

**DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LAS INVESTIGACIONES SOBRE LAS
PLANTAS DE POTABILIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO NEGRO DEL
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

**HÉCTOR IVÁN PINTO QUINTERO
EDIER HERNANDO TORRES ACERO**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
JULIO DE 2016**

**DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LAS INVESTIGACIONES SOBRE LAS
PLANTAS DE POTABILIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO NEGRO DEL
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

**HÉCTOR IVÁN PINTO QUINTERO
EDIER HERNANDO TORRES ACERO**

Tutor disciplinar:

ING. HÉCTOR FABIO ARCILA

Tutor metodológico:

LIC. ROY WALDHIERSEN MORALES PÉREZ

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C.

JULIO DE 2016

NOTA DE ACEPTACIÓN

Observaciones

Firma Director Trabajo de Grado

Firma del presidente jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C, Julio de 2016

CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
2 .OBJETIVOS.....	9
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	9
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3. JUSTIFICACIÓN.....	10
4. METODOLOGÍA	11
5. DESARROLLO.....	12
5.1. ALBÁN.....	13
5.1.1 Problema.....	13
5.1.2 Metodología.....	13
5.1.3 Resultados.....	14
5.1.4 Recomendaciones.....	14
5.2. UTICA.....	15
5.2.1 Problema.....	15
5.2.2 Metodología.....	16
5.2.3 Resultados.....	16
5.2.4 Recomendaciones.....	16
5.3. SAN FRANCISCO.....	17
5.3.1 Problema.....	17
5.3.2 Metodología.....	17
5.3.3 Resultados.....	18
5.3.4 Recomendaciones.....	18
5.4. PACHO.....	19
5.4.1 Problema.....	19
5.4.2 Metodología.....	19
5.4.3 Resultados.....	19
5.4.4 Recomendaciones.....	20

5.5 PUERTO SALGAR.....	20
5.5.1 Problema.....	20
5.5.2 Metodología.....	21
5.5.3 Resultados.....	21
5.5.4 Recomendaciones.....	21
5.6. NOCAIMA.....	22
5.6.1 Problema.....	22
5.6.2 Metodología.....	22
5.6.3 Resultados.....	23
5.6.4 Recomendaciones.....	23
5.7. VIANI.....	23
5.7.1 Problema.....	24
5.7.2 Metodología.....	24
5.7.3 Resultados.....	24
5.7.4 Recomendaciones.....	25
5.8 LA PALMA.....	25
5.8.1 Problema.....	25
5.8.2 Metodología.....	25
5.8.3 Resultado.....	26
5.8.4 Recomendaciones.....	26
5.9 EL PEÑÓN.....	27
5.9.1 Problema.....	27
5.9.2 Metodología.....	27
5.9.3 Resultado.....	27
5.10 BITUIMA.....	28
5.10.1Problema.....	28
5.10.2 Metodología.....	28
5.10.3 Resultados.....	28
5.10.4 Recomendaciones.....	29
5.11 VILLAGÓMEZ.....	29
5.11.1Problema.....	30
5.11.2 Metodología.....	30

5.11.3 Resultados.....	30
5.11.4 Recomendaciones.....	31
5.12 NIMAIMA.....	31
5.12.1 Problema.....	31
5.12.2 Metodología.....	31
5.12.3 Resultados.....	31
5.12.4 Recomendaciones.....	32
5.13 GUADUAS.....	32
5.13.1 Problema.....	32
5.13.2 Metodología.....	33
5.13.3 Resultados.....	33
5.13.4 Recomendaciones.....	33
5.14 CAPARRAPI.....	34
5.14.1 Problema.....	34
5.14.2 Metodología.....	34
5.14.3 Resultados.....	34
5.14.4 Recomendaciones.....	35
6. CONCLUSIONES.....	36
7. REFERENCIAS.....	37

INTRODUCCIÓN

Este documento se realiza para que las próximas investigaciones referidas a las plantas de potabilización de los municipios de la cuenca del río Negro dispongan de un documento que consolide el estado de las investigaciones sobre el tema a fin de ser para el desarrollo de futuras monografías realizadas en la Universidad La Gran Colombia por estudiantes de la facultad de ingeniería civil o a quienes competan.

Se realizó una búsqueda de cada uno de los documentos monográficos que reposan en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil concernientes a las investigaciones referidas a las plantas de potabilización de la cuenca del río Negro desarrolladas en el periodo comprendido entre el año 2006 al 2015.

Es así que en la investigación realizada se evidencia que los problemas que atañen a estas poblaciones de la cuenca del río negro se ven reflejadas en la salud pública, ya que el mal estado de las plantas de potabilización causan serias afectaciones a los procesos que se llevan a cabo en ellas, tales como coagulación, floculación, sedimentación, filtración desinfección y por último el almacenamiento del agua tratada, el mal estado de las estructuras internas arroja como resultados una potabilización ineficaz que es la causa principal de enfermedades a causa de aguas contaminadas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia es uno de los países más ricos hídricamente hablando, sin embargo, aún sabido esto no se le está prestando atención pertinente al manejo de los recursos hídricos. El desperdicio de los recursos naturales ha llevado al país a sufrir grandes catástrofes en los periodos de sequía y de lluvias, al no contar con las infraestructuras necesarias y de calidad para la contención, encause y uso del agua con responsabilidad y criterio.

El recurso hídrico se destina para diversas actividades, en las que prima el bienestar y la salud pública. Contar con agua potable y de calidad implica que la población que la adquiera tenga una calidad de vida más favorable, que implícitamente lleva a una economía más estable, bajos índices de morbilidad y mortalidad, desarrollo nutricional adecuado para la niñez, que es de vital importancia para el crecimiento poblacional de cualquier zona del mundo. En este sentido, es de vital importancia la optimización de las plantas de potabilización actuales y la construcción de nuevas para municipios que no cuentan con ellas; Siendo de favorable y de gran importancia la calidad del agua entregada por parte de las plantas de potabilización a la población que abastece.

Es inminente un detallado estudio el cual brinde alternativas de solución y posibles mitigaciones a problemas que éstas puedan presentar en la actualidad y posibles optimizaciones a cada uno de los procesos o estructuras de las plantas de potabilización, esto con el fin de garantizar un abastecimiento estable y continuo para toda la población.

Los municipios que contempla la cuenca del río Negro serán evaluados según las monografías ya existentes, dando un concepto ingenieril del avance de las investigaciones que se han realizado en cada uno de ellos, a partir de las indagaciones realizadas en cada una de éstas se obtendrá una serie de datos de vital importancia para el diagnóstico funcional y físico de las plantas de potabilización.

2 .OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el contexto en el que se encuentran los trabajos de grado sobre las plantas de potabilización de la cuenca del río Negro del departamento de Cundinamarca.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Recopilar la información con base en las investigaciones realizadas en la Universidad La Gran Colombia sobre plantas de potabilización en la cuenca del río Negro desarrolladas durante el periodo 2006-2015.

Revisión conceptual del estado y funcionamiento físico de las plantas de potabilización de los municipios pertenecientes a la cuenca del río Negro en el departamento de Cundinamarca.

3. JUSTIFICACIÓN

Es bien sabido que la mayoría de los municipios de Colombia no cuentan con una planta de potabilización, en tal sentido ésta investigación se hace necesaria toda vez que la información recopilada es de vital importancia para el gremio de la ingeniería civil, en este caso en la rama de la ingeniería sanitaria, ya que se recopila una serie de datos que son en gran parte fundamentales a la hora de saber el avance de las investigaciones del funcionamiento y estado físico de las plantas de potabilización de los municipios de la cuenca del río Negro en el departamento de Cundinamarca.

Éste documento se enfoca en las investigaciones concernientes a las plantas de potabilización de la cuenca del río Negro que contempla 23 municipios de los cuales se analizaran los siguientes: Puerto Salgar, Caparrapí, La Palma, Utica, El Peñón , Villagómez, Nimaima, Nocaima , San Francisco, Albán, Vianí, Guaduas, Bituima y Pacho; cada uno de estos tiene una planta de potabilización en las cuales es necesario realizar una introducción temática y física para comprender el estado actual, de ahí es que se propone la revisión de cada una de las monografías para así tener una visión general sobre el estado físico y funcional de estas estructuras hidráulicas.

4. METODOLOGÍA

Para este documento se analizaron 14 trabajos de grado desarrolladas en el periodo comprendido entre 2006 y 2015 en la Facultad De Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia. Estos documentos se recuperaron del repositorio institucional bajo los siguientes términos clave: (Cundinamarca); donde se busca una zona general para abarcar todos los títulos concernientes a este departamento, (ingeniería civil); para centralizar el rumbo de las investigaciones, y finalmente (potabilización) para consolidar solamente los trabajos de grado que únicamente se refieran a las plantas de potabilización.

De cada una de ellas se analizaron los siguientes elementos:

- Problema que presenta la planta de potabilización de cada uno de los municipios.
- Metodología de investigación que uso cada uno de los autores en su monografía.
- Resultados arrojados en el transcurso de la investigación en la monografía, resaltando los aspectos más relevantes para el funcionamiento y estado físico de las plantas de potabilización.
- Recomendaciones realizadas por el autor de la monografía para cada una de las problemáticas, objetivos específicos y generales planteados en el desarrollo de las monografías.

5. DESARROLLO

La cuenca del Río Negro, es la segunda cuenca más extensa en el departamento de Cundinamarca, los ríos de esta cuenca se abren espacio en la zona norte del departamento y termina tributando sus aguas al Río Magdalena.

Toda la cuenca está formada por diferentes subcuencas que básicamente son compuestas por los ríos tributarios al río Negro que son: Río Tobia, Río Pinzaima, Río Patá, Río Murca, Río Guaguaqui, Río Macopay, Río Guatachi y Río Cambras

De manera generalizada en las Subcuencas de los ríos Tobia, Pinzaima, Patá, Murca, Río Güagüaquí sus aguas presentan alto grado de contaminación y la calidad en cuanto a sus características fisicoquímicas es deficiente. En gran parte por la descomposición de lutitas calcáreas de estos sectores que afectan las aguas y las hacen muy duras para el consumo humano.

Por otra parte estos ríos reciben gran cantidad de aguas residuales domésticas y de actividades agropecuarias.

Por otra parte las subcuencas de los Ríos Macopay, Guatachí y Cambras según a los análisis de calidad de agua, éstas subcuencas presentan condiciones fisicoquímicas aceptables; teniendo en cuenta que su afectación ambiental es mínima; mientras que Río Patá presenta alto aporte de carga orgánica.

Aunque existen subcuencas que cumplen con algunos parámetros, la tendencia del recurso agua en la cuenca del Río Negro es hacia la degradación, teniendo en cuenta que de manera continua se vierten aguas de diferentes características y naturaleza.

Basados en esta realidad se ha recopilado los trabajos de grado que nos puedan dar un indicio del estado y funcionamiento de las plantas de potabilización de los

municipios que conforman esta cuenca y como éstas están tratando y entregando agua para el consumo humano a sus habitantes.

5.1. ALBÁN

Trabajo de grado No 1. Pedraza, Ignacio. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente de las plantas de potabilización y de aguas residuales en la cabecera de Albán- Cundinamarca. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2010.

Municipio de Albán Cundinamarca en el año de 2010

5.1.1 Problema

Debido a los pocos recursos económicos de este municipio, no se presta atención debida al mantenimiento preventivo y correctivo de la planta de potabilización, causando que las estructuras de esta se deterioren con rapidez afectando los procesos que allí se llevan, dando como resultado una entrega de agua de mala calidad no apta para el consumo humano.

¿Cuál es el estado de la planta de purificación de aguas residuales en la cabecera del municipio de Albán Cundinamarca?

5.1.2 Metodología

Investigación de tipo descriptivo, donde se hace un breve recuento de las condiciones actuales en las cuales operan las estructuras de interés en el municipio de Albán, realizando un una serie de recopilaciones de información con los funcionarios y operadores de la planta de potabilización de agua, entregando y detallando cada uno de los procesos físicos y químicos de operación.

5.1.3 Resultados

Se inicia estimando el nivel de complejidad del municipio, siendo este de nivel bajo por no superar los 2550 habitantes, se realiza el cálculo de la proyección de habitantes por los tres métodos que contemplan en RAS 2000 para un periodo de 20 años; método aritmético, método geométrico y el método exponencial.

Se optime como resultado unas cifras de población por los tres métodos en un rango de 1827 habitantes a 1874 habitantes que será la población de diseño para los nuevos cálculos.

Se realiza una descripción detallada del tipo de planta de potabilización con la que cuenta el municipio de Albán y seguido a esto se da el paso a paso de los procesos dentro de esta, iniciando desde la captación del recurso hídrico siguiendo por la aireación en una torre de bandejas, floculación, sedimentación y filtración, desinfección y por ultimo su almacenamiento en tanques para su distribución final.

Como resultado de lo anterior se define que el municipio de Albán cuenta con una cobertura en abastecimiento del 76% en su parte urbana y un 60 % en su área rural, el mantenimiento de la planta de potabilización se realiza cada 2 o 3 años donde se reemplaza el lecho filtrante y los paneles de sedimentación y en casos fortuitos algunos accesorio o tuberías que ya cumplieron su vida útil, para los resultados en el análisis físico químico del agua tratada en la planta de potabilización del municipio de Albán los resultados según el valor máximo aceptable en resolución 1074/97 cumple con todos los parámetros requeridos excepto por la turbiedad que excede los límites establecidos para esta característica física; siendo agua optima pata el consumo humano.

5.1.4 Recomendaciones

Realizar los respectivos análisis de laboratorio de rutina de manera oportuna, según lo indiquen los parámetros y condiciones descritas por el RAS 2000.

Realizar las debidas inducciones e impartir las instrucciones precisas de mantenimiento y función de la planta de potabilización a los operarios.

Mantener los insumos de laboratorio en ambientes propicios para no deteriorarlos y/o contribuir con la contaminación de las pruebas de laboratorio a realizar.

Llevar un registro histórico de los mismos ensayos realizados en esta planta de potabilización con el fin de tener claridad en los resultados obtenidos.

5.2. UTICA

Trabajo de grado No 2. Ballén Buitrago, Edgar Orlando. Título. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente en las plantas de potabilización y de aguas residuales en la cabecera municipal de Utica- Cundinamarca. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2010.

Municipio de utica Cundinamarca año 2010

5.2.1 Problema

Mal funcionamiento de la planta de potabilización debido al vertimiento de las aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento aguas arriba, en la temporada de lluvia causa que el aumento del caudal llave consigo una gran cantidad de sedimentos y partículas suspendidas, al igual que en la época de sequía causa que la concentración de agentes químicos aumente drásticamente alterando el normal funcionamiento de la planta en la cabecera municipal de Utica.

¿Explorar y describir las condiciones existentes en que se encuentran las plantas de purificación y de aguas residuales, desde el punto de vista físico y funcional en la cabecera del municipio de utica en el departamento de Cundinamarca?

5.2.2 Metodología

Investigación de tipo descriptiva exploratoria, compuesta por una serie de etapas; etapa 1: programación de visita de campo, etapa 2: visita de campo, etapa 3: recopilación de información, etapa 4: desarrollo de la monografía, etapa 5: análisis y resultados de la monografía.

5.2.3 Resultados

Se realizó una proyección poblacional según RAS 2000 con un periodo de diseño de 20 años para el municipio de Utiaca, Cundinamarca, previo de denotar el nivel de complejidad medio a razón de la cantidad de habitantes del municipio de Utiaca, obteniendo a partir de las proyecciones una media de 4041 habitantes, donde se afirmó que el método que más aplica a este tipo de nivel de complejidad (medio) es el método geométrico, a partir de estos resultados se realiza un breve descripción de cada uno de los procesos físicos y químicos durante el recorrido del agua en la planta de potabilización, obteniendo como resultado de las estructuras, éstas cuentan con algunas deficiencias en la medición de caudales a la entrada y salida de la planta de potabilización, insuficiencia de iluminación, manejo de lodos y las zonas de acceso a la planta de potabilización, aunque a pesar de estos percances la planta cumple eficientemente con los procesos requeridos, esto debido a una optimización realizada recientemente; cumpliendo satisfactoriamente con lo exigido por las entidades gubernamentales.

5.2.4 Recomendaciones

Realizar adecuaciones a la planta de potabilización en cuanto se refiere a : iluminación, cerramiento perimetral, construcción de tapas para las cajas de lavado, construir un baño para los empleados, construir un laboratorio en un lugar propicio de la planta de potabilización, disponer de los sedimentos producidos, establecer un plan de monitoreo a las características físico químicas del agua

cruda y finalmente ampliar la red de distribución de agua potable ya que la planta de potabilización está a un 50 % de función respecto a su capacidad actual.

5.3. SAN FRANCISCO

Trabajo de grado No 3. Perea Inestroza, Lesly Johana. Título. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente en las plantas de potabilización y de aguas residuales en la cabecera municipal de San Francisco- Cundinamarca. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2010.

Municipio de San Francisco Cundinamarca

5.3.1 Problema

Las infraestructuras de la planta de potabilización no fueron construidas de manera técnica, causando que esas mismas no cumplan con las funciones para las cuales están diseñadas, caso particular es el de la estructura del desarenador que no está diseñado de la manera adecuada.

¿Cuál es la condición actual de la planta de tratamiento de agua potable en la cabecera municipal de San Francisco (Cundinamarca), en cuanto a su parte física y funcional y que incidencia tiene para el suministro de agua de una buena calidad?

5.3.2 Metodología

Se realizó una investigación descriptiva de tipo exploratorio con una base documental que sirvió como complemento a los resultados de las visitas de campo, ya que además de recopilar datos e información ayuda a identificar el comportamiento del sistema de purificación de agua en el municipio de San Francisco sirviendo como base para futuras investigaciones.

5.3.3 Resultados

En esta parte el autor hace una descripción del total del sistema desde la captación , bocatoma entrada a la planta de potabilización, floculación, coagulación, sedimentación filtración y cloración del agua, en cuanto se refiere a los ensayos realizados en el laboratorio de la planta de potabilización cumplen con lo esperado por las normativa del RAS 2000 , pero se encuentran algunas deficiencias de las estructuras tales como ; métodos para la toma de caudales , medición de tiempos de retención y gradientes de velocidad, el desarenador no cuenta con un sistema de limpieza ni cubierta para evitar el acumulamiento de material vegetal y además este mismo funciona como tanque hecho que amerita la necesidad de construir una estructura que cumpla la función de desarenador exclusivamente cumpliendo con el caudal y carga necesario para la planta de potabilización finalmente de acuerdo con lo estimado por la (CAR) se hace necesario aumentar el caudal de entrada y por consiguiente cambiar la canaleta parshall.

5.3.4 Recomendaciones

El autor de este texto recomienda el cambio o remodelación del desarenador, optimizar el sedimentador, mantenimiento preventivo en los lechos filtrantes, aumento del número de bombas a dos para el lavado de los filtros, aumento del tanque de almacenamiento para un mayor abastecimiento, cambio de la sección de entrada en la bocatoma para que no entre por rebose sino directamente, realizar labores de impermeabilización en las diferentes estructuras de la planta de potabilización, frente al crecimiento de la población en cercanías a la planta de potabilización se necesita la construcción de tanques elevados o con una posición de mayor cabeza frente a la que ya se tiene para el abastecimiento de la población nueva.

5.4. PACHO

Trabajo de grado No 4. Soacha Barbosa, Eduardo Alfonzo. Título. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente en la planta de potabilización en la cabecera municipal de Pacho en Cundinamarca. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2009.

Municipio de Pacho Cundinamarca en el año de 2009

5.4.1 Problema

La ingesta de agua contaminada y/o no bien tratada por el ineficiente funcionamiento de la planta de potabilización del municipio de Pacho.

¿Cuál es el estado actual de la planta de tratamiento de agua potable en la cabecera municipal del municipio de Pacho (Cundinamarca), en su parte física y operativa y que incidencia tiene para el suministro de agua de una buena calidad?

5.4.2 Metodología

Investigación descriptiva de tipo exploratorio con una base documental que sirvió como complemento a las visitas de campo realizadas; realizando observaciones gracias al contacto directo con el objeto de estudio y la descripción de las actividades realizadas en torno a la planta de potabilización y entrevistas a los funcionarios con respecto a su parte operativa y administrativa.

5.4.3 Resultados

Los procesos realizados en la planta de potabilización no son los óptimos, ya que presenta problemas en mezcla rápida, floculación sedimentación y filtración debido a la variación de los caudales en las temporadas de sequía y lluvias, también por la falta de cámaras adicionales y una mezcla rápida más eficiente, la falta de una pantalla en la parte posterior al resalto después del paso por el vertedero triangular que no garantiza un tiempo adecuado para dicho proceso, el dosificador

de coagulante se ve afectado por fallas en el mismo haciendo que este paso se realice manualmente aumentando el riesgo de una sobredosis o una falta de la misma en el coagulante.

5.4.4 Recomendaciones

La construcción de una pantalla en la estructura de entrada después del resalto hidráulico es una necesidad prioritaria, el cambio urgente del dosificador del coagulante, optimizar el sedimentador para que este pase a ser de alta taza, cambio del lecho filtrante, aumento en el número de bombas para el lavado de los filtros , construir un nuevo tanque de almacenamiento para un mayor abastecimiento de la población y por ultimo realizar los cambios debidos y diagnosticados desde el año 2004 para mejorar la calidad del agua suministrada a la población del municipio de Pacho.

5.5 PUERTO SALGAR

Trabajo de grado No 5.Pastran Chaux, Edgar Andrés. Título. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente en las plantas de purificación y de aguas residuales en la cabecera municipal de Puerto Salgar (Cundinamarca). Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2011.

Municipio de Puerto Salgar Cundinamarca

5.5.1 Problema

La planta de potabilización del municipio de Puerto Salgar presenta daños en su parte física haciendo que esto afecte los procesos que lleva esta cavo para la potabilización del agua cruda captada por la bocatoma de esta planta.

¿En qué condición física se encuentran las plantas de potabilización y agua residuales de Puerto Salgar (Cundinamarca) y si su dicha planta cumple con los requerimientos de la resolución 2115 del 2007?

5.5.2 Metodología

Esta investigación es de manera descriptiva y trata el estado físico y funcional de la planta de potabilización de Puerto Salgar (Cundinamarca), se recopila información de la siguiente manera; se realiza visitas de campo, recopilación y procesamiento de la información obtenida.

5.5.3 Resultados

se realiza la proyección de la población para el periodo de diseño de 20 años, obteniendo las diferentes cifras en cuanto a población por cada uno de los tres métodos de proyección, a continuación se describen cada uno de los procesos que realiza la planta para la potabilización del agua que entra a esta, determinando que cada una de las estructuras está funcionando de tal manera que cumple con lo establecido en las resolución 2115 del 2007, aunque una de ellas; la torre de aireación presenta inconvenientes en el estado físico de la estructura en concreto que la rodea que aunque no representa riesgos para el proceso que realiza si genera riesgo para los operarios de las misma.

5.5.4 Recomendaciones

Lo que el autor de este documento recomienda implica alguna serie de medidas de seguridad, señalización de zonas húmedas, lisas y/o con peligros inminentes al tránsito de los operarios, iluminación adecuada para las zonas más oscuras entre ellas el laboratorio, de este último se requiere que se aumente el número de ensayos realizados por semana y que este laboratorio sea certificado por el PICAP (programa inter calificación de laboratorios de control de calidad de agua potable).

5.6. NOCAIMA

Trabajo de grado No 6. Castiblanco Romero, Viviana Andrea. Título. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente en las plantas de purificación y de aguas residuales domesticas en la cabecera municipal de Nocaima Cundinamarca. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2011.

Municipio de Nocaima Cundinamarca 2011

5.6.1 Problema

Debido a que no se cuenta con un operario que se encuentre capacitado adecuadamente para realizar las labores de mantenimiento y/o operación de la planta de potabilización esta cuenta con problemas de estructura al no ser construida para el aumento de población que ha tenido este municipio de Nocaima del departamento de Cundinamarca.

¿Cuál es la condición actual de las plantas de tratamiento de agua potable y agua residual en la cabecera municipal de Nocaima (Cundinamarca), en cuanto a su parte física y funcional?

5.6.2 Metodología

El autor de este documento realiza una investigación de tipo descriptivo y exploratorio que se estipuló por el semillero de investigación con una serie de etapas o fases; fase1: revisión bibliografía, fase 2: anteproyecto, fase3: ejecución, fase 4: encuestas, fase 5: recopilación de información y fase 6: redacción del documento final.

5.6.3 Resultados

Realizando el cálculo de la proyección de población para una periodo de 20 años, la planta de potabilización cumple hasta ese periodo de proyección con un abastecimiento de 8.77 l/s el cual es suficiente para la población, persisten inconvenientes en cuanto a los ensayos que se realizan en el laboratorio de la planta ; pues no se cuenta con personal idóneo para realizarlos así como estar pendiente de los procesos de la planta de potabilización debido a que los operadores no cuentan con la capacitación necesaria en cuanto a términos, dosificación y mantenimiento de la misma, además algunas de las estructuras no fueron diseñadas de tal manera que al realizar el mantenimiento no se suspenda el suministro de agua potable, caso particular es el del tanque de almacenamiento que no tiene tuberías independiente haciendo que este se deba aislar en el momento del lavado.

5.6.4 Recomendaciones

Según el autor de este documento recomienda que el municipio tome cartas en cuanto a la capacitación y/o contratación de personal idóneo para el manejo de la planta de potabilización, que sean realizados todos los ensayos de rigurosidad establecidos en la resolución 2115 de 2007 para cada uno de los parámetros dados, así como la desinfección de los tanques y tuberías que conforman la planta de potabilización para garantizar un suministro de buena calidad del agua potable.

5.7. VIANI

Trabajo de grado No 7. Gómez Méndez, Luis Fernando. Título. Explorar y describir las condiciones existentes en que se encuentran las plantas de purificación y de aguas residuales, desde el punto de vista físico y funcional en la cabecera municipal de Viani Cundinamarca. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2011.

Municipio de Viani Cundinamarca

5.7.1 Problema

La captación de agua para la planta de agua potable se ve afectada en épocas de invierno debido a las crecidas del río, ya que esto implica arrastre de sedimentos y algunos sólidos suspendidos alterando el correcto funcionamiento de la planta, agregado a esto en épocas de sequía la concentración de contaminantes aumenta debido a la descarga inadecuada aguas arriba de agua no tratada el río.

¿Cuál es el estado actual desde el punto de vista físico y funcional de la planta de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en la cabecera del municipio de Viani Cundinamarca?

5.7.2 Metodología

Esta investigación es de manera descriptiva y trata el estado físico y funcional de la planta de potabilización de Viani (Cundinamarca), se recopila información de la siguiente manera; se realiza visitas de campo, recopilación y procesamiento de la información obtenida.

5.7.3 Resultados

El agua potable que es suministrada de la planta de potabilización del municipio de Viani es apta para el consumo humano, aunque la estructura de la planta no está en las mejores condiciones ya que no cuenta con la iluminación adecuada, no cuenta con una medición de caudales en la entrada y salida de las misma, el cerramiento perimetral presenta deterioro sin que este sea remediado, hay descuidos en la parte funcional de los procesos que lleva la planta debido a que el operario es el mismo fontanero y no cuenta con la capacitación necesaria para suplir las dos funciones a la vez.

5.7.4 Recomendaciones

Inicialmente de debe atacar el cerramiento perimetral ya que está muy deteriorado y esto implica no tener seguridad dentro de la planta de potabilización , la construcción de un laboratorio óptimo para realizar los ensayos requeridos para el manejo constante de los datos que se necesitan en cuanto a la captación y salida del agua tratada en la planta, la iluminación adecuada de toda la planta para mitigar cualquier imprevisto en horas de la noche es muy necesaria, dividir en dos jornadas laborales el mantenimiento y la atención de la planta, llevando un registro histórico en bitácora de todos los acontecimientos importantes para que cada uno de los operadores esté al tanto de lo sucedido en su ausencia.

5.8 LA PALMA

Trabajo de grado No 8. MAHECHA GALINDO, José Mauricio. Explorar y describir las condiciones existentes en las que se encuentran las plantas de potabilización y de aguas residuales, desde el punto de vista físico y funcional en la cabecera municipal de La Palma Cundinamarca. Trabajo de grado pregrado. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2012.

Municipio de La Palma Cundinamarca

5.8.1 Problema

La pregunta de investigación de la monografía es ¿Cuál es el estado desde el punto de vista físico y funcional de la planta de potabilización y la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en la cabecera municipal del municipio de La Palma Cundinamarca?

5.8.2 Metodología.

Esta investigación hecha en el año 2012 se realizó utilizando el método de la investigación descriptiva, por medio de este se diagnosticó el estado físico de las instalaciones de PTAP y de la PTAR

5.8.3 Resultado

El municipio de La Palma enfrenta como la gran mayoría de municipios de este sector la carencia de un servicio óptimo de agua potable, esto tiene como consecuencia altas tasas de morbilidad, en la monografía realizada por José Mauricio Mahecha sobre las condiciones y estado de la planta de potabilización de este municipio,

5.8.4 Recomendaciones

Según sus recomendaciones finales sobre las dos plantas existentes en el municipio, es necesario realizar un mantenimiento general a la planta antigua (Matadero) ya que esta lleva cerca de 40 años de funcionamiento, esta planta capta sus aguas de la quebrada Puente de Oro, la bocatoma utilizada se encuentra en mal estado y tiene un uso aproximado de 20 años y dirige sus aguas por una tubería de 8" a un desarenador que presenta fisuras y filtraciones.

La planta nueva (Cementerio) construida en el año 2008 se encuentra en buen estado, pero necesita la implementación de un laboratorio donde se puedan medir dar seguimiento a las condiciones del agua cruda y el agua tratada en las dos plantas, para que esta última se ajuste y cumpla las normativas existentes en cuanto a la calidad de la agua apta para el consumo humano.

En las dos plantas no se evidencian tratamientos de lodos, los cuales son dispuestos en la red de alcantarillado en el caso de la planta nueva, y en una quebrada cercana en el caso de la planta antigua.

En cuanto al personal encargado de las plantas, recomienda capacitación y actualización en los conceptos y normativas acerca del tratamiento de agua

5.9 EL PEÑÓN

Trabajo de grado N°9. CAÑON RAMOS, William Enrique. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente de las plantas de potabilización y de aguas residuales en la cabecera municipal de El Peñón Cundinamarca. Trabajo de grado pregrado. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2010.

Municipio El Peñón Cundinamarca

5.9.1 Problema

La pregunta de investigación de la monografía es ¿Cuál es el estado actual de las plantas de potabilización y aguas residuales en la cabecera municipal de El Peñón Cundinamarca?

5.9.2 Metodología

Esta monografía hecha en el año 2010 se realizó siguiendo una metodología descriptiva, tomando datos de una entrevista con el jefe de servicios públicos del municipio, además realizando visitas e inspeccionando las diferentes estructuras de la planta de tratamiento.

5.9.3 Resultado

En el municipio El Peñón, se encuentra una planta de tratamiento que se encuentra en buenas condiciones de operación, y esta se ajusta a los requerimientos futuros de la población, pero según la monografía realizada por William Enrique Cañón Ramos, el desconocimiento de los procesos afecta directamente en la calidad del agua entregada a la población, en cuanto a la planta como tal se necesita poner en funcionamiento la válvula del sedimentador de la PTAP para realizar el manejo de lodos y poder aprovechar estos en actividades como mejoramiento de suelos en actividades agrícolas, una

capacitación a los operadores ya que no tienen conocimiento en el funcionamiento del sedimentador de alta tasa que se encuentra en el municipio ya que no conocen la manera de operación y mantenimiento de el mismo.

5.10 BITUIMA

Trabajo de grado N°10.MENDEZ HERNANDEZ, Cesar Alejandro. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente de las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residual en la cabecera municipal de Bituima Cundinamarca. Trabajo de grado pregrado. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2012.

Municipio de Bituima Cundinamarca

5.10.1 Problema

La pregunta de investigación de la monografía realizada en el año 2012 es ¿Cuál es el estado desde el punto de vista físico y funcional de la planta de tratamiento de agua potable y agua residual en la cabecera municipal del municipio de Bituima Cundinamarca?

5.10.2 Metodología

El autor en su estudio descriptivo enmarco su investigación en un enfoque metodológico mixto, ya que empleo variables cuantitativas y cualitativas en su investigación.

5.10.3 Resultados

El municipio de Bituima cuenta con tres fuentes de captación de agua para consumo humano, siendo la principal la captación en la quebrada El Silencio por contar con los mejores parámetros físico-químicos y una continuidad en los caudales.

Desde el año 1991, Bituima cuenta con sistema de acueducto, este contaba con una PTAP compacta que debido a problemas en su operación y mantenimiento funciono hasta el año 1997, luego de la implementación de la oficina de servicios públicos y varias obras anexas volvió a funcionamiento en el año 2005.

Según la investigación de Cesar Alejandro Méndez Hernández, detecto problemas de orden de mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos electromecánicos como lo son las bombas centrifugas, motores de los agitadores y bombas dosificadoras.

5.10.4 Recomendaciones

En cuanto al estado del tanque de almacenamiento de agua tratada, encontró que además de que este maneja un volumen deficiente (cerca de 90m³ menos) se encuentra en malas condiciones y no se encuentra en un lugar delimitado, presentando el riesgo de contacto de las aguas tratadas con animales y otros que pueden contaminar nuevamente las aguas tratadas, es necesario realizar mantenimiento correctivo a las bombas y motores de la planta.

5.11 VILLAGÓMEZ

Trabajo de grado N°11.MAHECHA BOJACA, Jenny Katherine. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente de las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residual en la cabecera municipal de Villagómez Cundinamarca. Trabajo de grado pregrado. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2013.

Municipio de Villagómez Cundinamarca

5.11.1 Problema

La pregunta de investigación de la monografía realizada el año 2013 es ¿Cuál es la condición actual de las plantas de tratamiento de agua potable y manejo de aguas residuales en la cabecera municipal de Villagómez en Cundinamarca?

5.11.2 Metodología

Para la respuesta a su pregunta de investigación el autor enfocó la misma mediante una investigación descriptiva de tipo exploratorio, apoyadas de una investigación y revisión de bibliografía existente.

5.11.3 Resultados

Recopilando la investigación de Jenny Katherine Mahecha Bojaca sobre el estado de la planta de potabilización del municipio de Villagómez podemos referirnos a varios problemas que esta estudiante encontró, Villagómez tiene para su saneamiento una planta construida que está en funcionamiento desde el año 1967, por lo tanto es una estructura que presenta alto deterioro en las cada una de sus partes.

El tanque presenta fisuras además de altas concentraciones de óxido que evidencian su poco mantenimiento y que perjudica la calidad de las aguas a entregar, en el momento de las visitas de la investigadora no se contaba con motores para la inyección de cloro gaseoso, por lo cual se debían utilizar cloro solidificado sin ningún tipo de dosificación.

En su investigación evidencio la falta de mantenimiento del desarenador encontrando sus celdas con gran cantidad de lodo que dificulta la operación del mismo, el tanque de almacenamiento se encontraba en regular estado ya que presentaba agrietado y con gran cantidad de moho en la parte externa.

5.11.4 Recomendaciones

En las recomendaciones del autor están la de la construcción de una planta nueva ya que la existente se encuentra en muy mal estado y no cubre las necesidades para la población a futuro.

5.12 NIMAIMA

Trabajo de grado N°12.URREA ROJAS, Diana Marcela. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente de las plantas de purificación y de aguas residuales en la cabecera municipal de Nimaima Cundinamarca. Trabajo de grado pregrado. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2010.

Municipio de Nimaima Cundinamarca

5.12.1 Problema

La pregunta de investigación de la monografía realizada el año 2010 es ¿Cuál es el estado actual, físico y funcional de las plantas de purificación y aguas residuales existentes en la cabecera municipal de Nimaima-Cundinamarca?

5.12.2 Metodología

La investigación realizada tiene un enfoque totalmente descriptivo y busca mediante visitas técnicas y recopilación de diferente información dar respuesta al interrogante de investigación.

5.12.3 Resultados

En su investigación la autora encontró en existencia dos plantas compactas, éstas se abastecen de la quebrada El Palmar y la quebrada Pinzaima. Éstas aportan un caudal a la entrada de la planta de 8 l/seg en invierno y 5 l/seg en verano, suficiente para las solicitudes del municipio durante el periodo de diseño de las plantas.

El estado general de las plantas no es el óptimo, encontró varios problemas en su planta física como el deterioro de tuberías, tanques en mal estado, falta de barandas en los tanques de sedimentación y floculación, uno de los tanques de floculación tiene unas dimensiones muy pequeñas y no permiten realizar el proceso de formación del floc de manera completa. Asimismo no se cuenta con personal calificado para la operación de las plantas de potabilización.

Sin embargo los análisis al agua tratada están siendo efectivos, en consecuencia la planta brinda un agua con calidad aceptable para el consumo humano.

5.12.4 Recomendaciones

En esta misma investigación la autora recomienda instalar una piscina de lodos para depositarlos y suspender su disposición en la quebrada El tigre ya que esto genera mucha contaminación a esta.

5.13 GUADUAS

Trabajo de grado N°13.GRANDE ESPINEL, Jonathan David. Estudio descriptivo sobre la planta de potabilización y la planta de aguas residuales en la cabecera municipal de Guaduas Cundinamarca. Trabajo de grado pregrado. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2010.

Municipio de Guaduas Cundinamarca

5.13.1 Problema

La pregunta de investigación de la monografía realizada el año 2010 es ¿Cuál es el estado actual de la planta de purificación y la planta de aguas residuales en la cabecera municipal de Guaduas Cundinamarca?

5.13.2 Metodología

La investigación realizada tiene un enfoque descriptivo y exploratorio el autor busca identificar variables para relacionarlas entre sí, recolectar datos, encuestas y demás información que pueda ser relevante en la búsqueda de la respuesta a su inquietud.

5.13.3 Resultados

El investigador Jonathan David Grande Espinel encontró una planta con un buen funcionamiento, en cuanto su estado físico presenta algún tipo de deterioro que puede considerarse normal y que se debe al tiempo de funcionamiento y a que se realizan mantenimientos con intervalos de tiempo más largos de los recomendados.

Los análisis físico-químicos que encontró el investigador cumplen con los parámetros exigidos por los entes de regulación del agua para consumo humano, pero según la proyección de la población del municipio esta planta quedara obsoleta en el año 2015.

5.13.4 Recomendaciones

El autor recomienda algunos cambios en cuanto a los procedimientos de dosificación y aplicación de los coagulantes buscando que su aplicación se realice en el punto de resalto hidráulico y garantizar su correcto mezclado, además es necesario según el autor que se genere un manual o protocolo de operación y mantenimiento de la planta y capacitar al personal operativo.

Finalmente recomienda el inicio de estudios y construcción de una nueva planta que satisfaga las necesidades del municipio a partir del año 2015.

5.14 CAPARRAPI

Trabajo de grado N°14.ARIAS VALENCIA, Juan Carlos. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente de las plantas de purificación y de aguas residuales en la cabecera municipal de Caparrapi Cundinamarca. Trabajo de grado pregrado. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2012.

Municipio de Caparrapi Cundinamarca

5.14.1 Problema

La pregunta de investigación de la monografía realizada el año 2012 es ¿Cuál es el estado actual de la planta de purificación y la planta de aguas residuales en la cabecera municipal de Caparrapi Cundinamarca?

5.14.2 Metodología

El autor recurre a un procedimiento descriptivo, basada en la información levantada con visitas de campo, toma de medidas y la inspección de la estructura existente.

5.14.3 Resultados

Juan Carlos Arias Valencia con su investigación nos expresa que en el municipio se encuentra una planta convencional para el tratamiento de agua, esta funciona dentro de las necesidades de la población, esta planta presenta una ventaja importante que influye en los costos de operación y es que el suministro de agua se realiza por gravedad, esto quiere decir que no es necesario la utilización de motores o bombas para el suministro de agua.

5.14.4 Recomendaciones

Como recomendaciones principales del autor para poder cumplir con las Norma RAS 2000, Acelerar el proceso de reubicación de la bocatoma y mientras esto sucede mejorar y hacer mantenimiento a la existente, es importante poner en funcionamiento el laboratorio para el seguimiento de la calidad de los procesos de dosificación de los coagulantes, ya que este se realiza a criterio y experiencia del operador.

Analizando los trabajos encontrados, podemos inferir que en la mayoría de municipios, aunque se encuentra de alguna manera una planta de potabilización de agua, esta no se encuentra en el mejor estado, ya sea por falta de mantenimiento o por falta de orientación o capacitación de los encargados de la operación de las plantas.

Como vemos en las recomendaciones de la mayoría de los autores, los municipios deben realizar una inversión en la remodelación de la planta física, entre éstas mejorar algunas estructuras hidráulicas como: tanques, sedimentadores, tuberías en mal estado, bocatomas etc.

La capacitación del personal que opera las plantas es un aspecto que deben mejorar los municipios, y este influye de manera importante en la calidad del agua que entregan las plantas también, no se puede dejar estos procesos a criterios personales o suposiciones, los procesos deben tener bases científicas y medibles.

Es importante que se refuerce la implementación de laboratorios en todos los municipios y los que están funcionen para medir los parámetros físicos del agua.

6. CONCLUSIONES

Se evidencia que en cada uno de los documentos analizados los problemas más frecuentes se basan en la poca información que tiene los operadores frente a sus funciones específicas y la falta de protocolos de operación y mantenimiento de las plantas.

La falta de mantenimiento por parte de las alcaldías municipales ha llevado a que las plantas de potabilización estén presentando dificultades de funcionamiento.

Los estudios realizados en las monografías en cada uno de las cabeceras municipales ha demostrado el poco interés que tienen las administraciones locales (alcaldías) por su interés en el bienestar de sus comunidades en cuanto a su dotación de agua de calidad.

El análisis realizado a cada uno de los documentos permite evidenciar que si hay bases suficientes en cuanto a los resultados arrojados en cada uno de ellos para que se mejore el estado de las plantas de potabilización.

Aunque se encontraron monografías en los años de estudio, éstas no son suficientes y lo suficientemente actualizadas como para emitir un concepto final a cerca de la problemática.

Las investigaciones se desarrollaron durante los años 2009-2013, periodo tras el cual al parecer no se ha podido establecer el estado actual y/o los avances que se hayan presentado en los municipios hasta la fecha de este estudio investigativo.

7. REFERENCIAS

- ARIAS VALENCIA, Juan Carlos. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente de las plantas de purificación y de aguas residuales en la cabecera municipal de Caparrapi Cundinamarca. Trabajo de grado pregrado. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2012.
- BALLÉN BUITRAGO, Edgar Orlando. Título. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente en las plantas de potabilización y de aguas residuales en la cabecera municipal de Utica-Cundinamarca. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2010.
- CASTIBLANCO ROMERO, Viviana Andrea. Título. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente en las plantas de purificación y de aguas residuales domesticas en la cabecera municipal de Nocaima Cundinamarca. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2011.
- CAÑÓN RAMOS, William Enrique. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente de las plantas de potabilización y de aguas residuales en la cabecera municipal de El Peñón Cundinamarca. Trabajo de grado pregrado. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2010.
- GÓMEZ MÉNDEZ, Luis Fernando. Título. Explorar y describir las condiciones existentes en que se encuentran las plantas de purificación y de aguas residuales, desde el punto de vista físico y funcional en la cabecera municipal de Viani Cundinamarca. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2011.
- GRANDE ESPINEL, Jonathan David. Estudio descriptivo sobre la planta de potabilización y la planta de aguas residuales en la cabecera municipal de Guaduas Cundinamarca. Trabajo de grado pregrado. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2010.
- MAHECHA BOJACA, Jenny Katherine. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente de las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residual en la cabecera municipal de Villagómez Cundinamarca. Trabajo de grado pregrado. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2013.

MAHECHA GALINDO, José Mauricio. Explorar y describir las condiciones existentes en las que se encuentran las plantas de potabilización y de aguas residuales, desde el punto de vista físico y funcional en la cabecera municipal de La Palma Cundinamarca. Trabajo de grado pregrado. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2012.

MENDEZ HERNANDEZ, Cesar Alejandro. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente de las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residual en la cabecera municipal de Bituima Cundinamarca. Trabajo de grado pregrado. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2012.

PASTRAN CHAUX, Edgar Andrés. Título. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente en las plantas de purificación y de aguas residuales en la cabecera municipal de Puerto Salgar (Cundinamarca). Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2011.

PEDRAZA, Ignacio. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente de las plantas de potabilización y de aguas residuales en la cabecera de Albán- Cundinamarca. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2010.

PEREA INESTROZA, Lesly Johana. Título. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente en las plantas de potabilización y de aguas residuales en la cabecera municipal de San Francisco- Cundinamarca. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2010.

SOACHA BARBOSA, Eduardo Alfonzo. Título. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente en la planta de potabilización en la cabecera municipal de Pacho en Cundinamarca. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2009.

URREA ROJAS, Diana Marcela. Estudio descriptivo sobre la situación física y funcional existente de las plantas de purificación y de aguas residuales en la cabecera municipal de Nimaima Cundinamarca. Trabajo de grado pregrado. Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2010.