un derecho fundamental para todos los seres humanos con la suficiente cantidad y en condiciones de potabilidad óptimas. Si no se tiene potabilidad adecuada, se mantiene la amenaza permanente sobre la salud, la alimentación y la vida de gran parte del pueblo

colombiano, especialmente de la población infantil que es siempre la primera víctima del agua contaminada.

Este proyecto pretende evaluar la calidad del agua potable, analizar técnica y operativamente el proceso del tratamiento del agua y realizar una propuesta para implementar un sistema de gestión de calidad que permita a la empresa de acueducto de Yopal definir unos procesos, responsabilidades, procedimientos y métodos necesarios para detectar las desviaciones producidas, corregir las fallas, mejorar la eficiencia y reducir los costos.

El resultado final del proyecto será una metodología documental adecuada y practica que llevara a que las personas de la ciudad de Yopal reciban un agua apta para el consumo humano (agua potable), y lo más importante que dicha calidad del agua se siga mantenimiento y con el tiempo se mejoren los métodos para mejorar aún más el servicio y la percepción de la comunidad yopaleña en cuanto al suministro del agua potable. La satisfacción del cliente es uno de los elementos más importantes al brindar un servicio o producto, porque con ello se puede lograr la permanencia en el mercado, arrojando como resultado que la empresa obtenga beneficios como la lealtad, por otra parte el cliente satisfecho comunica a otros sus experiencias positivas con el producto mejorando la percepción del mismo.

## **8. CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA SEGÚN NORMATIVIDAD DECRETO NORMATIVIDAD DECRETO 1575 (9 Junio de 2007)**

Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

RESOLUCIONES REGLAMENTARIAS:

- NUMERO 2115 (22 DE JUNIO DE 2007)

**Características Físicas:** El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación:

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable ó no aceptable	Aceptable

Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2
-----------	--	---

**Tabla 5. Características Físicas de la calidad del agua.**

**Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.**

Las características químicas del agua para consumo humano de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias que al sobrepasar los valores máximos aceptables tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, deben enmarcarse dentro de los valores máximos aceptables que se señalan a continuación:

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN-	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN-	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01

Selenio	Se	0,01
---------	----	------

**Tabla 6. Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.**

**Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana**

Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana se señalan en el siguiente cuadro:

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitritos	NO <sub>2</sub>	0,1
Nitratos	NO <sub>3</sub>	10
Fluoruros	F	3

**Tabla 7. Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana**

**Características microbiológicas**

Deben enmarcarse dentro de los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) ó 1 microorganismo en 100 cm<sup>3</sup> de muestra:

Técnicas utilizadas	Coliformes Totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>
Sustrato Definido	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>

**Tabla 8. Características microbiológicas**

**NORMATIVIDAD DECRETO 1209 (14 Julio de 2008)**

Por el cual se establecen las Normas para prevenir y controlar los riesgos para la salud, asociados a la calidad de las aguas de baño, la higiene y la seguridad de las instalaciones de las Piscinas.

### 9. VISITA A LA BOCATOMA (QUEBRADA LA TABLONA)

Figura 1. Puente de acceso Bocatoma (quebrada la Tablona)



Fuente. EAAAY 2014

Figura 2. Acceso Bocatoma (Quebrada la Tablona)



Fuente. EAAAY 2014

Figura 3. Acceso Bocatoma (Quebrada la Tablona)



Fuente. EAAAY 2014

Figura 4. Acceso Bocatoma  
(Quebrada la Tablona)



Fuente. EAAAY 2014

Figura 5. Acceso Bocatoma  
(Quebrada la Tablona)



Fuente. EAAAY 2014

Figura 6. Llegada Bocatoma  
(Quebrada la Tablona)



Fuente. EAAAY 2014

Es una planta convencional, la cual fue creada en los años 90, tiene una captación de agua de 400 lts x seg, y un color fuerte persistente de (90), ésta planta abastece 330 lts x seg de agua al municipio de Yopal.

Figura 7. Bocatoma  
(Quebrada la tablona)



Fuente. EAAAY 2014

Figura 8. Reja de captación  
(Quebrada la tablona)



Fuente. EAAAY 2014

Anteriormente ésta planta era solo para desarenadores, ahora se utiliza para hacer el tratamiento del agua. Desde los años 2004 hasta el 2007, se ha venido haciendo mejorías a ésta planta, como rellenarla y subir nivel con columnas a los costados de la quebrada, también se crearon cunetas de buena profundidad, se ha ampliado la rejilla de captación y se ha soldado ya que cuando se presentaban crecientes, bajaba mucha roca y ésta se iba. El mantenimiento de dicha rejilla se hace cada vez que se ve sucia y éste proceso tiene un riesgo elevado ya que la corriente es muy fuerte, por eso siempre trabajan de a dos (2) operadores con un turno de 11 horas diarias.

Figura 9. Bocatoma  
(Quebrada la Tablona)



Fuente. EAAAY 2014

Figura 10. Muestras Bocatoma  
(Quebrada la Tablona)



Fuente. EAAAY 2014

Se podría decir que la mayoría de piezas que se utilizaron para armar ésta planta son recicladas de la planta que sufrió el colapso en el 2011.



Figura 11. Proceso de Coagulación  
(Quebrada la Tablona)



Fuente. EAAAY 2014

Figura 12. Moto reductor con  
mezclador de coagulante  
(Quebrada la Tablona)



Fuente. EAAAY 2014

De allí se desprenden 3 líneas de 16" hechas en acero al carbón, las cuales guía el agua, para que pase por todo un proceso de tratado: Coagulación, Floculación y Sedimentación. El agua recogida de la quebrada tiene un Ph muy bajo (5 – 6), entonces es necesario agregar una dosis de soda para la cloración y que dicho Ph llegue a un promedio de 8.

Figura 13. Dosis de Soda para cloración  
(Quebrada la Tablona)



Fuente. EAAAY 2014

Al finalizar todo el proceso de tratado que se hace en esta planta, sólo faltaría el proceso de filtración de desinfección, los cuales se hacen en la planta modular, de la que hablaremos en la que fue nuestra última visita. El agua que llega hasta dicha planta, sale desde la planta convencional de la bocatoma por medio de dos líneas también hechas en acero al carbón, las cuales son de 16" y 18".

Figura 14. Líneas de 16" de acero al carbón.  
(Quebrada la Tablona)



Fuente. EAAAY 2014

Para el tratamiento del agua se utiliza hidroxiclورو de aluminio líquido ya que la dosificación es más limpia que la cal. Se cuenta con una bodega para el almacenamiento del químico y se tiene en reserva sulfato de aluminio por si se presenta alguna emergencia como la falta de hidroxiclورو de aluminio líquido ya que es pesado y la entrada a ésta bocatoma no es de lo más sencillo. También se cuenta con una planta eléctrica automática ya que en esta zona falla mucho la luz y por ninguna razón se puede permitir el paso de aguas contaminadas. Para el llenado de tanques se utiliza una bomba de tamaño medio e igualmente otra bomba para el lavado de tanques.

Figuras 15 y 16. Mezcladores de oxiclورو de Aluminio y agua con soda cáustica  
(Quebrada la Tablona)



Fuente. EAAAY 2014

Existe un promedio de 20 casas aledañas a la bocatoma, las cuales no preservaban debidamente ésta quebrada, botaban basura como pañales sucios, llantas y más; por tal razón, la empresa de acueducto les hizo una capacitación enseñándoles cómo hacer uso de éstos residuos y brindándoles puntos de clasificación de residuos sólidos.

## 10. VISITA PLANTA MODULAR

Figuras 17 y 18. Líneas de 16" y 18" receptoras del Bocatoma (Planta Modular)



Fuente. EAAAY 2014

Como habíamos dicho anteriormente, llega a esta planta dos líneas, la de 16" y la de 18", y se conectan con una sola línea también hecha en acero al carbón pero ésta de 20". Al entrar el agua en ésta línea, se pasa por un caudalímetro de entrada y salida y llega a la sala de dosificación.

Figura 19. Caudalímetro y línea de 20" (Planta Modular)



Fuente. EAAAY 2014

En esta planta también se cuenta con una sala de dosificación y una bodega donde se guarda hidroxiclورو de aluminio líquido, ya que si el agua llega muy turbia, entonces nuevamente se utiliza éste químico para tratarla.

Figuras 20 y 21. Sala de dosificación y Bodega (Planta Modular)



**Fuente. EAAAY 2014**

Esta planta está diseñada para realizar la filtración, cuenta con 8 filtros inmensos los cuales se encargan de éste proceso.

Figuras 22 y 23. Filtros Gigantes (Planta Modular)



**Fuente. EAAAY 2014**

Para hacerles limpieza se necesita de un traje y unas botas especiales ya el cloro es corrosivo y causa gran daño, ésta limpieza se hace a través de la purga.

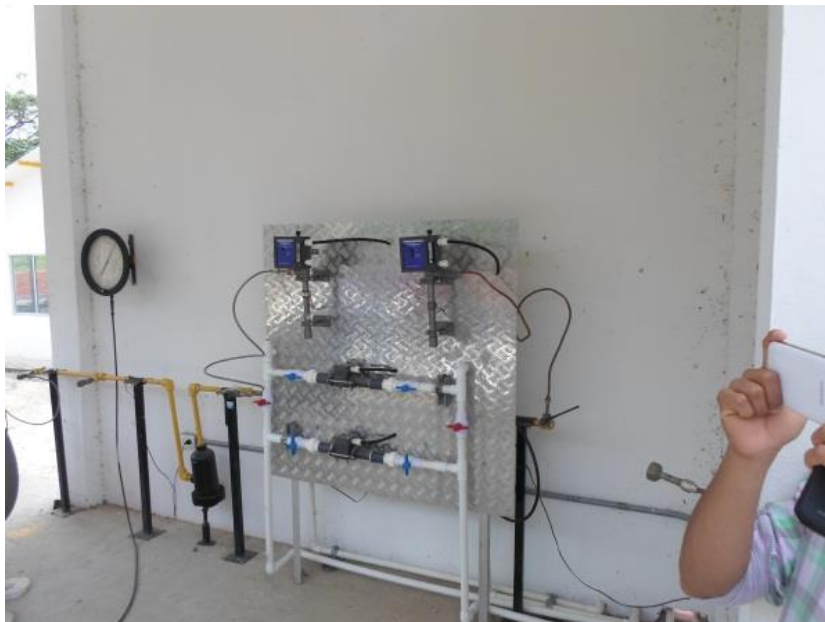
Existen unos cilindros de 900 kg llenos de cloro, los cuales están para realizar el sistema de cloración.

Figura 24. Cilindros de 900kg con cloro  
(Planta Modular)



**Fuente. EAAAY 2014**

Figura 25. Dosificador de cloro  
(Planta Modular)



**Fuente. EAAAY 2014**

Después de pasar por todo el proceso de filtración, con la ayuda de unas bombas de cloración se hace la desinfección final. Por último vuelve a pasar por un caudalímetro y sale por las vías del acueducto a su distribución.

## 11. VISITA A PLANTAS PORTATILES

### 11.1 PLANTA POZO VILLA MARIA 1

La Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Yopal (E.I.C.E – ESP), está entre calles 29 con Carrera 29. Allí se carga agua para los carro tanques, para los conjuntos de la empresa y barrios aledaños, las cuales están conformados entre la calle 19 y Calle 40 y entre la carrera 29 canal el remanso pozo 2.

Figura 26. Planta pozo Villa María 1.



Fuente. EAAAY 2014

Este pozo tiene 250  $mts^3$  de agua, se realiza prueba de bombeo al pozo profundo ubicado en el barrio Villa María, con el objetivo de determinar la capacidad del pozo, abatimiento, habilidad de producción a largo plazo y para tomar muestras de agua para análisis. En éste pozo se cargan carro tanques a 12 lts x seg, la planta 1 tiene 2 filtros a la cual se le añade 2 pastillas de clorox cada 8 días. El mantenimiento que se le realiza a éste pozo es cada 20 días.

Figura 27. Tanque planta Villa María 1.



Fuente. EAAAY 2014

## MANTENIMIENTO ALCANTARILLADO

Los procedimientos se realizan bajo el cumplimiento y exigencias de Corporinoquia, para ampliar la concesión de aguas subterráneas del mencionado pozo profundo.

Figura 28. Mantenimiento de Alcantarillado.



Fuente. EAAAY 2014

## 11.2 PLANTA POZO VILLA MARIA 2

Este pozo es el punto de captación tiene 500 metros de profundidad y almacena 250 lts de agua, está rodeado entre calles 19-20-40.

Si sale con demasiado clorox se realiza lavado 1 vez por semana. Se cuenta con una planta de alimentación eléctrica, en caso de que se vaya la energía. El pozo está revestido hasta los 460 mts y cada hora se toma una muestra de agua (potable y residual)

Figuras 29 y 30. Planta pozo Villa María 2



Fuente. EAAAY 2014

Cada 15 días se hace limpieza de los carros tanques para verter el agua potable.

Ellos se basan en la resolución 2115 de 2007 el ministerio de protección.

En villa Maria I y II está el Laboratorio Físico químico dónde sacan las muestras: a continuación se menciona algunos equipos:

- ultrapure (Type 1) Water.
- Turbidimeter 2100 N (Hach)
- Espectrofotometro DR 500
- Titulador Digital
- Reactor
- Balance Digital PH.
- Placa de agitación
- Conductimetro
- Incubadora caliente



Figura 31. Equipos de Medición en laboratorio



### 11.3 PLANTA POZO SAN JORGE

Esta planta se diseñó al mismo tiempo que el barrio San Jorge, es una planta portatil, tiene 450 Metros de profundidad, la planta filtra 5 mts x seg. Se caracteriza por su captación, filtración, segmentación, está diseñada por 2 tanques de 5000 lts

Figura 32. Planta pozo San Jorge



Fuente. EAAAY 2014

#### 11.4 PLANTA POZO DEL ESTADIO

La filtración que acá se hace es similar a la del pozo Villa María 1, en la parte de arriba se hace la sedimentación (se utiliza paneles tipo colmena), el mantenimiento que se hace a ésta planta es cada 20 días. Acá también se trabaja con agua de lluvia y se utilizan tubos en pvc de 160 psi.

Figura 33. Planta pozo el Estadio



Fuente. EAAAY 2014

## 12. ENCUESTA "PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UNA METODOLOGIA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE EN LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE YOPAL"

Según la Empresa de acueducto, agua y alcantarillado de Yopal (AAAY), en el mes de abril de 2014 contaba con 30.767 usuarios, por ese motivo, tomaremos esta cifra como tamaño de la población

$$p = 30767$$

$$e = 6,5 \% = 0.065$$

$$P = 50 \% = 0,5$$

$$\text{Nivel de confianza} = 95 \% = Z = 1,96$$

$$q = ?$$

Siguiendo la fórmula:

$P + q = 1$ , y despejando  $q$

$q = 1 - P$ , entonces:

$$q = 1 - 0.5.$$

$$q = 0.5$$

Luego con la fórmula siguiente se halla la muestra a tomar:

$$n_0 = \frac{Z^2 * P * q}{e^2}$$

$$n_0 = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5}{(0.065)^2}$$

$$n_0 = \frac{3.8416 * 0.25}{0.004225}$$

$$n_0 = \frac{0.9604}{0.004225}$$

$$n_0 = 227$$

Se hace una encuesta (tabla 3), a 223 usuarios del servicio de la Empresa de Acueducto, Agua y Alcantarillado de Yopal "EAAAY", ubicados en los barrios que han sido más vulnerables a esta problemática; algunos de estos barrios son los siguientes:

- Brisas del Llano
- Cataluña
- Casimena
- El Fical
- Los Almendros
- Ciudadela del Carmen
- San Mateo

## 12.1 RESULTADO ENCUESTA

Ya que las encuestas realizadas fue un trabajo en grupo, únicamente se toman las respuestas de algunas preguntas, las cuales para nuestro diagnóstico son las más importantes.

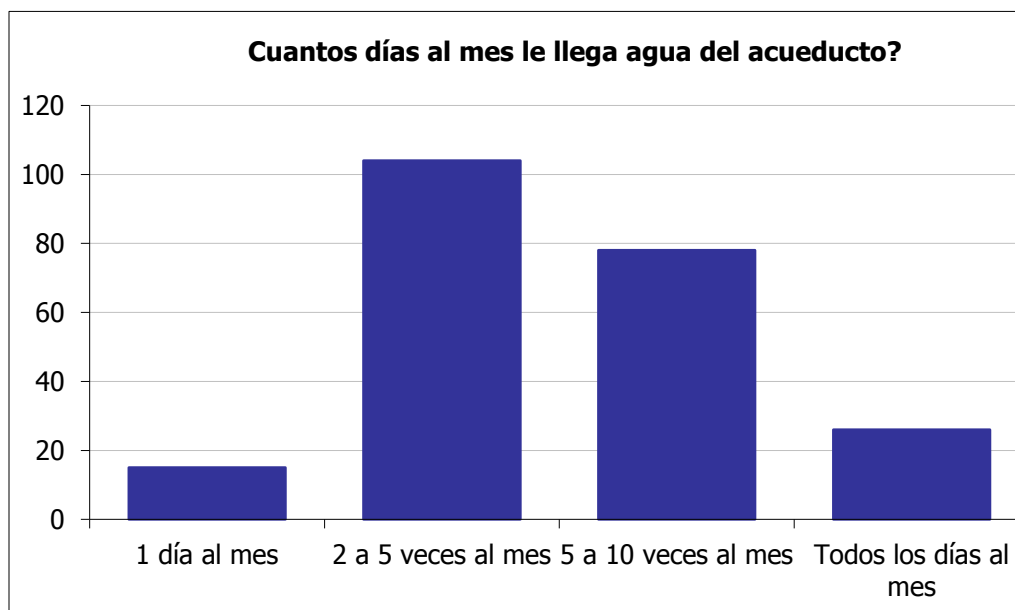
Las respuestas y gráficos dados a continuación, son realizados por la página web [www.encuestafacil.com](http://www.encuestafacil.com).

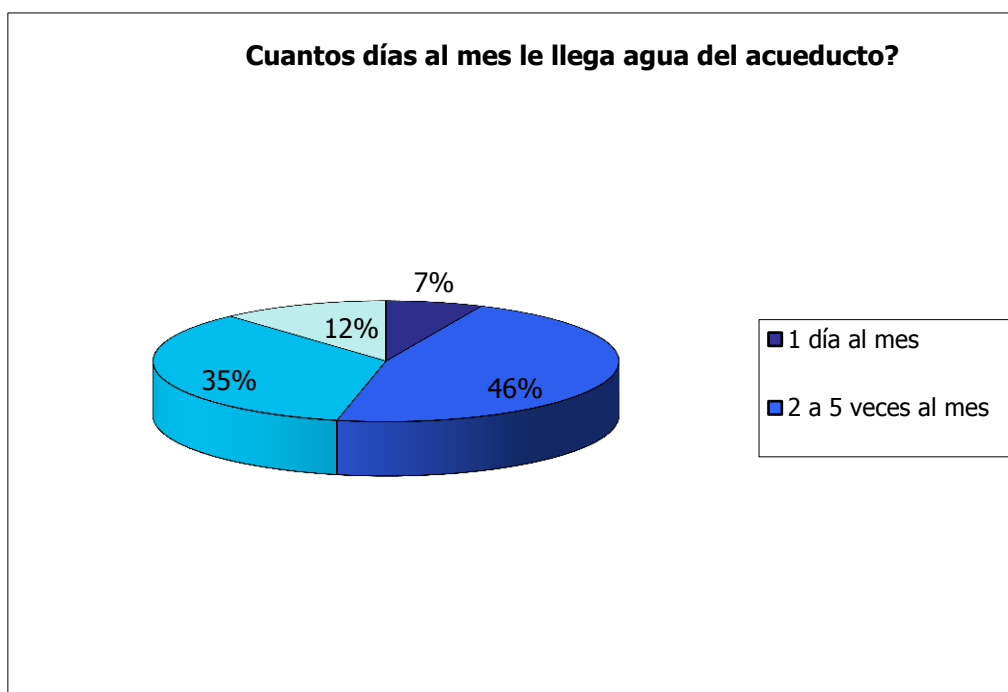
**Población: 223 usuarios**

1. ¿Cuántos días al mes le llega agua del acueducto?

1 día al mes	15	7%
2 a 5 veces al mes	104	47%
5 a 10 veces al mes	78	35%
Todos los días al mes	26	12%

Respuestas recogidas 223





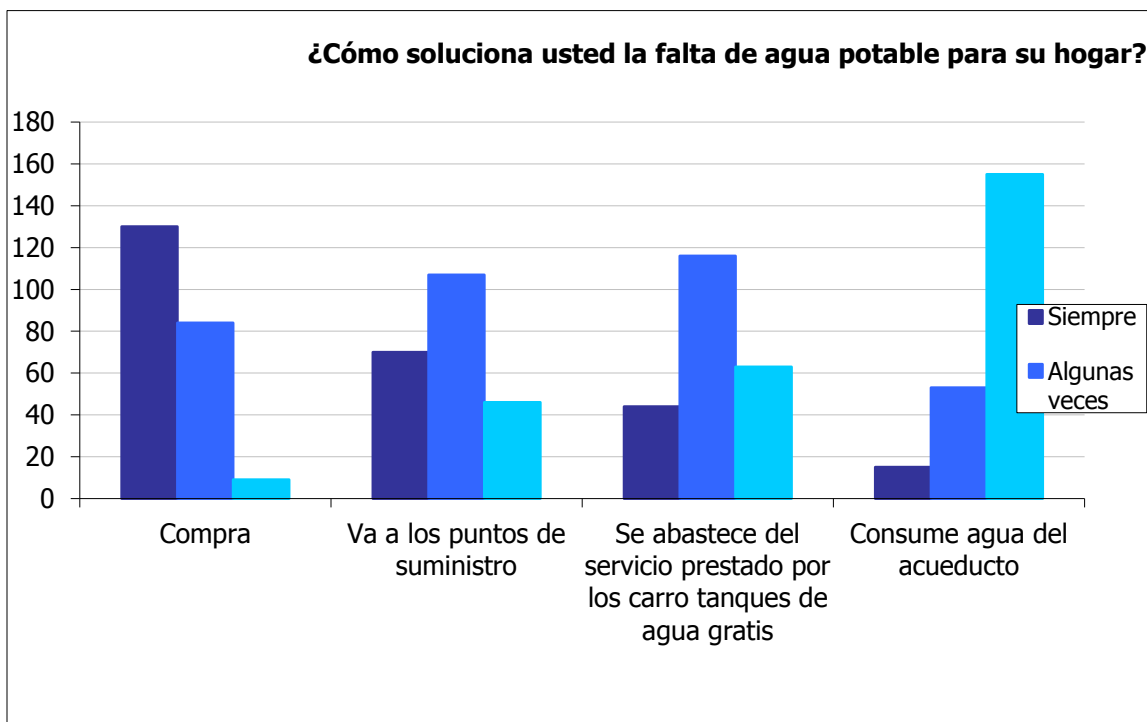
<b>Análisis técnico</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,516	El "81,61%" eligieron: 2 a 5 veces al mes 5 a 10 veces al mes La opción menos elegida representa el "6,73%": 1 día al mes
Intervalo de confianza (95%)	[2,412 - 2,619]	
Tamaño de la muestra	223	
Desviación típica	0,788	
Error estandar	0,053	

2. ¿Cómo soluciona usted la falta de agua potable para su hogar?

Solución múltiple con múltiple respuesta.

	<b>Siempre</b>	<b>Algunas veces</b>	<b>Nunca</b>	<b>Total</b>
<b>Compra</b>	58%(130)	38%(84)	4%(9)	223
<b>Va a los puntos de suministro</b>	31%(70)	48%(107)	21%(46)	223
<b>Se abastece del servicio prestado por los carro tanques de agua gratis</b>	20%(44)	52%(116)	28%(63)	223

Consumo agua del acueducto 7%(15) 24%(53) 70%(155) 223



**Análisis técnico - Población: 223**

<b>Compra</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	1,457	El "95,96%" eligieron:
Intervalo de confianza (95%)	[1,382 - 1,533]	Siempre
Tamaño de la muestra	223	Algunas veces
Desviación típica	0,575	La opción menos elegida representa el "4,04%":
Error estandar	0,038	Nunca

<b>Va a los puntos de suministro</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	1,892	El "79,37%" eligieron:
Intervalo de confianza (95%)	[1,799 - 1,986]	Algunas veces
Tamaño de la muestra	223	Siempre
Desviación típica	0,715	La opción menos elegida representa el

		"20,63%":
Error estandar	0,048	Nunca

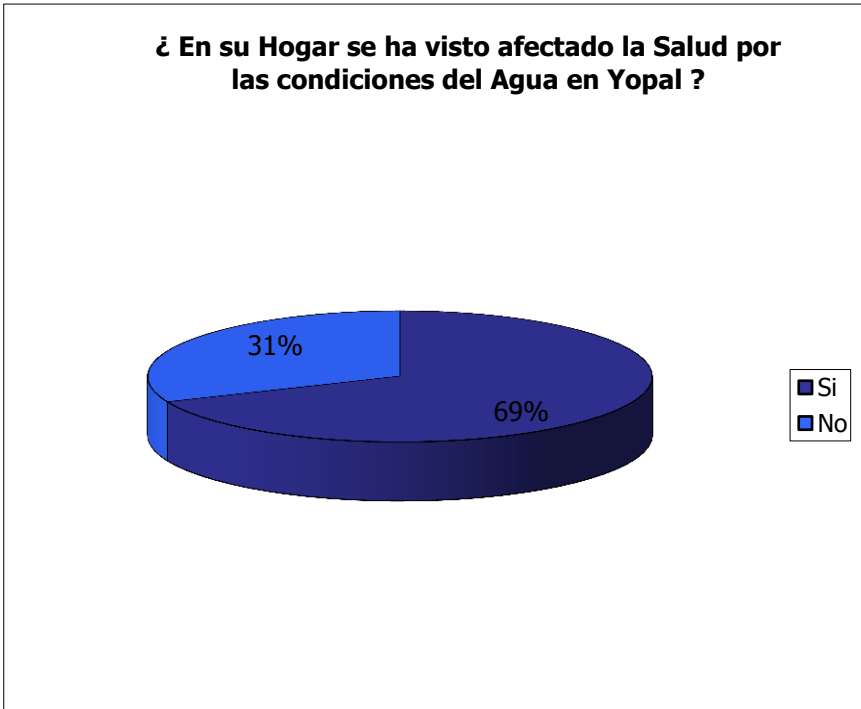
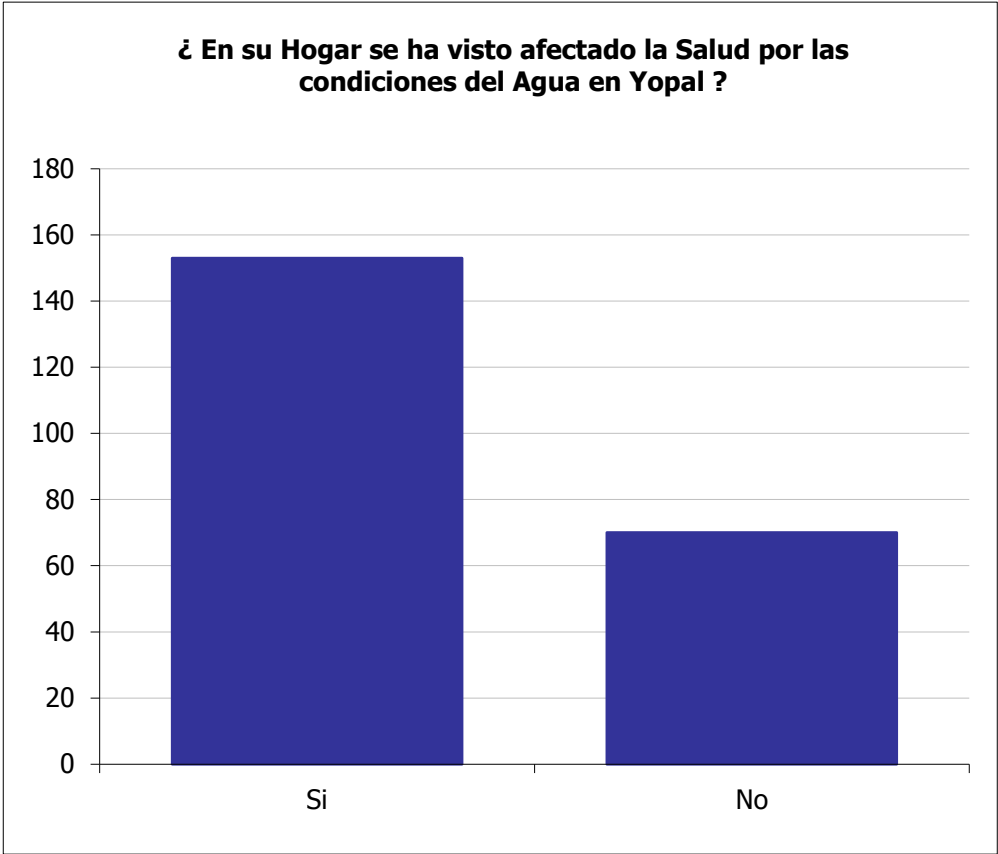
<b>Se abastece del servicio prestado por los carrotanques de agua gratis</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,085	El "80,27%" eligieron:
Intervalo de confianza (95%)	[1,995 - 2,176]	Algunas veces
Tamaño de la muestra	223	Nunca
Desviación típica	0,689	La opción menos elegida representa el "19,73%":
Error estandar	0,046	Siempre

<b>Consume agua del acueducto</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,628	El "93,27%" eligieron:
Intervalo de confianza (95%)	[2,548 - 2,708]	Nunca
Tamaño de la muestra	223	Algunas veces
Desviación típica	0,608	La opción menos elegida representa el "6,73%":
Error estandar	0,041	Siempre

3. ¿En su hogar se ha visto afectada la salud por las condiciones del agua en Yopal?

Si	153	69%
No	70	31%
Respuestas Escogidas:		

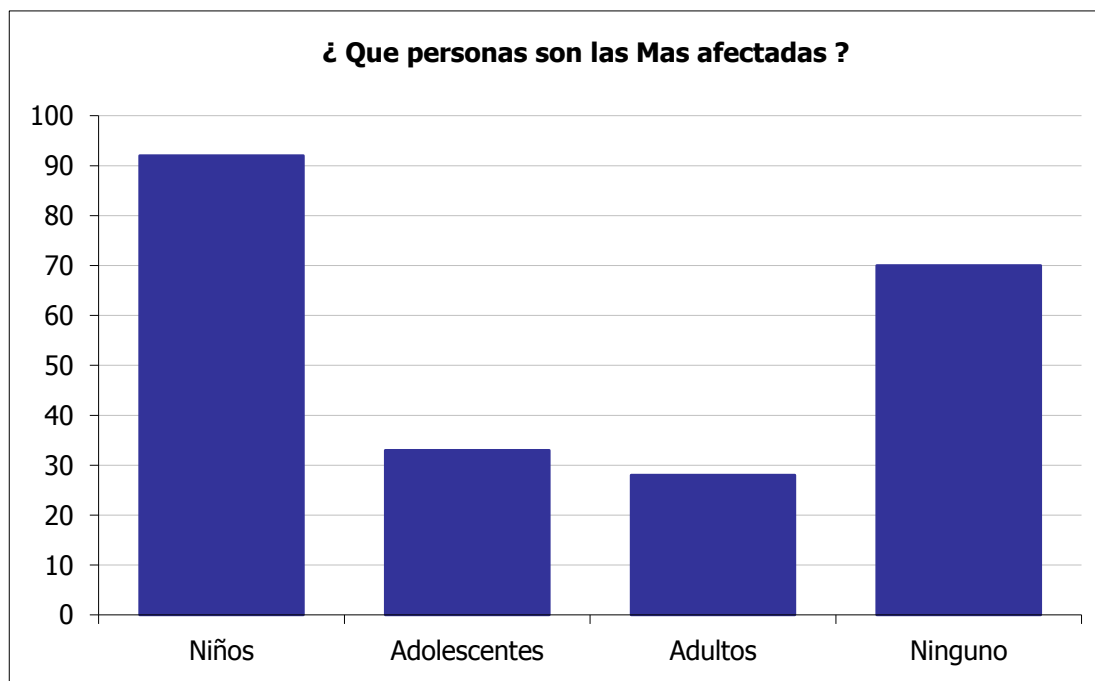


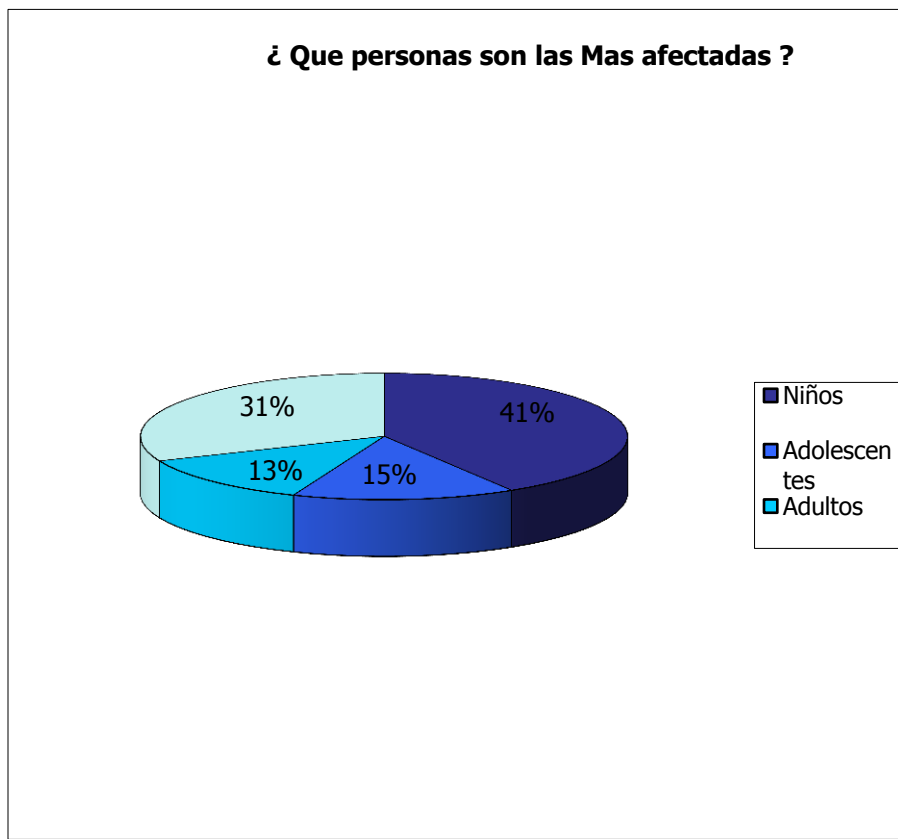


Análisis técnico		Conclusiones destacadas
Media	1,314	La opción más elegida fue "Si".
Intervalo de confianza (95%)	[1,253 - 1,375]	
Tamaño de la muestra	223	
Desviación típica	0,465	La opción menos elegida fue "No".
Error estandar	0,031	

4. ¿Qué personas son las más afectadas?

Niños	92	41%
Adolescentes	33	15%
Adultos	28	13%
Ninguno	70	31%
Respuestas recogidas	223	

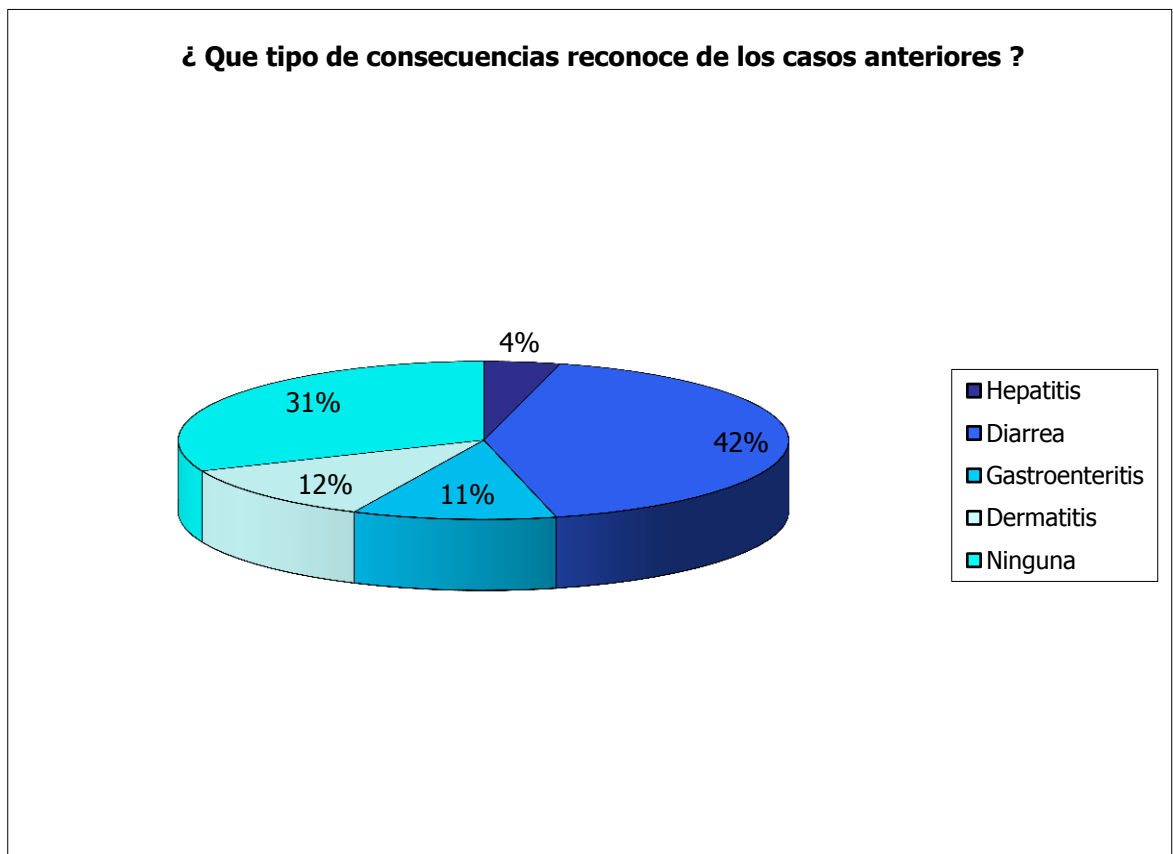
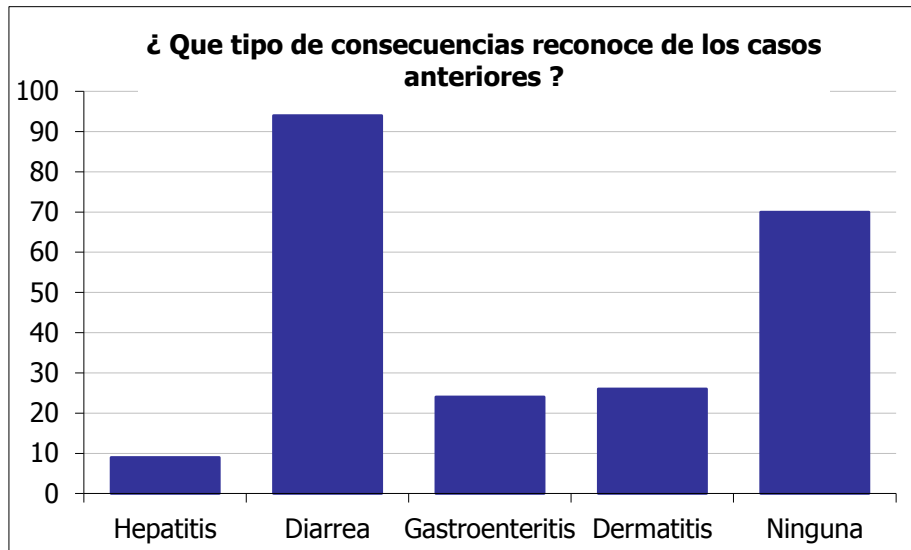




Análisis técnico		Conclusiones destacadas
Media	2,341	El "72,65%" eligieron: Niños Ninguno La opción menos elegida representa el "12,56%": Adultos
Intervalo de confianza (95%)	[2,170 - 2,511]	
Tamaño de la muestra	223	
Desviación típica	1,298	
Error estandar	0,087	

**5. ¿Qué tipo de consecuencias reconoce de los casos anteriores?**

Hepatitis	9	4%
Diarrea	94	42%
Gastroenteritis	24	11%
Dermatitis	26	12%
Ninguna	70	31%
Respuestas recogidas	223	

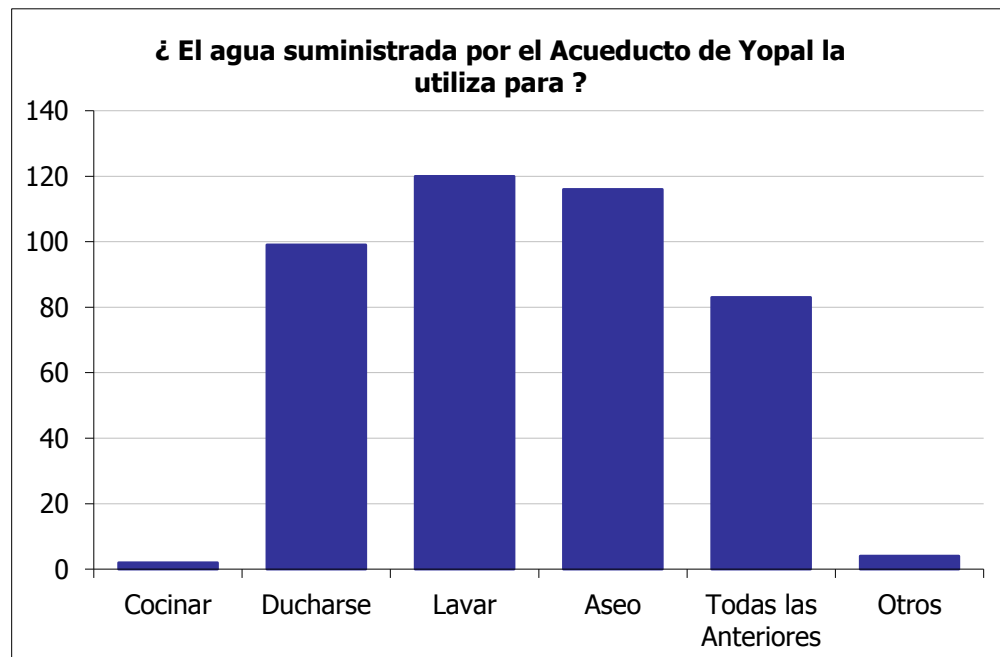


Análisis técnico		Conclusiones destacadas
Media	3,242	El "73,54%" eligieron:  Diarrea Ninguna La opción menos elegida representa el "4,04%": Hepatitis
Intervalo de confianza (95%)	[3,061 - 3,423]	
Tamaño de la muestra	223	
Desviación típica	1,380	
Error estandar	0,092	

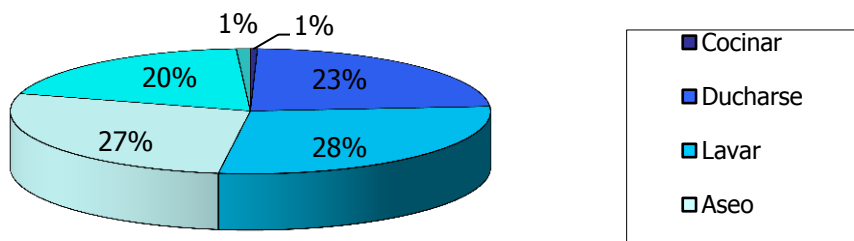
6. El agua suministrada por el acueducto de Yopal la utiliza para?

Solución múltiple con múltiple respuesta.

Cocinar	2	1%
Ducharse	99	44%
Lavar	120	54%
Aseo	116	52%
Todas las Anteriores	83	37%
Otros	4	2%
Respuestas recogidas	223	



**¿ El agua suministrada por el Acueducto de Yopal la utiliza para ?**



Análisis técnico		Conclusiones destacadas
Media	3,197	El "61,43%" eligieron:  Lavar Aseo La opción menos elegida representa el "0,90%": Cocinar
Intervalo de confianza (95%)	[3,093 - 3,302]	
Tamaño de la muestra	223	
Desviación típica	0,796	
Error estandar	0,053	

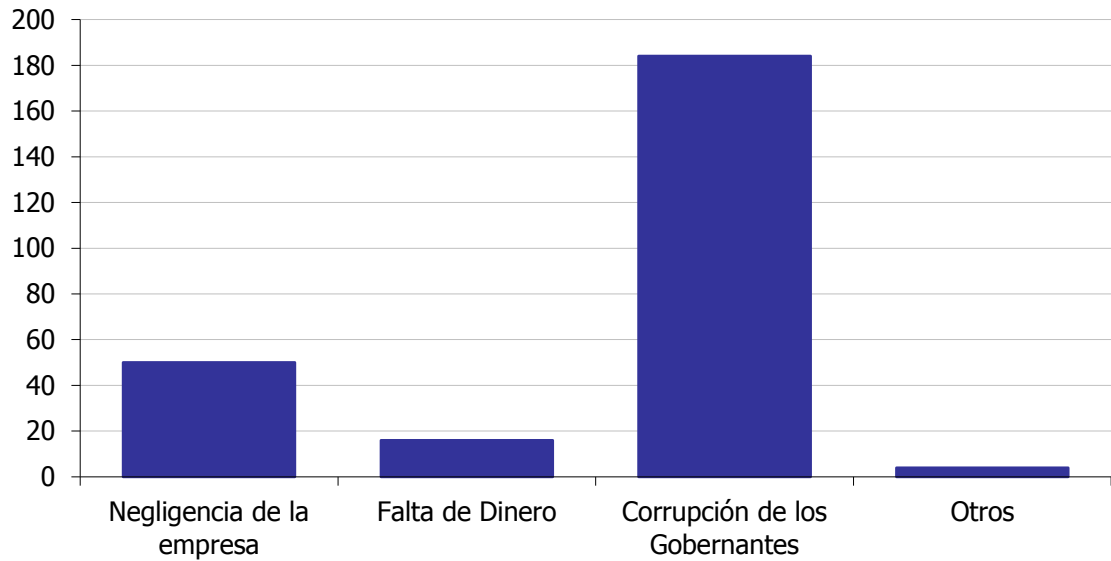
7. ¿Cuál cree usted que sea el motivo del atraso en la construcción de la nueva planta de tratamiento del agua?

8.

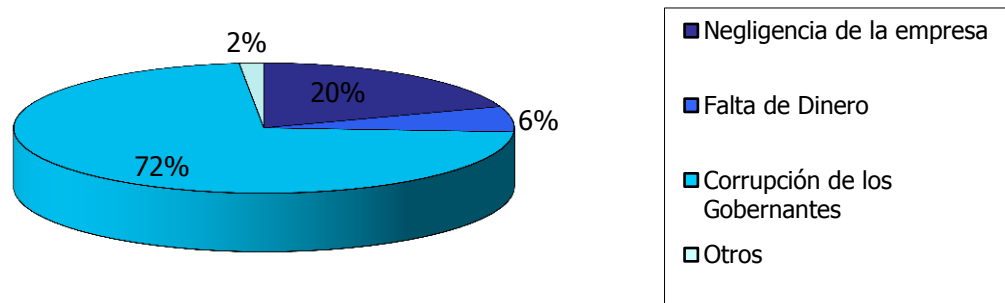
Solución múltiple con múltiple respuesta.

Negligencia de la empresa	50	22%
Falta de Dinero	16	7%
Corrupción de los Gobernantes	184	83%
Otros	4	2%
Respuestas recogidas	223	

**¿ Cual cree usted que sea el motivo del atraso en la construcción de la nueva planta de tratamiento del Agua ?**



**¿ Cual cree usted que sea el motivo del atraso en la construcción de la nueva planta de tratamiento del Agua ?**



<b>Análisis técnico</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,915	El "94,62%" eligieron: Corrupción de los Gobernantes Negligencia de la empresa La opción menos elegida representa el "1,79%": Otros
Intervalo de confianza (95%)	[2,807 - 3,023]	
Tamaño de la muestra	223	
Desviación típica	0,821	
Error estandar	0,055	



### 13. CONCLUSIONES

Según lo observado en las visitas se puede deducir que:

- Gran parte de los equipos e infraestructura que se utiliza en el momento de hacer tratamiento al agua fue reciclado de la planta que colapsó, por tal razón, hay equipos viejos y en mal estado los cuales no son aptos para dar un agua de calidad.
- La EAAAY, aunque sí efectúa un buen tratamiento para dar un agua de calidad, el agua llega sucia a las casas por falta de infraestructura.
- La mala vía que hay para acceder a la bocatoma perjudica en el tratamiento del agua, ya que los químicos que hay que llevar son muy pesados.

Se deduce según las personas encuestadas que:

- Generalmente llega agua del acueducto de 2 a 5 veces al mes.
- El 58% de las personas encuestas, respondiendo en selección múltiple con múltiple respuesta, compran el agua ya purificada para consumirla y el 70% de estas mismas personas no consumen agua del acueducto.
- El 69% de las personas encuestadas se han visto afectadas por la mala calidad del agua suministradas por la EAAAY.
- De las 223 personas encuestadas, 92 personas dijeron que los niños eran las más afectadas en cuestión de enfermedades por culpa del agua que llega del alcantarillado.
- El 42% de las personas encuestadas dijeron que la diarrea es la enfermedad más común por causa del agua que llega del alcantarillado.
- Dando la opción de múltiple respuesta, 120 personas encuestadas dijeron que el agua del acueducto la utilizan especialmente para lavar la ropa.
- El 83% de las personas encuestadas, respondiendo selección múltiple con múltiple respuesta, dicen que toda la culpa del atraso en la nueva planta de tratamiento es por la corrupción de los gobernantes.

#### **14. RECOMENDACIONES ESPECIALES CON EL AGUA DE YOPAL, SEGÚN SECRETARÍA DE SALUD DE LA CIUDAD DE YOPAL.**

La Secretaría de Salud de Yopal informa que los estudios realizados a las fuentes de agua del acueducto del municipio ha reportado Negativas para la presencia de los microorganismos responsables de enfermedades como la Rotavirus, Adenovirus y Enterovirus, sin embargo persiste la presencia del virus responsable de la Hepatitis A, por lo cual es necesario mantener las siguientes recomendaciones:

Si presenta alguno de los siguientes síntomas, consulte inmediatamente al servicio de salud:

- Hepatitis A: fiebre, malestar general, pérdida de apetito, diarrea, náuseas, molestias abdominales, coloración oscura en la orina e ictericia (coloración amarillenta de la piel y la esclera ocular).

Tenga en cuenta que los menores de edad y las personas mayores de 60 años son población vulnerable por lo cual tienden a enfermarse en un menor tiempo por lo que es importante acudir rápidamente al servicio de salud.

Medidas preventivas

Manejo del agua:

- Drenar periódicamente en aquellos puntos de la red de distribución que presenten zonas muertas y de baja presión.
- Realizar las purgas de la red para eliminar la presencia de los virus aislados.
- Garantizar los procesos de potabilización del agua (coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección).

No consumir agua de la red de distribución, sin antes hervirla por lo menos 10 minutos luego de la ebullición.

Abastecerse de agua en los puntos de la Cruz roja, Bomberos, Estadio, San Jorge, Sena, Central de Abastos y Carrotaques, debidamente identificados con el logo de la EAAAY.

Realizar el lavado de tanques subterráneos, bajos y elevados con agua, jabón y cloro, cepillando enérgicamente pisos y paredes con el fin de retirar el sedimento y desinfectarlos.

Garantizar el adecuado almacenamiento de agua en recipientes limpios, debidamente tapados y aislados de fuentes de contaminación.

Preservar las fuentes hídricas evitando contaminación con desechos generados en temporada de vacaciones.

#### Manejo de alimentos:

No preparar, ni lavar alimentos, ni utensilios de cocina con el agua directamente de la red de distribución.

No consumir alimentos preparados fuera del domicilio, por ejemplo: comidas rápidas, ensaladas de frutas o vegetales, bebidas como limonada o jugos, entre otros.

Realizar la preparación de las comidas infantiles tales como biberones con agua hervida o embotellada.

No consumir pescados o mariscos crudos ni alimentos elaborados en sitios poco reconocidos.

Consumir únicamente alimentos bien cocidos, fritos o preparados higiénicamente.

#### Medidas higiénicas generales:

Realizar un lavado de manos periódicamente, principalmente antes de comer y luego de ir al baño, para disminuir el riesgo de enfermedades diarreicas. Se puede hacer con el agua de la red de distribución siempre y cuando no consuma dicha agua directamente.

Las áreas y juguetes manipulados por los niños, se deben manejar bajo las mismas condiciones.

Realizar una adecuada disposición final de excretas.

Abstenerse de utilizar las piscinas hasta tanto la Secretaria de Salud de Yopal levante la alerta epidemiológica.

#### Vacunación:

Revisar y asegurar el esquema de vacunación de:

Los menores de 1 años: rotavirus y Hepatitis A.

Los trabajadores: hepatitis A.

## 15. GLOSARIO

**PH:** es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio  $[H_3O]^+$  presentes en determinadas disoluciones.

**TRATAMIENTO O POTABILIZACIÓN:** es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características físicas, químicas. y microbiológicas, para hacerla apta para el consumo humano.

**MÓDULO:** compuesto por entre 4 a 5 unidades habitacionales. Construcciones livianas que se deben localizar en áreas abiertas como parques, parqueaderos, zonas verdes, etc.

**CAPTACIONES:** Es la obra que se construye en la fuente de agua con el fin de captar, o retener el agua necesaria para abastecer a las comunidades beneficiarias del proyecto.

**LA ALCALINIDAD:** se define como la capacidad del agua para neutralizar ácidos o aceptar protones.

## 16. BIBLIOGRAFÍA.

[1] CONTRERAS Martha, ACEVEDO G. Karina, El acceso al agua para consumo humano en Colombia, Revista de Economía Institucional, vol. 15, n.º 29, segundo semestre/2013, pp. 125-148.

[2] DEFENSORÍA DEL PUEBLO, informe defensorial no. 39 – b, Diagnóstico sobre la calidad del agua para el consumo humano en Colombia, en el marco del derecho humano al agua.

[3] EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE YOPAL (EAAAY) (2010), Planeación Estratégica “Yopal con sentido Social”. <http://www.eaaay.gov.co/>.

[4] CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. (2009). Ingeniero Sanitario; Alejandro Pérez Duarte. Exjefe del departamento de producción de agua potable de EMCALI.

[5] MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2007). Resolución número 2115, 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.

[6] SERVICIOS PÚBLICOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN COLOMBIA. Jorge Martín Salinas Ramírez. <http://www.cepal.org/dnri/noticias/noticias/8/41958/js01.pdf>

# **ANEXOS**

## ENCUESTA

“PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE EN LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE YOPAL”. Agradecemos su colaboración dando respuestas sinceras a las interrogantes.

### INSTRUCCIONES:

Por favor lea cuidadosamente las siguientes preguntas y responda marcando con una X la respuesta que considere conveniente:

Cómo es el agua que llega a su vivienda en cuanto a:		Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy mala
1	Olor					
2	Color					
3	Sabor					
4	Presión					

### 5. ¿Cuántos días al mes le llega agua del acueducto?

1 día \_\_\_\_\_ 2 a 5 días \_\_\_\_\_ 5 a 10 días \_\_\_\_\_ Todos los días \_\_\_\_\_

### 6. Está usted satisfecho con las tarifas establecidas por el servicio de acueducto respecto a la calidad del agua.

Muy satisfecho\_\_\_ Satisfecho\_\_\_ Medianamente satisfecho\_\_\_ Insatisfecho \_\_\_  
Muy insatisfecho\_\_\_

### 7. ¿Cómo soluciona usted la falta de agua potable para su hogar?

	siempre	Algunas veces	nunca
Compra			
Va a los puntos de suministro			
Se abastece del servicio prestado por los carro tanques de agua			

gratis			
Consume agua del acueducto			

**8. ¿En su hogar se ha visto afectada la salud por las condiciones del agua en Yopal?**

SI \_\_\_ NO \_\_\_

**9. Que personas son las afectadas:**

Niños \_\_\_ Adolescentes \_\_\_ Adultos \_\_\_ Ninguno \_\_\_

**10. Qué tipo de consecuencias reconoce de los casos anteriores:**

Hepatitis \_\_\_ Diarrea \_\_\_ Gastroenteritis \_\_\_ Otros \_\_\_ ¿Cual?  
\_\_\_ Ninguna \_\_\_

**11. El agua suministrada por el acueducto de Yopal la utiliza para:**

Cocinar \_\_\_ Ducharse \_\_\_ Lavar \_\_\_ Aseo \_\_\_ Todo \_\_\_ Otros \_\_\_

**12. Se ha visto afectado por la mala calidad de agua algunos de los siguientes elementos**

Ropa \_\_\_ Electrodomésticos \_\_\_ Grifos \_\_\_ Tanques de almacenamiento \_\_\_  
Otros \_\_\_

**13. Que métodos ha implementado en su hogar la EAAAY para mejorar la calidad del agua suministrada?**

Pastillas de Cloro \_\_\_ Lavado de Tanques \_\_\_ Otros \_\_\_ Ninguno \_\_\_

**14. Utiliza usted alguno de los siguientes métodos para consumir el agua proveniente del acueducto.**

Hervirla \_\_\_ Pastillas de Cloro \_\_\_ Filtros Purificadores \_\_\_  
Otros \_\_\_ Ninguno \_\_\_

**15.Cuál cree usted que sea el motivo del atraso en la construcción de la nueva planta de tratamiento del agua?**

Negligencia de la Empresa \_\_\_ Falta de dinero \_\_\_ Corrupción de los gobernantes \_\_\_



Otro \_\_\_\_ Cual?\_\_\_\_\_