CUANTIFICACIÓN DEL POTENCIAL HIDROENERGÉTICO DE CUNDINAMARCA PARA LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA COMO ENERGÍA ALTERNATIVA.

NATALIA ACEVEDO VALENCIA

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO

DIRECTOR:
I.E., MSc. PhD. JOHANN ALEXANDER HERNÁNDEZ MORA.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad de Ingeniería
Proyecto curricular Ingeniería Eléctrica
Bogotá D.C., Colombia
Octubre de 2017.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme culminar este sueño y darme las fuerzas para no desfallecer.

A la Universidad Distrital Francisco José de Caldas por ser hogar y formarme bajo los criterios requeridos para mi vida profesional.

A mi familia por su compañía, comprensión y ánimo no sólo en el desarrollo de este proyecto sino en cada paso que he dado.

Al profesor Johann Hernández Mora por ser mi guía, trasmitirme sus conocimientos y darme la luz para lograr culminar el objetivo propuesto.

A la ingeniera Ivonne Adriana Medina, a mis compañeros Javier Mauricio Lara y Laura Fernanda Castellanos por su compañía, comprensión y su apoyo incondicional.

A todos mis amigos que fueron parte del proceso para la terminación de este proyecto.

RESUMEN

La energía de pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, se considera como: "la energía obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que se basa en los cuerpos de agua a pequeña escala", lo anterior según la ley 1715 del 13 de mayo de 2014. Las soluciones con base en la implementación de pequeñas centrales a filo de agua son energéticamente sostenibles, y aportan al desarrollo económico, a las reducciones de gases de efecto invernadero y al abastecimiento seguro de la energía eléctrica (Congreso de Colombia, 2014). Debido al crecimiento sostenido de la demanda de energía, así como a la evolución de los precios de los hidrocarburos, Colombia manifiesta la necesidad de diversificar las fuentes de energía e implementar propuestas para la obtención de nuevas y mejores formas de generación (Upme, 2015).

La presente monografía expone la metodología para la cuantificación del potencial hidroenergético en el departamento de Cundinamarca, para la generación hidroeléctrica a partir de pequeñas centrales como fuente de energía alternativa, realizándose un análisis detallado al procedimiento establecido para conseguir los parámetros principales que determinen el aprovechamiento del recurso. En el desarrollo del mismo se consultaron entidades gubernamentales que aportaron recursos técnicos relevantes para la evaluación del potencial en el departamento. A partir de esta información se analizaron las regiones hidrográficas y se construyó un modelo basado en ecuaciones de regresión determinando teóricamente el valor de la potencia en cada una de las provincias de Cundinamarca.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 9
1.1 Planteamiento del Problema 9
1.2 Justificación. 10
1.3 Objetivos 12
1.3.1 Objetivo Principal. 12
1.3.2 Objetivos Específicos. 12
1.4 Alcances y limitaciones 13
2 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE 15
2.1 Energías Renovables. 15
2.1.1 ¿Qué es la Hidroenergía? 15
2.1.2 Centrales de Generación Hidroeléctrica 16
2.2 Pequeñas Centrales Hidroeléctricas PCH´s. 17
2.2.1 Clasificación de las PCH´s. 18
2.2.2 Información básica para el Aprovechamiento a parir de PCH´s. 18
2.3 Las PCH´s en el Desarrollo Sostenible. 21
3 METODOLOGÍA PARA EL RECONOCIMIENTO DEL POTENCIAL HIDROENERGÉTICO. . 23
3.1 Procedimiento de Evaluación 23
3.1.1 Análisis del Recurso Hídrico Disponible. 23
3.1.2 Definición de Regiones Hidrológicas. 25
3.1.1 Selección y Caracterización de Estaciones Hidrométricas. 26
3.2 Esquema de Proceso. 30
4 ESTUDIO PARA LA OBTENCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO Y SU USO ENERGÉTICO. 32
4.1 Caudales Medios Mensuales. 32
4.1.1 Determinación del Recurso Hídrico. 33
4.1.2 Resultados por Provincia. 41
4.2 Caída Hidráulica Aprovechable. 43
5 EVALUACIÓN TEÓRICA DEL POTENCIAL HIDROENERGÉTICO 45
5.1 Potencial Hidroenergético. 45
6 CONCLUSIONES. 52
7 BIBLIOGRAFÍA 54
ANEXO 1. ESTACIONES DE MEDICIÓN HIDROMÉTRICAS ANALIZADAS EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA 57

ANEXO 2. ESTACIONES DE MEDICIÓN CLIMATOLÓGICA ANALIZADAS EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA..... 63

ANEXO 3. RESULTADOS FINALES DE LA EVALUACIÓN DE CAUDALES PROMEDIOS MEDIOS ANUALES EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA..... 67

1 Provincia de Almeidas. 67

2 Provincia de Alto Magdalena..... 68

3 Provincia de Bajo Magdalena. 69

4 Provincia de Gualivá. 69

5 Provincia de Rionegro..... 70

6 Provincia de Sábana Centro. 71

7 Provincia Sábana Occidente..... 73

8 Provincia de Soacha. 74

9 Provincia de Tequendama. 75

10 Provincia Ubaté..... 77

Índice de Figuras.

Figura 1. Central a filo de agua, Ingfocol Ltda. pág. 27 (Upme, 2015) 16
Figura 2. Costos por kilovatio instalado para una Minicentral en función de la caída, programa THERMIE (Colciencias, 2008). 21
Figura 3. Limnímetro, por (Upme, 2015). 27
Figura 4. Diagrama de distribución espacial de las estaciones hidrométricas analizadas en las provincias de Cundinamarca. 28
Figura 5. Dendrograma de análisis de cluster para la evaluación del comportamiento de los caudales en el departamento de Cundinamarca. 30
Figura 6. Diagrama de proceso, desarrollo de la metodología para el reconocimiento del potencial hidroenergético. 31
Figura 7. Estación de medición Providencia, ubicada en el municipio de Pasca provincia de Sumapaz. 33
Figura 8. Comportamiento de los caudales medios promedios mensuales por estación, provincia de Almeidas. 37
Figura 9. Comportamiento de los caudales medios promedios mensuales por estación, provincia de Tequendama. 38
Figura 10. Histograma de caudal promedio medio anual, provincia de Sumapaz. 40
Figura 11. Variación del potencial hidroenergético relación, Q Vs P (Upme, 2015). 46
Figura 12. Esquema de proceso de obtención del mapa de potencial hidroenergético en el departamento de Cundinamarca. 48
Figura 13. Mapa de aprovechamiento del recurso hidroenergético para cada uno de los tipos de pequeñas centrales en el departamento de Cundinamarca. 51
Figura 14. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Almeidas 67
Figura 15. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Alto Magdalena 68
Figura 16. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Bajo Magdalena. 69
Figura 17. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Gualivá. 70
Figura 18. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Rionegro 71
Figura 19. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Sábana Centro. 72
Figura 20. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Sábana Occidente. 74
Figura 21. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Soacha. 75
Figura 22. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Tequendama. 76
Figura 23. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Ubaté. 78

Índice de Tablas.

Tabla I. Clasificación para pequeñas aprovechamientos hidroenergéticos según la capacidad instalada y el tipo e usuario OLADE (Ortíz Florez, 2011). 18
Tabla II. Clasificación para los aprovechamientos hidroenergéticos según la caída hidráulica (Ortíz Florez, 2011) 18
Tabla III. Número de estaciones de medición utilizadas para el estudio del aprovechamiento hidroenergético en el departamento de Cundinamarca. 24
Tabla IV. Distribución de estaciones de medición, provincia de Sumapaz. 34
Tabla V. Caudales Medios Mensuales (m^3/s) estación de medición Providencia 36
Tabla VI. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Sumapaz. 39
Tabla VII. Resultados finales del estudio de caudal promedio medio anual en el departamento de Cundinamarca. 42
Tabla VIII. Principales características de las subcuencas en el departamento de Cundinamarca (IDEAM, 2015). 43
Tabla IX. Caídas hidráulicas en metros por área hidrográfica en el departamento de Cundinamarca (Upme, 2015). 44
Tabla X. Potencial hidroenergético para las provincias del departamento de Cundinamarca, valor de potencia teórica en kW. 49
Tabla XI. Potencial hidroenergético para la implementación de proyectos con PCH´s en el departamento de Cundinamarca, valor de potencia teórica en kW. 50
Tabla XII. Características principales de las estación de medición hidrométricas analizadas en el departamento de Cundinamarca. 57
Tabla XIII. Características principales de las estaciones de medición climatológicas analizadas en el departamento de Cundinamarca. 63
Tabla XIV. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Almeidas. 67
Tabla XV. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Alto Magdalena. 68
Tabla XVI. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Bajo Magdalena. 69
Tabla XVII. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Gualivá. 69
Tabla XVIII. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Rionegro. 70
Tabla XIX. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Sábana Centro. 71
Tabla XX. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Sábana Occidente. 73
Tabla XXI. Caudal promedio medio anual (m3/s) provincia de Soacha. 74
Tabla XXII. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Tequendama 75
Tabla XXIII. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Ubaté 77

Anexos

ANEXO 1. ESTACIONES DE MEDICIÓN HIDROMÉTRICAS ANALIZADAS EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.....57
ANEXO 2. ESTACIONES DE MEDICIÓN CLIMATOLÓGICA ANALIZADAS EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.....63
ANEXO 3. RESULTADOS FINALES DE LA EVALUACIÓN DE CAUDALES PROMEDIOS MEDIOS ANUALES EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.....67

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta la problemática a abordar, la justificación y los objetivos planteados para el desarrollo del proyecto de investigación.

1.1 Planteamiento del Problema.

El aprovechamiento hidroenergético es ahora una de las grandes motivaciones para los gobiernos actuales que pretenden reorganizar sus matrices energéticas; con los recursos disponibles en el país se poseen alternativas viables que aportan directamente a la solución. En Colombia los Planes de Energización Rural Sostenible (PERS), están establecidos a partir de un análisis de productividad y energización rural que permiten identificar y orientar estrategias para el desarrollo energético rural en un período de mínimo 15 años, donde no solamente su objeto sea proveer el servicio, sino que apoyen al crecimiento de las comunidades rurales (Upme, 2017).

La energía generada por las corrientes de agua ha tenido un crecimiento continuo, y en 2014 alcanzó un total de 1,055 GW en el mundo, por lo tanto se ha convertido en la última década del siglo XXI en una propuesta para el desarrollo y la obtención de nuevas y mejores formas de generación energética, impulsando la investigación hacia tecnologías limpias que contribuyan con el cambio climático (González, 2014; Upme, 2015)

En Cundinamarca se identificaron dos (2) cuencas y nueve (9) subcuencas, para la implementación de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH's), aprovechando este recurso como energía renovable (IGAC, 2010). Con la generación a partir de las PCH's es posible dar suministro a zonas aisladas que abastecen pequeños asentamientos.

La evaluación del recurso hídrico en el departamento de Cundinamarca presentado en este documento se realiza con la estimación de modelos para la determinación del comportamiento dinámico del caudal, y los perfiles de caída hidráulica aproximados, con el fin de plantear teóricamente puntos para la generación de energía eléctrica a partir de PCH's.

Este proyecto de investigación plantea la siguiente pregunta problema: ¿Cuánto es y donde está ubicado el potencial hidroenergético aprovechable en el departamento de Cundinamarca?

1.2 Justificación.

La energía hidroeléctrica parte del principio básico de la transformación de la energía potencial de la masa de agua almacenada en un nivel superior, en energía cinética en un punto más bajo (European Small Hydropower Association - ESHA, 2006). Las desventajas de uso se basan en la dependencia de los niveles de agua dadas las condiciones meteorológicas en el año (sequias y lluvias), los altos costos de construcción en obras civiles, el impacto ambiental y los estudios de factibilidad (Upme, 2015).

"La explotación del recurso hídrico con diferentes fines es responsabilidad del estado" y con el crecimiento sostenido de la demanda de energía es preciso que se diversifiquen las formas de abastecimiento energético, mediante la integración de energías no convencionales (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT, 2010). En el caso de Colombia, la ley 1715 del 13 de mayo 2014 tiene como objetivo principal promover el desarrollo y la utilización de fuentes limpias de energía de carácter renovable, buscando complementar a las existentes o como soluciones aisladas particulares.

Con la integración de nuevas tecnologías y con planes de energización PERS se pretende suplir los requerimientos de los sectores productivos inmersos dentro de la "zona objetivo" (Unidad

& Energ, 2014). Para responder a estas necesidades se están estudiando alternativas de generación de energía que en buen parte corresponden a pequeñas centrales hidroeléctricas conocidas como PCH´s, basado en la consideración de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico que define al "agua como un recurso natural renovable" (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT, 2010).

Con la generación a partir de las PCH's se busca dar suministro a zonas aisladas en las diferentes provincias del departamento de Cundinamarca. Es importante mencionar que en su mayoría se ubican en las riberas de los ríos lo que facilita la implementación de proyectos hidroenergéticos de bajo impacto ambiental.

La motivación principal del trabajo de grado es determinar el potencial hidroenergético en Cundinamarca, el cual creará soluciones en las zonas no interconectadas. Como una herramienta técnica se presentará una metodología que ayude a establecer parámetros para la inclusión de las PCH's en el departamento, facilitando la identificación de proyectos filo de agua, sirviendo de base para sugerir la viabilidad técnica de esté. El estudio en cada una de las provincias del departamento se inició con la selección de los caudales medios mensuales en doscientas ocho (208) estaciones que cubren un periodo de tiempo de cinco años, comprendido entre enero de 2010 y diciembre de 2015.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Principal.

Cuantificar el potencial hidroenergético disponible en Cundinamarca como alternativa para la generación hidroeléctrica de filo de agua.

1.3.2 Objetivos Específicos.

1. Identificar el recurso hídrico disponible a partir del caudal medio y la topografía presente en el departamento de Cundinamarca.
2. Proponer una metodología para la evaluación y cuantificación del potencial hidroenergético a lo largo de la red de drenaje en el departamento de Cundinamarca.
3. Determinar la distribución del potencial hidroenergético en Cundinamarca para cada una de las provincias del departamento, mediante herramientas computacionales.

1.4 Alcances y limitaciones

Dentro del alcance del proyecto de investigación, se encuentra evaluar el potencial hidroenergético en el departamento de Cundinamarca, con el estudio dinámico de los caudales medios mensuales en doscientas ocho (208) estaciones de medida en un periodo de tiempo de cinco años, además de las caídas hidráulicas en las cuencas presentes en la región.

El estudio de los caudales se realiza bajo modelos matemáticos de ecuaciones de regresión polinómica con coeficientes de determinación aproximados a uno (~ 1) en cada provincia del departamento, y la estimación de las caídas se realiza con la ayuda de las curvas de nivel cada 100 metros en las planchas escala 1: 100.000 de los mapas de cartografía provistos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Con lo anterior se determinan teóricamente puntos para la integración de pequeñas centrales hidroeléctricas como fuentes renovables de energía. Ya que el objetivo del trabajo de grado es cuantificar el potencial hidroenergético de las quince provincias en el departamento, no se realizó una evaluación que implicara el diseño de PCH's.

Debido a la limitada información para los parámetros principales del potencial hídrico (caudal y caída), se requiere que la información utilizada sea actualizada y que esté en mejora continua en periodos de tiempo recientes.

Esta investigación se plasma en seis capítulos. En el primero se presentan las generalidades del proyecto, una breve descripción de la problemática a abordar y los objetivos planteados. En el segundo capítulo se define qué es una energía renovable, la hidroenergía, las PCH´s y su clasificación, además de los estudios básicos para la evaluación y la importancia del desarrollo de estas energías en Colombia. En el capítulo tres se presenta la metodología propuesta para el reconocimiento del potencial hidroenergético, mediante el análisis del recurso hídrico disponible,

y la identificación de las regiones hidrográficas. En el capítulo cuatro se describen los principales componentes del potencial: caudal y caída hidráulica. En el capítulo cinco, la evaluación teórica de la potencial hidroenergético se consigna en el cálculo de la potencia eléctrica en cada provincia del departamento, mostrándose como resultado final el mapa con la distribución espacial de los posibles proyectos con generación a partir de pequeñas centrales.

Finalmente en el capítulo seis se exponen las conclusiones del presente trabajo de grado.

2 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se define qué es una energía renovable, la hidroenergía, las PCH´s y su clasificación además de los estudios básicos para la evaluación y la importancia del desarrollo de estas energías en Colombia.

2.1 Energías Renovables.

Las energías renovables son la alternativa más limpia para cuidar el medio ambiente y es posible encontrarlas en la naturaleza en una cantidad ilimitada, y una vez consumidas se pueden regenerar de manera natural o artificial. Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), frente a las fuentes convencionales, "las energías renovables son recursos limpios cuyo impacto es prácticamente nulo y siempre reversible" (IDAE, 2017). Entre los diferentes tipos de energía renovables encontramos la energía hidráulica, la cual utiliza el agua como recurso principal para la generación energética limpia.

2.1.1 ¿Qué es la Hidroenergía?

Es la energía que tiene el agua cuando se mueve a través de un cauce o cuando se encuentra embalsada (energía potencial) a cierta altura y se dejar caer para producir energía eléctrica (Twenergy, 2012). Esta fuente de energía renovable se encuentra disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua. La utilización más significativa la constituyen las centrales hidroeléctricas, y para su desarrollo requieren construcciones que varían de acuerdo a condiciones del sitio de instalación de la solución energética propuesta. La energía hidroeléctrica se vale de un proceso de conversión dinámico: la energía hidráulica es transformada en energía mecánica por la turbina y esta a su vez es trasformada en energía eléctrica por un generador (Colciencias, 2008). Cuando un generador eléctrico está en funcionamiento, una de las dos partes genera un flujo

magnético que actúa como inductor, para que el estator o inducido transforme la energía mecánica en energía eléctrica (Endesa, 2010).

2.1.2 Centrales de Generación Hidroeléctrica.

Una central hidroeléctrica es una instalación que permite el aprovechamiento de las masas de agua en movimiento que circulan por los ríos, para transformarlas en energía eléctrica por medio de elementos acoplados que sirvan en el proceso de conversión (turbinas y generadores) (Suarez García, 2015). Para ser categorizadas como fuentes de energía renovable, las aguas utilizadas en este proceso son devueltas al cauce del río para que este siga su curso natural. Dentro de los tipos de centrales hidroeléctricas tenemos grandes construcciones con embalses de regulación encargados de contener el agua del río. En el presente estudio se evaluaran aquellas "centrales de agua fluyente" (Figura 1). Estas se construyen en los lugares en que la energía hidráulica debe emplearse en el instante en el que se dispone de ella, para accionar las turbinas hidráulicas (Upme, 2015).



Figura 1. Central a filo de agua, Ingfocol Ltda. pág. 27 (Upme, 2015)

No cuentan con reserva de agua, oscilando el caudal suministrado según las condiciones climatológicas o estaciones presentes en el año. En temporadas de precipitaciones abundantes

desarrollan su potencia máxima y dejan pasar el agua excedente. Durante la época seca, la potencia disminuye en función del caudal, llegado a ser casi nulo en algunos ríos en la época del estío (Ministerio de Minas y Energía & Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas, 1997).

Debido a estas condiciones, las centrales con agua fluyente se convierten en la solución para el abastecimiento de energía en pequeños centros de consumo que en su mayoría pertenecen a las zonas no interconectadas (ZNI), sirviendo de respaldo a los generadores con grupos electrógenos presentes en estas.

En Colombia la ley 1715 promueve el desarrollo de soluciones hídricas a pequeña escala que se combinen con fuentes locales de generación (diésel) para minimizar el tiempo de funcionamiento en coherencia con la política de horas de prestación del servicio de energía para las ZNI (Congreso de Colombia, 2014). De ahí el interés de la implementación del recurso hidroenergético a partir de PCH´s como energía alternativa.

2.2 Pequeñas Centrales Hidroeléctricas PCH´s.

La definición de las pequeñas centrales hidroeléctricas se ha hecho según diversos criterios, tanto respecto a parámetros técnicos como en relación a su aplicación. Las magnitudes límites de potencia y salto o caída hidráulica tienen un carácter referencial, por lo que pueden variar según el país.

La Organización Latinoamericana de Energía y del Caribe OLADE, define una PCH como “la instalación donde se utiliza la energía hidráulica para generar reducidas cantidades de energía hasta 5000 kW aproximadamente, por medio de uno o más conjuntos turbina generador” (Ministerio de Minas y Energía & Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas, 1997).

2.2.1 Clasificación de las PCH´s.

Los aprovechamientos hidroenergéticos en pequeña escala pueden estar dentro del Sistema Interconectado Nacional (SIN) o completamente aislados en las ZNI. Para identificar el alcance del suministro de energía eléctrica de una PCH a una comunidad en función de la capacidad instalada y el tipo de usuario, se ha propuesto la clasificación indicada en la Tabla I.

Tabla I. Clasificación para pequeñas aprovechamientos hidroenergéticos según la capacidad instalada y el tipo e usuario OLADE (Ortíz Florez, 2011).

TIPO	POTENCIA (kW)	USUARIO
Picocentral	0,5- 5	Finca
Microcentral	5- 50	Caserío
Minicentrales	50- 500	Cabecera municipal
Pequeña central	500-1000	Municipio

Adicionalmente las PCH´s se adaptan fácilmente a diferentes condiciones de caídas impuestas por las características topográficas y cartográficas de la zona de ubicación del proyecto. De esta forma también es posible clasificarlas según la caída hidráulica en baja, media y alta (ver Tabla II).

Tabla II. Clasificación para los aprovechamientos hidroenergéticos según la caída hidráulica (Ortíz Florez, 2011)

TIPO	CAÍDA (m)		
	Bajo	Medio	Alto
Microcentral	H > 15	15 < H < 50	H > 50
Minicentrales	H < 20	20 < H < 100	H > 100
PCH´s	H < 25	25 < H < 130	H > 130

2.2.2 Información básica para el Aprovechamiento a parir de PCH´s.

Los análisis de las posibilidades hidroeléctricas de las cuencas hidrográficas en Colombia, parten del conocimiento de estudios topográficos hidrológicos geológicos y de suelos, ya que son base fundamental para la evaluación del potencial y el posible diseño de todas las obras civiles necesarias en un proyecto para la implementación de PCH´s. En la *Guía de Diseño para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas* desarrollado por el Ministerio de Minas y Energía (MinMinas) y el

Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alterativas (INEA), se plantean los principales estudios a realizarse para la evaluación hidroenergética y el diseño de pequeñas centrales en el país.

- Estudios topográficos: en el desarrollo de los proyectos de debe consultar la cartografía del IGAC, relacionada con la ubicación del proyecto así como sus vías de acceso proyectadas o actuales. Los mapas topográficos dan una buena descripción de la red de drenaje existente, información útil para el análisis de caudales y ubicación de los sitios de obras. Los mapas topográficos a escalas 1:1´000.000, 1:100.000 y 1:25.000 son recomendados por el nivel de detalle. Además, se puede tener en cuenta fotos aéreas y otros sistemas de información.
- Estudios de geología: este estudio comprende en mayor medida la construcción de la obra civil y es una parte importante, dadas las condiciones del sitio para la proyección de la PCH.
- Estudios hidrológicos: el comportamiento hidrológico de la cuenca está en función de sus características: clima, cobertura vegetal geomorfología y fisiografía (García et al., 1998). El estudio hidrológico incluye el análisis de las cuencas donde se localiza el proyecto, con el fin de determinar el valor del caudal en el sitio de captación, tanto en valor medio, a escala mensual o diaria, como es sus valores mínimos y máximos. En el estudio hidrológico general pueden presentarse tres casos: el primero que existan series de información de caudales y precipitaciones. El segundo, que no exista información hidrológica para los puntos estudiados. En este caso se pueden realizar modelos matemáticos que determinen el comportamiento del caudal con información de cuencas vecinas y afines hidrológicamente. Por último, el tercer caso es que no existan serie de caudales. Debido a

esto, se implementa como mínimo en el sitio una estación de medición durante cinco años, en los cuales se puede hacer una estimación en la tendencia de los datos.

Dos parámetros fundamentales tenidos en cuenta para el aprovechamiento del recurso hidroeléctrico y derivados de los estudios propuestos son:

- La caída hidráulica: se establece de acuerdo a la topografía dominante y capacidades instaladas en cada tipo de central. Para capacidades hasta 500 kW (Picocentrales, Microcentrales y Minicentrales), se establecen saltos netos desde treinta (30) hasta ochenta (80) metros, con la excepción de la minicentral de baja caída con salto de apenas cuatro (4) metros. Para PCH´s y Centrales Hidroeléctricas se consideran saltos entre 100 y 300 m (Upme, 2005).
- Caudal: el caudal corresponde al volumen de agua que pasa instantáneamente por la sección de aforos en la unidad de tiempo y se expresa en metros cúbicos por segundo (m^3/s) o en litros por segundo (l/s), cuando se manejan pequeñas magnitudes. Es calculado con la ecuación (1):

$$\boldsymbol{Q} = \boldsymbol{A} * \bar{\upsilon} \quad (\boldsymbol{m^3/s}) \qquad (1)$$

Dónde: $\boldsymbol{Q}$ es el caudal aprovechable en m^3/s, $\boldsymbol{A}$ el valor del área en (m^2) de la sección de aforo y $\bar{\upsilon}$ es el valor de la velocidad media del agua en (m/s). Si la geometría del perfil de la sección de aforos no se modifica, la velocidad mantiene su comportamiento horizontal y en profundidad. Por el contrario, si la geometría cambia, se altera la relación nivel - área, y en consecuencia la velocidad cambia su comportamiento (IDEAM & Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT, 2007).

2.3 Las PCH´s en el Desarrollo Sostenible.

La energía eléctrica en el transcurso de la historia se ha consolidado como un factor para mejorar la calidad de vida, en la medida que ayuda a aumentar la productividad económica, fundamental para el desarrollo en una comunidad. No obstante, al ser esta el resultado de un proceso de conversión de energía, causa un impacto en el medio ambiente. Con la implementación de pequeñas centrales se quiere reducir estos efectos y proporcionar viabilidad para la electrificación de las ZNI (Morales, Corredor, Paba, & Pacheco, 2014). Aunque los proyectos con PCH´s se utilicen como solución de bajos costos por sus dimensiones físicas, estas se caracterizan por tener precios de kilovatio instalado elevado (Upme, 2005). Como ejemplo se presentan los costos internacionales dados por el programa THERMIE de la comunidad europea, el cual asegura que se deben al incremento en el transporte y los derivados de la importación de equipos.

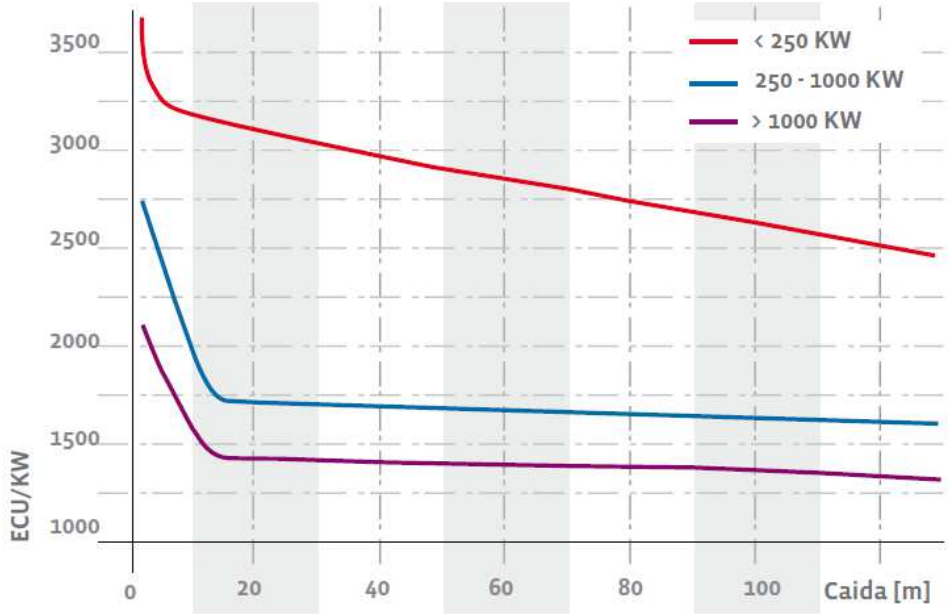


Figura 2. Costos por kilovatio instalado para una Minicentral en función de la caída, programa THERMIE (Colciencias, 2008).

Sin embargo, la generación a partir de PCH´s resulta ser más económica en comparación con otras soluciones energéticamente renovables, ya que sus condiciones de relativa "facilidad en el

montaje, firmeza en condiciones de hidróloga favorable y bajos costos de operación y mantenimiento" han resultado ser atractivos para la inversión (Corpoema & CREG, 2012).

3 METODOLOGÍA PARA EL RECONOCIMIENTO DEL POTENCIAL HIDROENERGÉTICO.

Para realizar la evaluación teórica del potencial hidroenergético en el departamento es necesario conocer los datos de entrada, los cuales son: la medición de los caudales medios mensuales en las estaciones de aforo provistas en el departamento y las caídas hidráulicas de las cuencas presentes en la región. En este capítulo se describe el proceso realizado para el reconocimiento del recurso hídrico en Cundinamarca.

3.1 Procedimiento de Evaluación.

Un aspecto fundamental en la investigación sobre la energía hidroeléctrica en Cundinamarca consistió en el estudio de la disponibilidad de agua en la red de drenaje, factor principal debido a los cambios climáticos. Para la valoración del potencial se llevaron a cabo las actividades descritas a continuación.

3.1.1 Análisis del Recurso Hídrico Disponible.

Durante la búsqueda de la información para la estimación, de los caudales medios mensuales y las caídas hidráulicas en el departamento de Cundinamarca se realizaron las siguientes consultas:

- A través del portal web de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), se consultaron los datos de las estaciones que miden caudal y precipitaciones en el departamento. La información entregada por este instituto fue: ciento ochenta y cinco (185) estaciones de medición hidrológicas y noventa y tres (93) estaciones de medición climatológica (CAR, 2016).

  Sin embargo los datos recibidos por la CAR Cundinamarca no contenían la información de 19 municipios, los cuales fueron solicitados a la corporación correspondiente: en el caso

de la provincia de Medina y Guavio a la Corporación Autónoma Regional del Guavio (CORPOGUAVIO) y para la provincia de Oriente a la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia (Corporinoquia). Estas solicitudes se realizaron por medio de la página web respectiva. No obstante, de la primera no se recibió ninguna respuesta a la información requerida (CORPOGUAVIO, 2016; Corporinoquia, 2016).

La Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia remitió la petición al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, donde se realizó la solicitud complementando también registros de estaciones que no están en la base de datos de la CAR Cundinamarca, y obteniendo así la información de las provincias de Medina y Guavio. Del mismo modo que los anteriores, se realizó la consulta mediante la plataforma web con ayuda de un mapa que describe la ubicación y las características propias de la estación (IDEAM, 2016). La información entregada por el IDEAM fue: veintitrés (23) estaciones de medición hidrológica y una (1) climatológica.

En total se adquirieron los datos de doscientas ocho (208) estaciones de medición hidrológicas (ANEXO 1) proporcionadas por la CAR en su mayoría y el IDEAM. También se analizaron los datos obtenidos por las noventa y cuatro (94) estaciones climatológicas que miden las precipitaciones en milímetros (mm) de agua (ANEXO 2). El resumen de las estaciones analizadas por provincia en el departamento de Cundinamarca se presenta en la Tabla III.

Tabla III. Número de estaciones de medición utilizadas para el estudio del aprovechamiento hidroenergético en el departamento de Cundinamarca.

PROVINCIAS	**ESTACIONES ANALIZADAS**					
	Hidrológicas			Climatológicas		
	CAR	IDEAM	Total	CAR	IDEAM	Total
Alto Magdalena	7	0	7	6	0	6
Magdalena Centro	0	2	2	0	0	0
Bajo Magdalena	3	2	5	0	0	0

PROVINCIAS	ESTACIONES ANALIZADAS					
	Hidrológicas			Climatológicas		
	CAR	IDEAM	Total	CAR	IDEAM	Total
Rionegro	8	1	9	2	1	3
Ubaté	34	0	34	0	0	0
Gualivá	7	0	7	5	0	5
Tequendama	30	0	30	17	0	17
Sumapaz	22	2	24	18	0	18
Almeidas	17	1	18	9	0	9
Guavio	4	7	11	0	0	0
Soacha	5	0	5	3	0	3
Sábana Occidente	19	0	19	14	0	14
Sábana Centro	29	0	29	19	0	19
Medina	0	2	2	0	0	0
Oriente	0	6	6	0	0	0

- La segunda búsqueda de información son las caídas hidráulicas. Con la ayuda del IGAC se obtuvieron las planchas a escala 1:100.000, las cuales tienen un "intervalo básico entre curvas de nivel de 100 metros" (IGAC, 2015). Las curvas de nivel se distribuyen a lo largo de la red de drenaje en el departamento, indicando la altura de la cuenca. Al no tener una herramienta tecnológica que hiciera el modelamiento de los perfiles topográficos, se optó por realizar una aproximación tomando como referencia el último estudio realizado para el Atlas del Potencial Hidroenergético de Colombia desarrollado por varias instituciones, el cual cuenta con los porcentajes de las pendientes medias de la cuenca.

3.1.2 Definición de Regiones Hidrológicas.

La regionalización se apoya en el concepto fundamental de "homogeneidad hidrológica" en un territorio, es decir, fraccionar la zona de estudio en regiones cuyas características topográficas y meteorológicas sean similares (Torres Gallardo & Peñaranda Gómez, 2006). Utilizando éste concepto, se han desarrollado diferentes métodos, entre ellos la "Regionalización de características medias de la cuenca", enfocada en categorizar parámetros que permitan calcular caudales máximos en diferentes períodos de retorno en sitios donde no se tiene esta información y se dispone de

variables geomorfoclimáticas de apoyo fácilmente medibles, como el área de drenaje y precipitaciones (Mesa Sánchez, Vélez Upegui, Giraldo Osorio, & Quevedo Tejada, 2003).

En este estudio, la regionalización se realizó con base en la división administrativa por provincias que conforma el departamento de Cundinamarca. Según el atlas del potencial hidroenergético de Colombia (Upme, 2015), un aspecto fundamental para la evaluación del potencial en proyectos filo de agua son las "agrupaciones hidrológicas", considerando parámetros morfométricos e hidroclimatológicos que dividen a Cundinamarca en dos: agrupación hidrológica Magdalena – Cauca y Orinoco.

El procedimiento utilizado para esta división se conoce como "análisis de cluster", dividiendo el número total de elementos en uno más reducido con características comunes (Universidad Autonoma de Madrid - UAM, 2014). Para la validación de los datos que se obtuvieron en esta parte del estudio, se tomaron como referencia los mapas obtenidos en el atlas (Upme, 2015). La división que se realiza es otro indicativo para evaluar el comportamiento de los caudales en el departamento.

3.1.1 Selección y Caracterización de Estaciones Hidrométricas.

Las estaciones de medición de caudal fueron elegidas con un periodo de registro mensual durante cinco (5) años comprendidos entre enero de 2010 y diciembre de 2015. De acuerdo con la información contenida en la base de datos de la CAR Cundinamarca y el IDEAM (ANEXO 1), algunos de los centros de medición obtenidos en la información primaria cuentan con datos de hace veinticinco (25) años, lo que facilita caracterizar las curvas de caudal en la provincia donde se encuentren ubicados.

Para la cuantificación de la cantidad de agua que circula en una cuenca es necesario un equipo de medición. En Colombia se utilizan dos formas de medición, una directa con un instrumento

instalado para medir el nivel de la superficie del agua con respecto a un nivel de referencia, “Limnímetro (LM)” (ver Figura 3), y una continua o en intervalos de tiempo regulares con un dispositivo que registra automáticamente el nivel de agua detectado por un sensor, “Limnígrafo (LG)” (IDEAM & Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT, 2007).

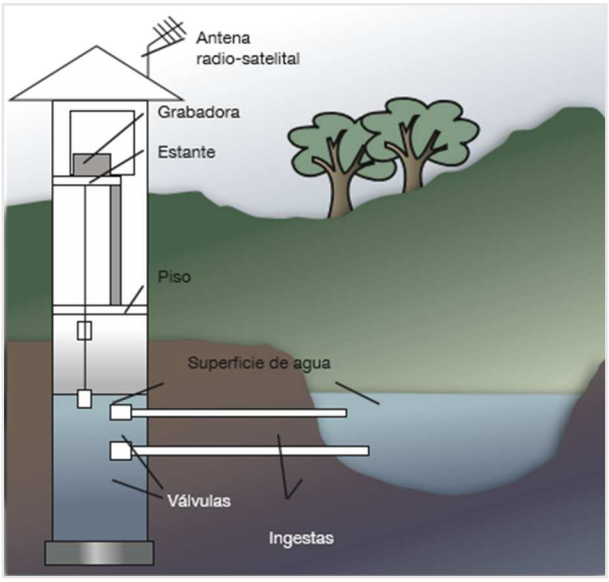


Figura 3. Limnímetro, por (Upme, 2015).

Por diversos factores como daños, falta de calibración o mantenimiento y suspensión, las estaciones pueden no realizar los registros, lo que dificulta el procesamiento de la información para realizar cualquier estudio que involucre este tipo de datos. Para el caso concreto de la evaluación del potencial hidroenergético en Cundinamarca es necesario realizar un método basado en ecuaciones de regresión que permita estimar el caudal cuando no se cuenta con registros, considerando la ubicación de la estación. Teniendo en cuenta lo anterior, se realizaron métodos de “regionalización hidrológica” como una herramienta que facilita la identificación de parámetros típicos de comportamiento, ejemplo los caudales en la zona de influencia (Mesa Sánchez et al., 2003).

Para la toma de decisiones sobre la implementación de un proyecto en alguna de las provincias del departamento, se analizó el caudal registrado en cada estación caracterizando su distribución espacial y temporal. El análisis característico de datos dio como resultado que espacialmente el caudal se comporta igual en regiones hidrológicas; y temporalmente se agrega en escalas mensuales.

La Figura 4 muestra la distribución en la red de drenaje del departamento, la cual fue realizada a partir de los datos en las estaciones hidrológicas que registran a partir de LM o LG proporcionadas por el IDEAM y por la CAR.

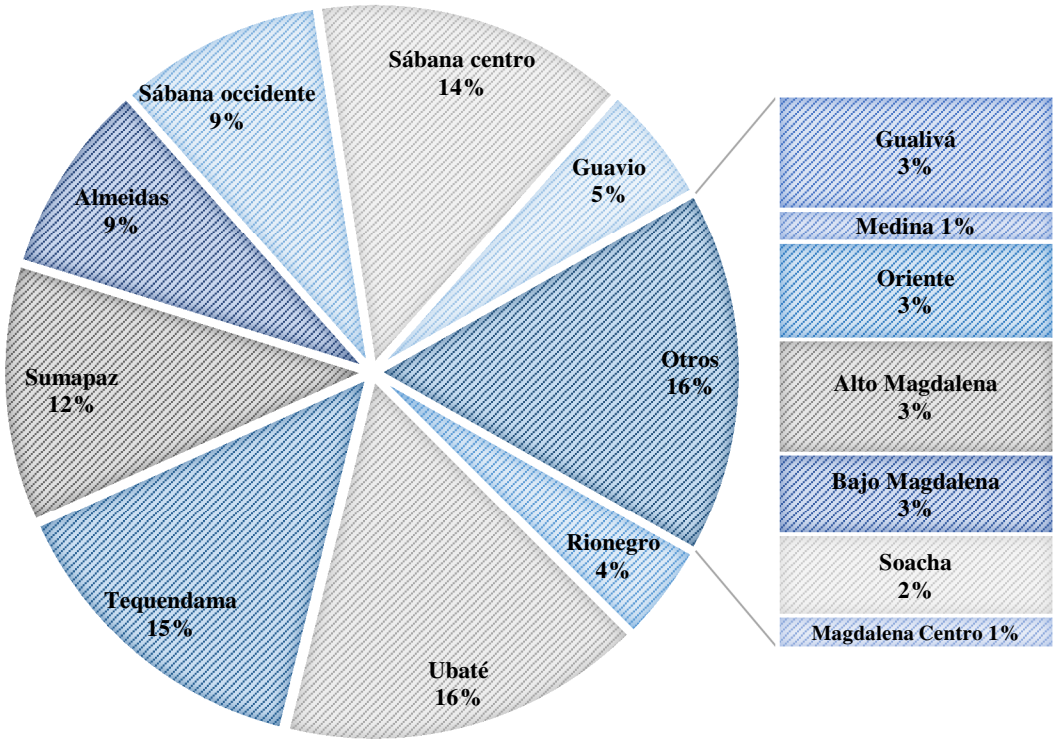


Figura 4. Diagrama de distribución espacial de las estaciones hidrométricas analizadas en las provincias de Cundinamarca.

Las tres provincias con mayor número de mediciones son: Ubaté con el 16% del total de estaciones analizadas, Tequendama con el 15% y Sabana Centro con el 14%. En el caso contrario, las provincias con el menor número de estaciones para medir caudal equivalen al 46,6 %, es decir

siete (7) de las catorce (14) provincias cuentan con solo treinta y cuatro (34) centros de aforo hidrológico.

Magdalena Centro y Medina con el 1% equivalente a dos (2) estaciones de medición, son las de menor número de datos lo que se dificulta el análisis para la evaluación de potencial hidroenergético. Magdalena Centro, Alto Magdalena y Bajo Magdalena son provincias con municipios grandes en extensión territorial pero sólo con una cuenca principal: la del Rio Magdalena. Los puntos de medición relevantes son propiedad del IDEAM y no cuentan con registros de los cinco (5) años seleccionados en el presente estudio.

Los registros de las estaciones están en su mayoría incompletos. Solamente el 57% de estas pueden utilizarse para la evaluación del potencial hidroeléctrico en el departamento.

Debido a que algunas regresiones calculadas no tienen factores de correlación cercanos a la unidad; obstaculizan el cálculo de datos en periodos de tiempo inexistentes. En consecuencia provoca un comportamiento atípico que afecta directamente el promedio anual del caudal en las provincias. Realizando un análisis de "cluster jerárquico aglomerativo" se obtienen los datos discriminados de las estaciones, ver Figura 5 (Gallardo San Salvador, 1994).

Un cluster comienza con tantos grupos como individuos, y consiste en formar conjuntos según la similitud, con este método se realizó la discriminación de los registros, planteando parámetros principales. Para el primer cluster la característica del caudal (medio máximo mínimo) y el tiempo de estudio (cinco años desde enero de 2010 hasta diciembre de 2015), el segundo cluster con las estaciones sin registros dentro del periodo especificado (ecuaciones de regresión) y los últimos cluster con los promedios de caudales medios mensuales por estación y provincia.

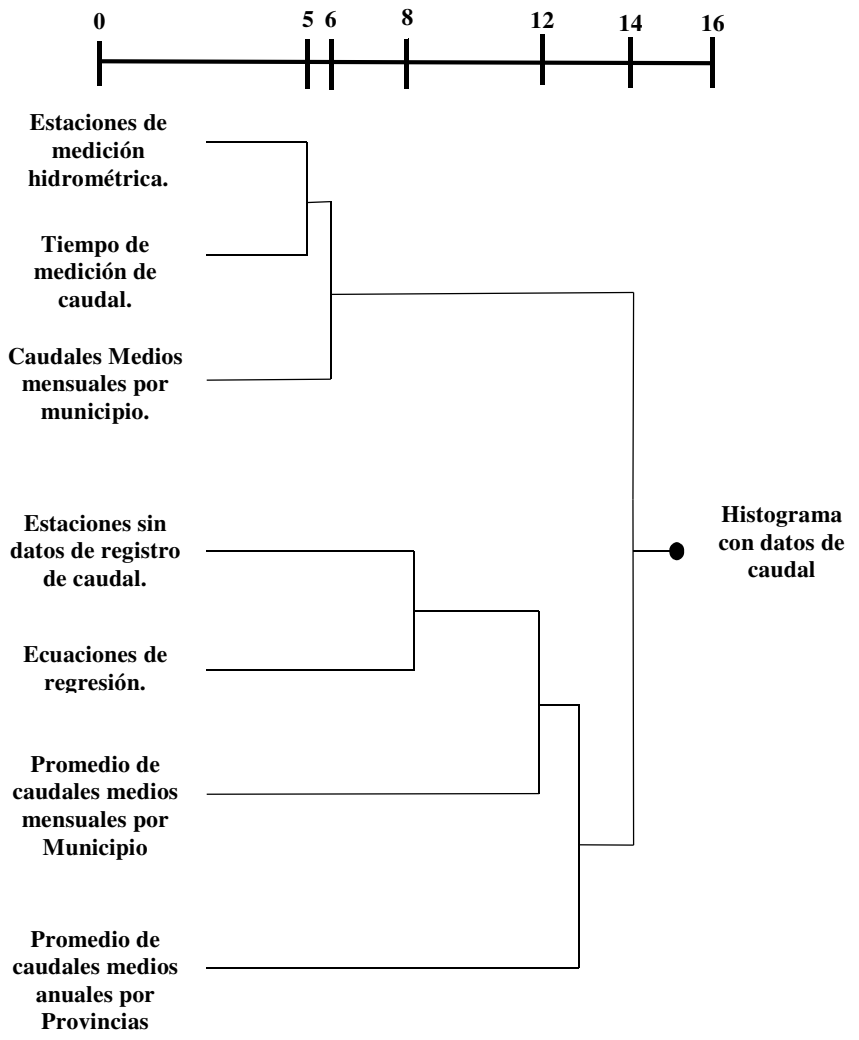


Figura 5. Dendrograma de análisis de cluster para la evaluación del comportamiento de los caudales en el departamento de Cundinamarca.

3.2 Esquema de Proceso.

Para el desarrollo de la metodología, se toman como muestra las doscientas ocho (208) estaciones de medida de caudal y los perfiles topográficos aproximados de las dos (2) cuencas principales de la región con el fin de evaluar teóricamente el potencial hídrico en el departamento (ver Figura 6).

Debido a los cambios climáticos y los avances de la tecnología para la medición del recurso hídrico, es importante señalar que la información requiere de un proceso de actualización y mejora

continua en periodos de tiempo especificados, para adaptarlo a los criterios técnicos ambientales vigentes del proyecto hidroeléctrico a evaluar (Suarez García, 2015)

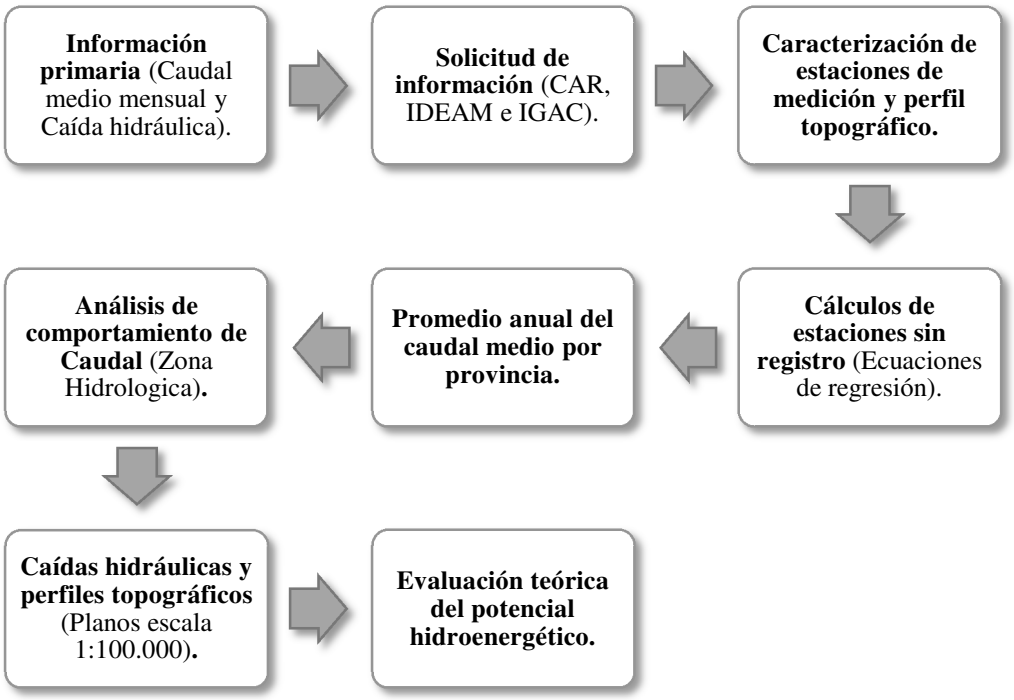


Figura 6. Diagrama de proceso, desarrollo de la metodología para el reconocimiento del potencial hidroenergético.

4 ESTUDIO PARA LA OBTENCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO Y SU USO ENERGÉTICO.

En este apartado se determinan las gráficas de comportamiento del caudal medio regionalizadas, a partir de ecuaciones de regresión obtenidas consecuencia de la no disponibilidad de registros históricos en meses o años que se encuentran en el periodo de tiempo especificado en el estudio. Además, se realiza la estimación de los perfiles topográficos sobre las cuencas presentes en el departamento de Cundinamarca con ayuda de los mapas cartográficos escala 1:100.000 del área de influencia del presente trabajo. Esto con el fin de calcular teóricamente el potencial hidroenergético para la implementación de proyectos con PCH's.

4.1 Caudales Medios Mensuales.

Al realizar la revisión de los caudales medios mensuales a lo largo de la red de drenaje en el departamento de Cundinamarca, se realizó un ajuste a los datos basado en modelos de ecuaciones de regresión, el cual facilita la determinación de la dinámica aproximada del comportamiento en un periodo de cinco años.

El análisis de regresiones se realizó con ayuda del programa de Microsoft EXCEL®. Con este se completaron los datos en las estaciones tomando como referencia el caudal y el periodo de tiempo de registro. Este análisis se hace siempre que la provincia contenga cuencas con registro de caudal y estas sean meteorológica y topográficamente homogéneas, es decir que variables como los "parámetros del río principal" (longitud, desnivel y pendiente), "parámetros geomorfológicos" (área, pendiente, perímetro, desnivel, elevación media, densidad de corrientes) y "parámetros climáticos" (precipitación, rendimiento, escorrentía, temperatura, evaporación real, evaporación potencial) sean estables. En el atlas del potencial hidroenergético de Colombia se realizó un modelo estadístico con estas variables, el cual se tomó como referencia (Upme, 2015).

4.1.1 Determinación del Recurso Hídrico.

El estudio de las diferentes provincias evidencia la falta de datos puntuales (un (1) registro de caudal en el año o máximo tres (3)), por lo tanto se utilizan ecuaciones de regresión con valores de R cuadrado (R^2) aproximados a uno (~1), asegurando que la correlación sea la correcta. Al realizar el estudio de los datos se comprobó que el 65% de estos durante los cinco (5) años no se encuentran completos. Por esa razón, es necesario recurrir a un modelo que dé como resultado una aproximación del comportamiento dinámico en un periodo de tiempo específico. La Figura 7 presenta la estación de medición hidrométrica *Providencia* (código 2119754 de la base de datos de la CAR Cundinamarca), la cual no realizó el registro del caudal en el mes de febrero del año 2015. Sin embargo, con la ayuda de una regresión se establece una tendencia aproximada. La grafica enseña el valor del caudal medio en (m^3/s) sobre el eje *y*, y los años que ha estado activo el centro de aforo en el eje *x*.

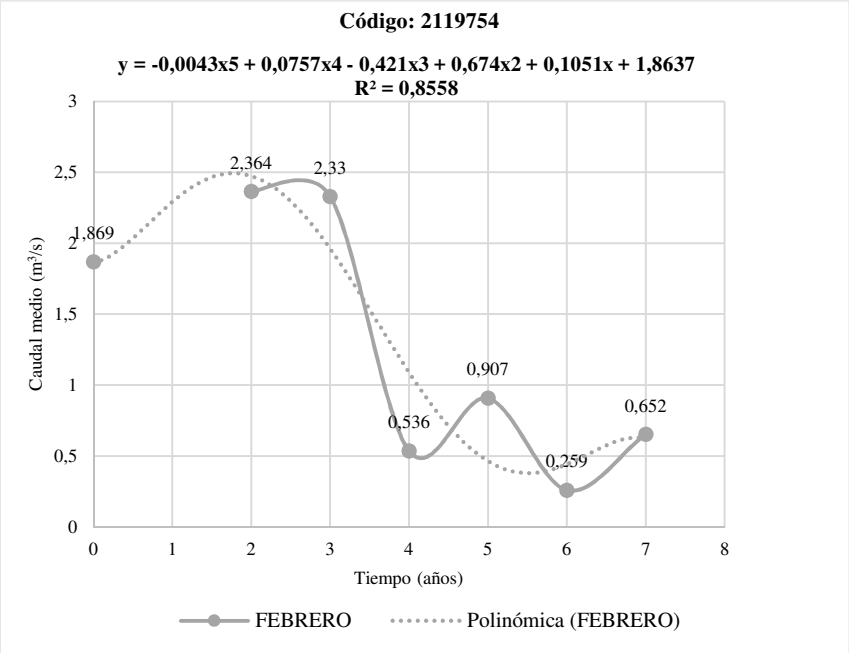


Figura 7. Estación de medición Providencia, ubicada en el municipio de Pasca provincia de Sumapaz.

Las regresiones polinómicas describen fielmente el comportamiento del caudal, ya que al tener coeficientes cercanos a la unidad se disminuye el error de los datos, y no se presentan condiciones atípicas al calcular los promedios anuales. Por esta razón, se realizaron estas regresiones en todas las estaciones donde no se presentaban registros.

Para la determinación de las ecuaciones de regresión se realizó el siguiente procedimiento, el cual representa el paso a paso para la elaboración de los histogramas finales con la información de los caudales medios promedios anuales. Utilizando como ejemplos algunas provincias del departamento se tiene:

- *Primer paso.*

Con la información primaria se establece el número total de estaciones por municipio, veinte cuatro (24) en el caso de la provincia de Sumapaz. En la Tabla IV se relaciona el nombre del municipio, el código de registro, el nombre de la estación de medición y la institución que proporcionó los datos.

Tabla IV. Distribución de estaciones de medición, provincia de Sumapaz.

MUNICIPIOS	CÓDIGO	ESTACIÓN	INSTITUCIÓN
Cabrera	2119730	Pte. La Panela	CAR
Venecia	2119756	Boc Venecia	CAR
Pandi	2119733	Pte. Negro	CAR
	2119728	Pte. Caracol	CAR
San Bernardo	2119718	Boc Pirineos	CAR
Arbeláez	2119727	Pte. Arbeláez	CAR
	2119732	Pte. Los Ríos	CAR
Pasca	2119746	Aguasiso	CAR
	2119724	Pasca 1	CAR
	2119729	Pte. Caro	CAR
	2119719	Costa Rica	CAR
	2119731	Pte. Los Pinos	CAR
	2119736	Juan XXIII	CAR
	2119720	Los Tanques	CAR

MUNICIPIOS	CÓDIGO	ESTACIÓN	INSTITUCIÓN
	2119754	**Providencia**	**CAR**
	2119747	El Cairo	CAR
	2119752	Bocatoma el Roble	CAR
	2119734	Pte. Rojo	CAR
	2119723	Pasca	CAR
Tibacuy	-	-	-
Silvania	2119753	Matadero	CAR
	21197110	Silvania	IDEAM
	21197080	Hda. La bonanza	IDEAM
Granada	-	-	-
Fusagasugá	2119726	Pte. La Aguadita	CAR
	2119735	Pte. San Vicente	CAR

- *Segundo paso.*

Al tener el código de las estaciones se prosiguió a buscar las tablas de caudal medio en la información adquirida en la CAR Cundinamarca y el IDEAM. En esta provincia específicamente se tienen trece (13) estaciones con los datos completos, es decir, registros en los cinco (5) años de estudio. Doce (12) estaciones de medición con datos incompletos, pero solo cinco (5) de estas se pueden utilizar ya que al resto no es posible realizarle regresiones cuando sólo se cuenta con la información de un año entre enero de 2010 y diciembre de 2015. Tomando como referencia el municipio de Pasca y la estación de medición de *Providencia*, se realiza el cálculo de las ecuaciones de regresión que describen el comportamiento del caudal para conseguir los registros en los meses que no fue posible su medición. La Figura 7 muestra la regresión realizada para uno de los datos faltantes, dando como resultado un caudal de 2,29 m^3/s. La Tabla V contiene los valores de caudal medio mensual y el promedio anual utilizado para analizar el comportamiento típico de la región.

Tabla V. Caudales Medios Mensuales (m^3/s) estación de medición Providencia.

ESTACIÓN PROVIDENCIA													
CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m^3/s)													
Código	**Año**	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2119754	**2010**	0,27	0,25	0,25	1,47	1,61	2,62	2,37	0,99	1,77	1,07	2,34	1,49
2119754	**2011**	0,52	0,90	0,08	0,63	0,96	0,75	0,20	0,72	0,44	0,91	0,84	0,76
2119754	**2012**	0,60	0,53	0,26	0,75	0,64	0,56	0,69	0,48	0,55	0,50	0,47	0,51
2119754	**2013**	0,27	2,33	2,39	3,28	3,17	2,97	3,10	2,75	2,59	2,36	2,64	3,54
2119754	**2014**	2,55	2,36	2,32	2,53	3,28	3,85	3,43	2,90	2,62	2,84	3,75	3,28
2119754	**2015**	2,53	2,29	2,56	2,51	1,74	2,97	2,63	2,39	2,20	1,92	2,23	1,84
PROMEDIO MENSUAL ANUAL (m^3/S)		**1,12**	**1,44**	**1,28**	**1,86**	**1,90**	**2,29**	**2,06**	**1,70**	**1,69**	**1,60**	**2,05**	**1,90**

Los histogramas de caudal son parte fundamental del estudio porque determinan gráficamente la tendencia en una zona hidrológica, caracterizando así los meses en los cuales se producen los fenómenos de picos máximos y mínimos. Con la estimación realizada por las ecuaciones de regresión, se completaron los registros y se obtuvieron histogramas de los valores promedios anuales para las diferentes estaciones de medición, en un periodo de cinco (5) años.

La Figura 8 corresponde a los datos de la provincia de Almeidas, la cual en gran medida pertenece a la "zona hidrográfica del Orinoco", con caudales medios máximos en los meses de mayo hasta agosto. El dato máximo para el caudal medio es de 3,24 m^3/s en el mes de julio (Upme, 2015).

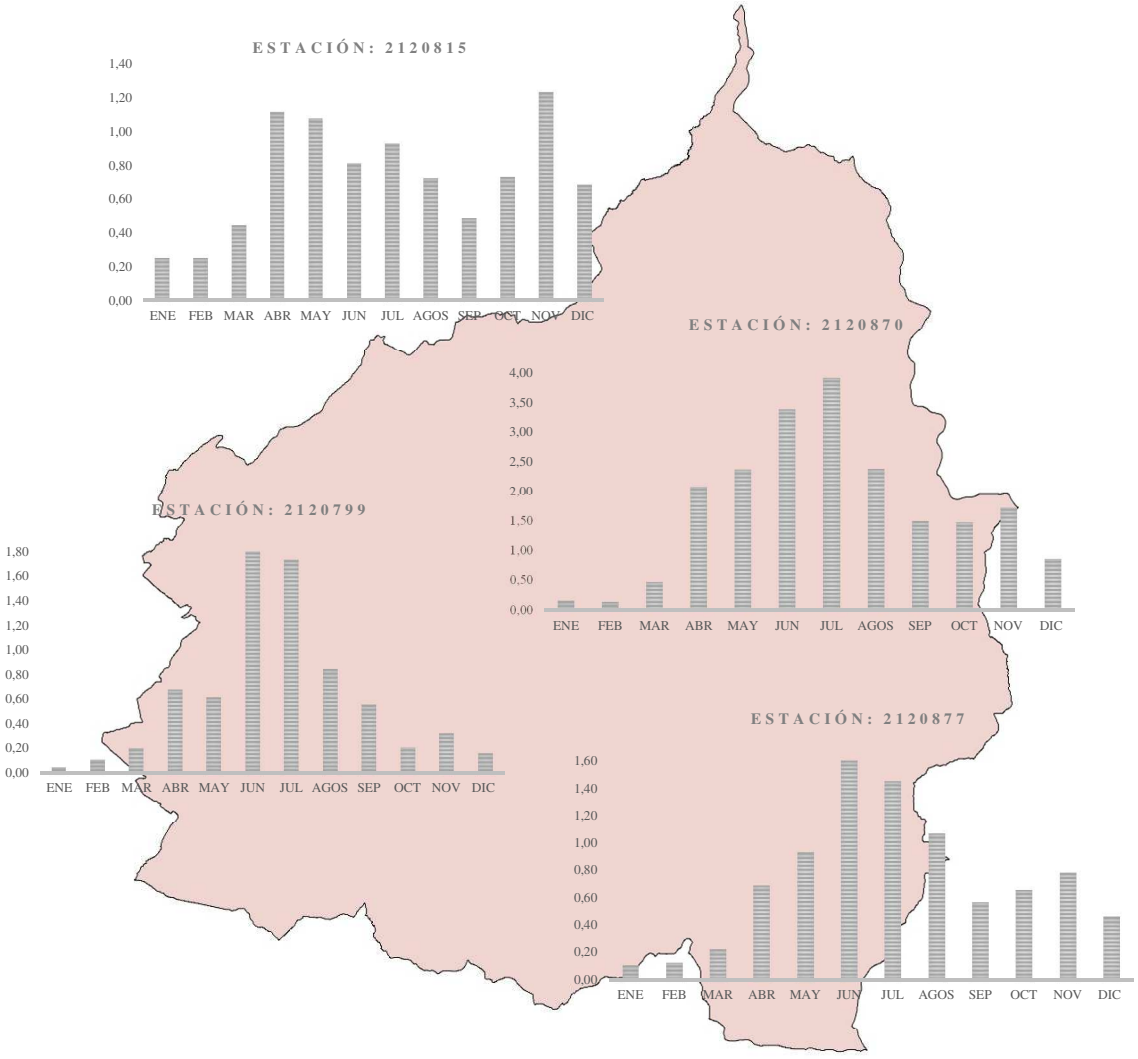


Figura 8. Comportamiento de los caudales medios promedios mensuales por estación, provincia de Almeidas.

En la anterior figura, la estación de medición Villapinzón, código 2120815, ubicada en el municipio que lleva el mismo nombre pertenece a la provincia de Almeidas, muestra un comportamiento atípico referente a las demás. Esta tendencia se debe a la ubicación del centro de aforo sobre la cuenca del Río Bogotá la cual se rige por otra agrupación hidrográfica.

La Provincia del Tequendama, Figura 9, perteneciente a la "región hidrográfica de Magdalena – Cauca", la cual abarca el 73,33% de las provincias del departamento, presenta dos picos de valores

máximos en el año, el primero en el mes de mayo y el segundo en el mes de noviembre (Upme, 2015). El valor máximo registrado es de 8,55 m^3/s en el mes de noviembre.

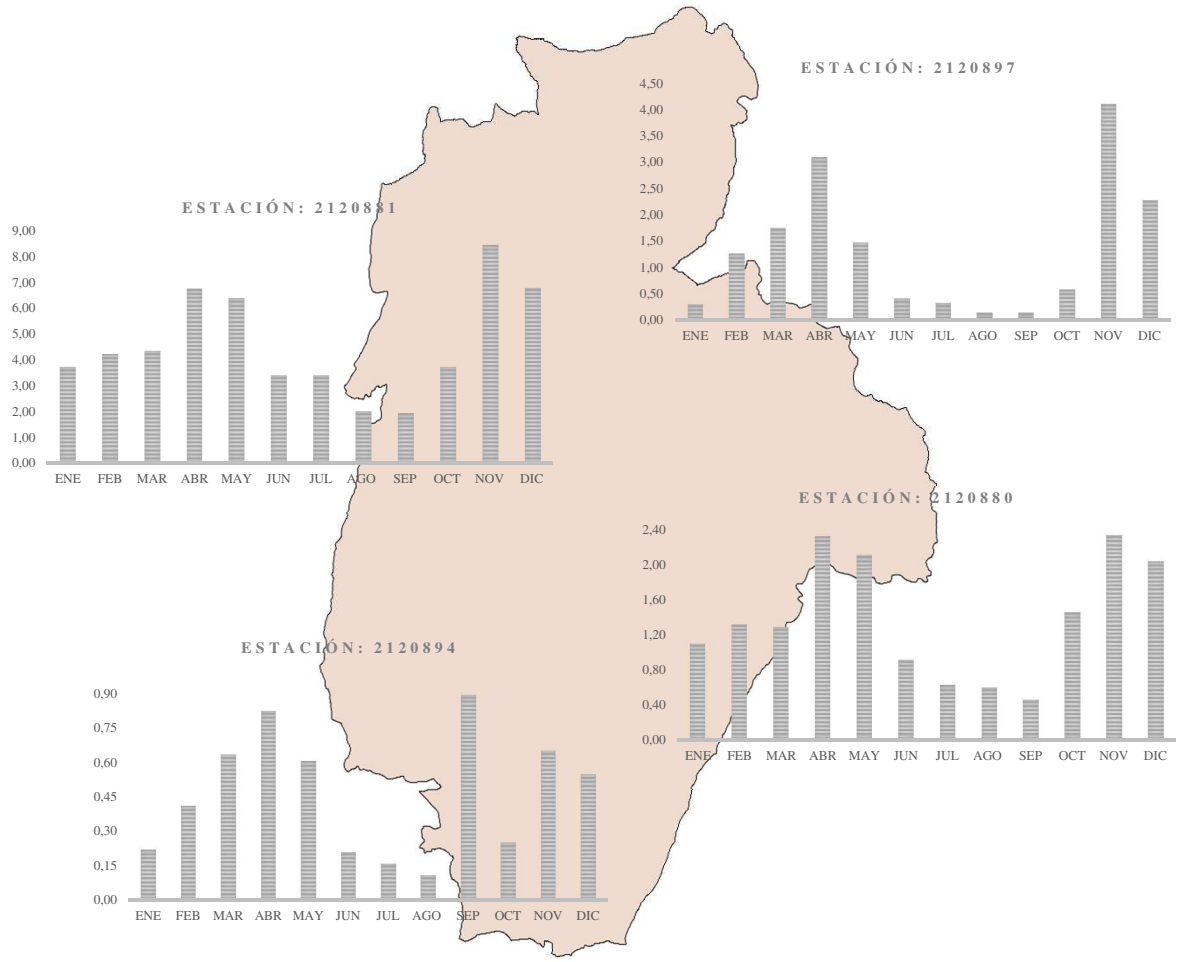


Figura 9. Comportamiento de los caudales medios promedios mensuales por estación, provincia de Tequendama.

- *Tercer paso.*

Para agrupar la información en el cluster final, *Promedio de caudales medios anuales por Provincia,* es necesario calcular el promedio mensual anual por estación determinado anteriormente y filtrar datos atípicos. Este último paso sólo se realiza con las estaciones que presentan registros muy pequeños teniendo en cuenta su ubicación sobre la cuenca, lo que afecta

el valor del promedio. En el estudio de la provincia de Sumapaz se eliminaron cuatro (4) estaciones más, quedando con un total de catorce (14), ver Tabla VI.

Tabla VI. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Sumapaz.

PROVINCIA DE SUMAPAZ													
CAUDAL PROMEDIO MEDIO ANUAL (m^3/s)													
Municipio	**Código**	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cabrera	**2119730**	0,44	0,51	0,59	0,86	0,66	0,54	0,43	0,45	0,45	0,55	0,66	0,61
San Bernardo	**2119718**	0,09	0,13	0,16	0,21	0,20	0,18	0,15	0,15	0,13	0,18	0,22	0,16
Pandí	**2119733**	2,00	3,14	4,75	7,02	7,01	4,83	3,82	3,49	2,90	5,32	6,21	6,26
	2119728	0,04	0,07	0,08	0,15	0,15	0,21	0,14	0,17	0,06	0,06	0,09	0,11
Arbeláez	**2119727**	1,57	2,45	2,03	3,71	4,67	4,23	4,86	3,25	3,20	4,41	5,74	4,59
	2119732	2,56	2,75	8,47	11,41	6,63	4,77	3,87	3,86	3,58	6,19	9,46	7,61
Pasca	**2119724**	1,02	0,96	0,99	1,27	1,29	1,34	1,42	1,24	1,45	1,43	1,69	1,49
	2119729	0,48	0,51	0,50	0,58	0,64	0,72	0,75	0,59	0,63	0,65	0,69	0,60
	2119719	0,06	0,06	0,08	0,10	0,09	0,10	0,10	0,08	0,08	0,09	0,13	0,09
	2119731	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,10	0,07	0,37
	2119736	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04
	2119720	0,23	0,21	0,26	0,31	0,29	0,29	0,30	0,30	0,25	0,23	0,24	0,24
	2119754	1,13	1,45	1,29	1,87	1,91	2,29	2,06	1,71	1,70	1,60	2,05	1,91
	2119734	1,85	2,46	3,76	5,15	4,96	4,81	3,75	2,55	1,96	3,35	5,45	4,34
	2119723	0,57	0,69	1,07	1,83	1,63	1,24	1,13	0,89	0,84	1,16	1,57	1,41
Silvania	**2119753**	0,13	0,33	0,33	0,49	0,41	0,16	0,12	0,11	0,12	0,25	0,66	0,41
Fusagasugá	**2119726**	0,88	0,97	1,17	1,55	1,68	1,40	1,90	0,95	1,17	1,83	2,49	2,02
	2119735	0,22	0,81	1,22	1,62	0,75	0,68	0,69	0,31	0,27	1,14	3,35	1,29
PROMEDIO ANUAL (m^3/S)	**COMPLETO**	**0,74**	**0,98**	**1,48**	**2,12**	**1,84**	**1,55**	**1,42**	**1,12**	**1,05**	**1,59**	**2,27**	**1,86**
	FILTRADO	**0,88**	**1,16**	**1,76**	**2,52**	**2,18**	**1,83**	**1,68**	**1,32**	**1,24**	**1,89**	**2,70**	**2,20**

El histograma de caudal obtenido a partir del análisis de los datos en la Tabla VI muestra que el caudal en esta zona se comporta con las características descritas para la "agrupación hidrológica de Magdalena- Cauca", con dos picos máximos en el año (Upme, 2015). En la Figura 10 se encuentran los datos con el último filtro, es decir, utilizando para su cálculo sólo catorce (14) estaciones. Sin embargo, también está el promedio con el número completo de registros (dieciocho

estaciones). Los valores máximos de caudal se encuentran en los meses de abril y noviembre, y el mínimo en enero.

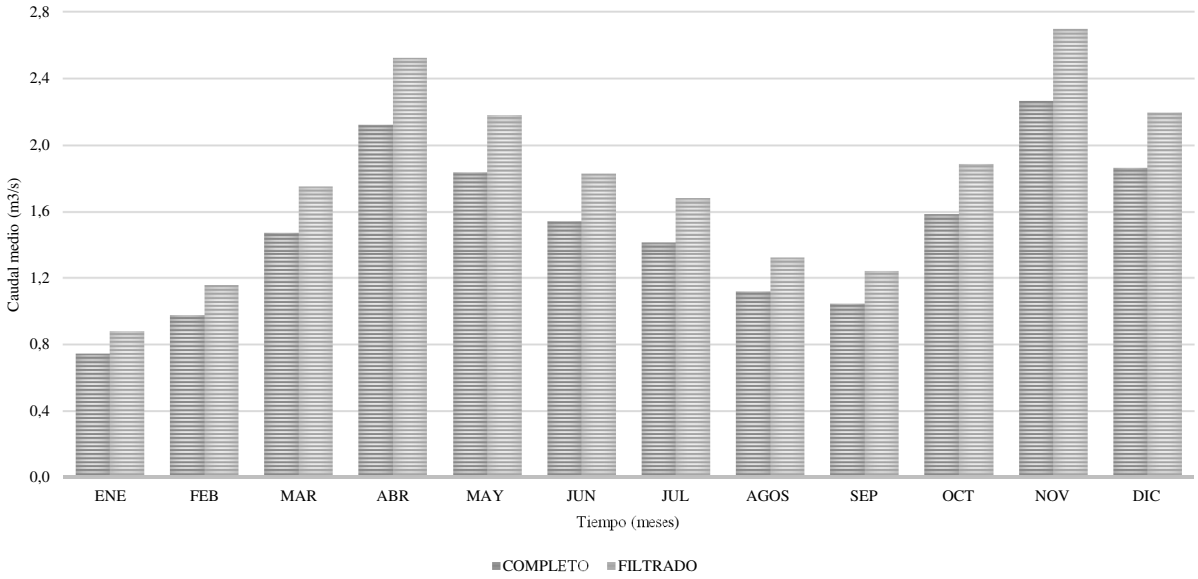


Figura 10. Histograma de caudal promedio medio anual, provincia de Sumapaz.

La forma del histograma es una evidencia del tipo de "régimen de caudal" que se presenta en la zona de estudio, ya que éste se encuentra influenciado por condiciones geológicas y climatológicas en la cuenca aferente al punto de registro (Izquierdo & Madro, 2014).

En resumen, el anterior estudio representa la relación que existe entre el caudal medio y el tiempo en el que se mantiene un comportamiento estable durante la medición. Debido al periodo especificado (cinco años) no se obtuvieron las "curvas de duración de caudal", pero se realizó una aproximación de los caudales de excedencia (Sánchez San Ramon, 2013). El valor de excedencia representado por un número subíndice, significa el caudal igual o superior a un porcentaje de tiempo. Para el aprovechamiento hidroenergético es importante considerar estos caudales puesto que en la legislación colombiana se emplean para el "cálculo de la energía firme" (CREG, 2017).

En esta investigación el valor de excedencia para garantizar la disponibilidad del recurso hídrico en las provincias del departamento de Cundinamarca es del 95% (Q95), en la medida que los caudales pasen de Q95 a Q100 se alcanzan "condiciones de sequía", es decir, los caudales se consideran bajos (Upme, 2015).

4.1.2 Resultados por Provincia.

Es importante hacer énfasis que en la mayoría de regresiones polinómicas, el valor de R^2 es igual o superior a 0,85 para confirmar la similitud de los datos evitando el error típico producido por estaciones sin registro.

Teniendo en cuenta lo anterior se presentan los resultados finales de las quince (15) provincias. Se resalta sin embargo que, en el proceso de obtención de la información, las provincias de Guavio, Medina y Oriente no fueron analizadas dado que las estaciones que miden caudal se encuentran en un intervalo de tiempo que no cumple con el planteado en el estudio, o con años enteros sin datos. Esto supone conocer las curvas de duración de caudal en la zona de ubicación de la estación, las cuales son obtenidas con los parámetros meteorológicos, topográficos y el "raster de coeficiente de variación" reportado en el Estudio Nacional de Agua (ENA), datos que no se obtuvieron en este análisis (IDEAM, 2014). Para estas provincias se puede optar por el Atlas de Potencial Hidroenergético de Colombia como una alternativa donde se obtienen los datos aproximados de caudal en las zonas faltantes, con el propósito de realizar la evaluación del potencial hidroeléctrico en el total de las provincias (Upme, 2015).

La Tabla VII relaciona el número de estaciones utilizadas y descartadas para la agrupación del último cluster, la zona hidrográfica, picos máximos - mínimos y el valor de caudal de excedencia Q95, con el fin de mostrar un resumen del estudio realizado para los caudales medios en los cinco

(5) años de registros. Un mayor detalle de los histogramas de caudal y la tabla de caudal promedio medio anual (m^3/s) por provincia se encuentra en el ANEXO 3.

Tabla VII. Resultados finales del estudio de caudal promedio medio anual en el departamento de Cundinamarca.

PROVINCIA	NÚMERO ESTACIONES		ZONA HIDROLÓGICA	PICO DE CAUDAL MEDIO (m^3/s)				Q95 (m^3/s)
	Utilizadas	Descartadas		Máximo	Periodo del año*	Mínimo	Periodo del año*	
Almeidas	8	1	Orinoco	3,24	Jul	1,30	Mar	1,56
Alto Magdalena	6	2	Magdalena - Cauca	46,01	Nov	21,47	Sep	21,9
Bajo Magdalena	2	-	Magdalena - Cauca	0,76	Nov	0,32	Jul	0,41
Gualivá	3	2	Magdalena - Cauca	13,74	Abr	2,73	Agos	4,66
Guavio**	-	-	Orinoco	5,00	Jul	1,57	Ene	-
Magdalena Centro**	-	-	Magdalena - Cauca	7,20	Nov	1,05	Agos	-
Medina**	-	-	Orinoco	5,00	Jul	1,57	Ene	-
Oriente**	-	-	Orinoco	9,00	Jun	1,80	Ene	-
Rionegro	2	1	Magdalena - Cauca	24,35	May	3,52	Agos	9,05
Sábana centro	15	4	Magdalena - Cauca	7,76	May	3,40	Feb	4,42
Sábana occidente	8	6	Magdalena - Cauca	5,65	Nov	2,36	Sep	2,36
Soacha	3	-	Magdalena - Cauca	0,32	Abr	0,07	Feb	0,18
Sumapaz	14	4	Magdalena - Cauca	2,70	Nov	0,88	Ene	1,5
Tequendama	13	4	Magdalena - Cauca	1,99	Nov	0,39	Agos	0,79
Ubaté	16	2	Magdalena - Cauca	1,70	Abr	0,39	Sep	0,65

***Hace referencia a los meses del año en los cuales se presentan los fenómenos máximos y mínimos de caudales medios.*

****Provincias con valores de caudal medio anual obtenido a partir del Atlas de Potencial Hidroenergético de Colombia pág. 62-64* (Upme, 2015).

El análisis diseñado es el mismo para cualquier región que desee cuantificar su recurso hídrico conociendo el valor del caudal en las estaciones de medición. Sin embargo, cuando se presente otro intervalo de tiempo es necesario conocer las condiciones morfológicas y topográficas de la cuenca en ese mismo periodo, de ahí la importancia de la actualización de los datos.

4.2 Caída Hidráulica Aprovechable.

La caída hidráulica es la diferencia de cota entre el punto de captación del agua y las turbinas; a mayor diferencia de cota, mayor potencia hidráulica disponible (Ortíz Florez, 2006).

La ubicación del departamento de Cundinamarca en la zona andina representa por su "orografía las mayores caídas hidráulicas", punto base para la determinación del aprovechamiento hidroeléctrico partir de PCH's, como solución de carácter renovable. En este estudio se realizó una discriminación por cuencas, lo que facilita el análisis de la red de drenaje en el departamento (Upme, 2015). En Cundinamarca se encuentran la cuenca del río Magdalena y la cuenca del río Meta. La primera está conformada por siete (7) subcuencas y la segunda por dos (2) subcuencas, las características de cada una de ellas se encuentran en la Tabla VIII relacionando la localización, el área en hectáreas (HA), el porcentaje de presencia en la zona de estudio y el nivel de precipitaciones en milímetros de agua.

Tabla VIII. Principales características de las subcuencas en el departamento de Cundinamarca (IDEAM, 2015).

CUENCA DEL RÍO MAGDALENA				
SUBCUENCAS	Localización	Área (HA)	% de Presencia	Precipitación (mm)
Magdalena Alto	Noroccidente	142.877	5,5%	1452,02
Río Machetá	Nororiente	93.397	3,3%	1174,58
Río Bogotá	Nororiente a Suroccidente	551.484	24%	926,17
Río Sumapaz	Suroccidente	271.153	11,2%	1167,86
Río Negro	Noroccidente	303.906	12,8%	1869,60
Río Minero	Norte	197.406	8%	2261,33
Río Suarez	Norte	132.031	9,2%	947,81
CUENCA DEL RÍO META				
SUBCUENCAS	Localización	Área (HA)	% de Presencia	Precipitación (mm)
Río Humea	Oriente	227.560	9,3%	-
Río Blanco	Sur - Oriente	252.086	10,5%	1343,26

Con los mapas cartográficos escala 1:100.000 se analizaron las cuencas en tramos de mil (1000) metros, con el fin de obtener al menos diez datos de las curvas de nivel. Aunque algunas de estas no tenían longitudes tan extensas y se unían con corrientes de cuencas aferentes, fue necesario que se estudiaran con la misma lógica de las zonas hidrográficas. En la Tabla IX se presentan los valores máximos y medios de las caídas hidráulicas por cada área hidrográfica. Estos valores se tomaron como referencia para el porcentaje de caída en las cuencas analizadas.

Tabla IX. Caídas hidráulicas en metros por área hidrográfica en el departamento de Cundinamarca (Upme, 2015).

LONGITUD HORIZONTAL DE CONDUCCIÓN	0,2 km		1 km	
ÁREA HIDROGRÁFICA	Medio (m)	Máximo (m)	Medio (m)	Máximo (m)
Magdalena- Cauca	19	357	90	679
Orinoco	10	277	46	444

El 73,33% de los municipios del departamento de Cundinamarca pertenecen al área hidrográfica de Magdalena – Cauca, que tiene un máximo de 357 metros por área hidráulica en 200 metros de conducción horizontal, asumiendo esta longitud como la existente entre la captación y la turbina. El porcentaje de caídas medias en las estaciones utilizadas en el estudio comprenden un rango entre el 20,22% de la pendiente en la cuenca del río Bogotá y el 47,01% de la pendiente en la cuenca del río Batatas.

5 EVALUACIÓN TEÓRICA DEL POTENCIAL HIDROENERGÉTICO.

La energía eléctrica es un "factor definitivo para la economía y el desarrollo de una región". Considerando los bajos costos de la generación hidroeléctrica y su confiabilidad en comparación con otro tipo de fuente de energía, esta seguirá siendo una solución particular para zonas aisladas o Zonas no Interconectadas (ZNI) (Ortíz Florez, 2011). Siendo el objetivo principal el mejoramiento de la calidad de vida y la productividad, los planes de energización rural PERS fortalecen la implementación de proyectos con bajo impacto ambiental que contribuyen al acceso de la energía eléctrica, aumentando las oportunidades de desarrollo en las comunidades con esta clase de iniciativas. No obstante existen restricciones de carácter social y ambiental que si bien no intervienen en los procesos del sistema, si condicionan el aprovechamiento del recurso en la zona objetivo. Por lo tanto, es necesario realizar una evaluación de estos aspectos para la posible implementación de una PCH.

5.1 Potencial Hidroenergético.

El alcance de una pequeña central hidroeléctrica se puede identificar, según la Organización Latinoamericana de Energía y del Caribe OLADE, en función de la capacidad instalada (kW) en pico, micro, mini y pequeñas centrales ver Tabla I. La Figura 11 presenta la variación de la potencia según la caída en metros. El incremento de cualquiera de estas dos (2) variables aumenta el valor del potencial teórico (en efecto existe una relación directamente proporcional).

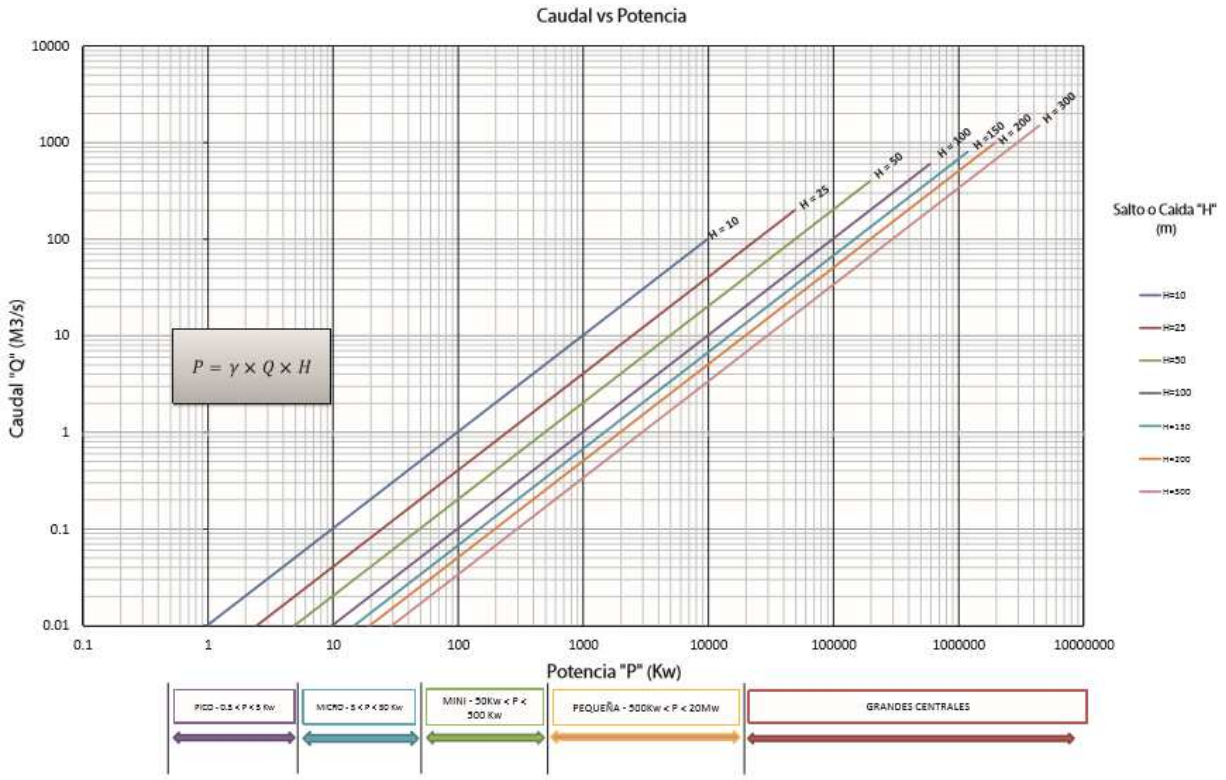


Figura 11. Variación del potencial hidroenergético relación, Q Vs P (Upme, 2015).

Para el estudio de aprovechamiento de potencial hidroenergético desarrollado en el presente trabajo se establecen los principales parámetros, los cuales son: *el caudal* y *la caída hidráulica*. Ambas metodologías se encuentran descritos en el capítulo anterior. Para la determinación teórica del potencial en el departamento de Cundinamarca se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Como se trata de aprovechamientos a filo de agua, no se cuenta con almacenamiento para la regulación de caudales, por lo que el caudal empleado en el cálculo del potencial corresponde al disponible en épocas secas, con un determinado porcentaje de confiabilidad. Teniendo en cuenta lo anterior, y para garantizar la disponibilidad del recurso hídrico, se adoptó como caudal aprovechable el correspondiente a una probabilidad de exceder el 95%

(Q95). Éste será siempre un "valor inferior al caudal medio del río" en el sitio del aprovechamiento (IDEAM, 2014).

- Los valores de potencial obtenidos no contemplan proyectos simultáneos, es decir que si se instala una central, el potencial hidroenergético de ésta afecta directamente la posibilidad de aprovechar el potencial hidroenergético de una central aguas abajo.

Con el valor del caudal Q95 para cada provincia y las caídas hidráulicas de las cuencas, se calcula la potencia como el producto de estas variables. En el libro "Pequeñas Centrales Hidroeléctricas" desarrollado por la Universidad del Valle se propone una aproximación para la deducción de la potencia hidráulica total sin tener en cuenta perdidas (Ortíz Florez, 2011). La ecuación utilizada es:

$$\boldsymbol{P_H = 9,81 * H_{est} * Q} \quad (\boldsymbol{kW}) \qquad \textit{(2)}$$

Dónde: $\boldsymbol{H_{est}}$ es la caída en (m), $\boldsymbol{Q}$ el caudal con una probabilidad de excedencia del 95% en m^3/s y la constante ***9,81*** es el valor estimado para la densidad del agua y la aceleración de la gravedad; la ecuación (2) está dada en kilovatios (kW).

En la Figura 12 se presenta el esquema del proceso para obtener el mapa de potencial hidroenergético del departamento.

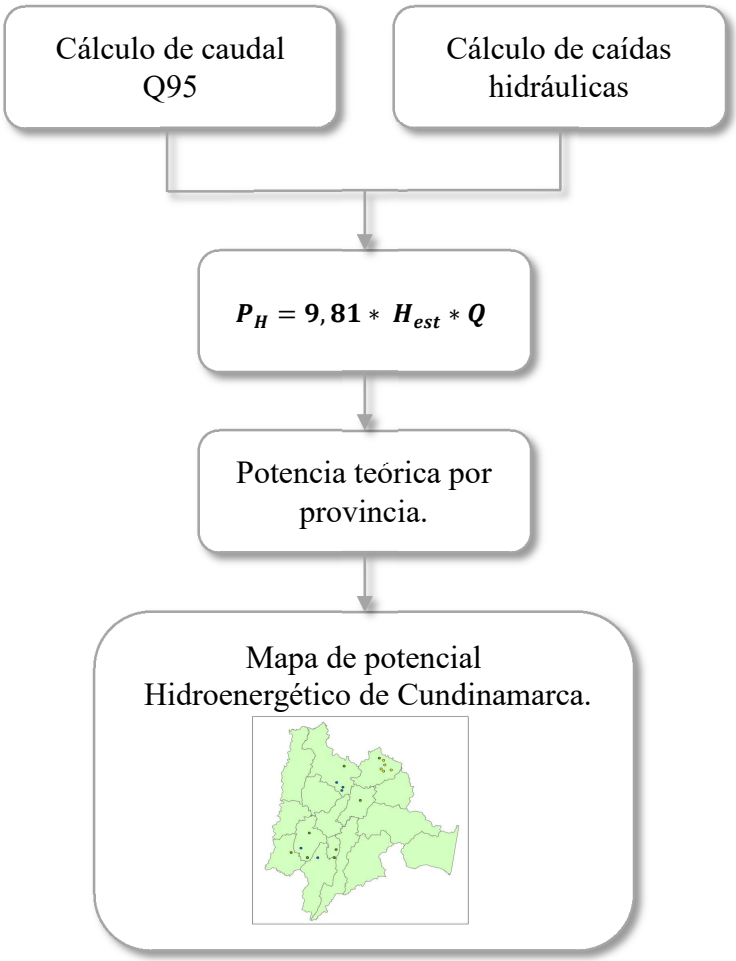


Figura 12. Esquema de proceso de obtención del mapa de potencial hidroenergético en el departamento de Cundinamarca.

Al analizarse dos opciones de caída hidráulica para longitudes de conducción de 0,2 km y 1 km, se obtuvieron para cada una de ellas las potencias teóricas. En primera instancia la evaluación se realizó para las quince (15) provincias y luego para cada estación de medición presente en la red de drenaje. Estos valores de potencia no contemplan la eficiencia de los equipos mecánicos y del tipo de turbina, y no contempla las perdidas hidráulicas entre la captación y la casa de máquinas (Suarez García, 2015). La Tabla X contiene el estudio realizado para las provincias del departamento, relacionando la zona hidrográfica y la potencia en kW. Las mayores potencias se encuentran en Alto Magdalena, Rionegro y Sábana centro.

Tabla X. Potencial hidroenergético para las provincias del departamento de Cundinamarca, valor de potencia teórica en kW.

PROVINCIAS	ZONA HIDROLÓGICA.	POTENCIA TEÓRICA (kW)			
		Caídas con longitud de 0,2 km		Caídas con longitud de 1 km	
		Medio (m)	Máximo (m)	Medio (m)	Máximo (m)
Almeidas	Orinoco	127,5	3532,6	586,6	5662,3
Alto Magdalena	Magdalena - Cauca	4001,8	75191,6	18955,9	143011,5
Bajo Magdalena	Magdalena - Cauca	59,6	1120,7	282,5	2131,5
Gualivá	Magdalena - Cauca	508,8	9560,9	2410,3	18184,5
Guavio	Orinoco	154,0	4266,3	708,5	6838,4
Magdalena Centro	Magdalena - Cauca	195,7	3677,3	927,0	6994,0
Medina	Orinoco	154,0	4266,3	708,5	6838,4
Oriente	Orinoco	176,6	4891,3	812,3	7840,2
Rionegro	Magdalena - Cauca	656,1	12327,6	3107,8	23446,7
Sábana centro	Magdalena - Cauca	633,7	11907,4	3001,9	22647,4
Sábana occidente	Magdalena - Cauca	439,9	8265,1	2083,6	15719,9
Soacha	Magdalena - Cauca	12,7	238,1	60,0	452,9
Sumapaz	Magdalena - Cauca	164,0	3081,9	777,0	5861,7
Tequendama	Magdalena - Cauca	72,7	1365,8	344,3	2597,8
Ubaté	Magdalena - Cauca	74,6	1400,9	353,2	2664,4

Con el valor de la potencia teórica en las provincias, se realizó el estudio en las estaciones de medición, principalmente las ubicadas en aquellas con mayor potencia calculada. De ahí que los sitios para la posible implementación de un proyecto con pequeñas centrales hidroeléctricas se concentren en las provincias de Rionegro, Ubaté y Sábana centro. Para la estimación teórica del potencial hidroenergético, se tomó la altura en (m) del centro de medición como parámetro de evaluación del sistema, sabiendo esto es posible tener un cálculo más preciso de la "caída bruta" sobre el punto de medida (Ortíz Florez, 2011). La Tabla XI relaciona el código de registro, las coordenadas en sistema MAGNA SIRGAS para su posterior localización georreferenciada en el mapa de potencial hidroenergético de Cundinamarca, el municipio de ubicación, el tipo de central y la potencia teórica en kW calculada con ayuda de los caudales medios mínimos en cada estación.

Los posibles puntos son producto de un estudio teórico y la información presentada no se deriva de un trabajo de campo.

Tabla XI. Potencial hidroenergético para la implementación de proyectos con PCH´s en el departamento de Cundinamarca, valor de potencia teórica en kW.

CÓDIGO DE LA ESTACIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS			MUNICIPIO	TIPO DE CENTRAL HIDRÁULICA	POTENCIA TEÓRICA (kW)
	x	y	Altura (m)			
2119736	975642,8	974083,1	2419	Pasca	PICO CENTRAL	7,1
2306735	985411,6	1066139,9	1224	Pacho	PICO CENTRAL	14,9
2120889	953697,3	987485,5	578	Viotá	PICO CENTRAL	37,4
2119753	965531,3	977850,2	2473	Silvania	PICO CENTRAL	10,4
2120894	953018,7	986841,0	606	Viotá	PICO CENTRAL	10,8
2120897	959893,7	986990,6	1341	Viotá	MICRO CENTRAL	134,2
2120880	956698,8	1006835,5	784	La mesa	MICRO CENTRAL	85,9
2401798	1018303,6	1075197,9	2881	Carmen de Carupa	MICRO CENTRAL	44,7
2120890	937601,8	983933,6	364	Tocaima	MICRO CENTRAL	55,9
2306739	990830,3	1056770,3	1960	Pacho	MICRO CENTRAL	153,0
2120785	1017134,6	1050351,5	2584	Zipaquirá	MICRO CENTRAL	137,3
2120994	982735,5	978074,2	3254	Sibaté	MICRO CENTRAL	69,3
2120975	984864,9	987411,5	2874	Soacha	MICRO CENTRAL	30,9
2401738	1030165,4	1094746,9	2570	Susa	MICRO CENTRAL	55,8
2401731	1031598,4	1081595,1	2600	Ubaté	PEQUEÑA CENTRAL	573,9
2306708	991970,3	1060578,9	1567	El Peñón	PEQUEÑA CENTRAL	887,8
2401793	1039413,5	1091213,7	2567	Guachetá	PEQUEÑA CENTRAL	452,7
2401804	1047182,2	1074999,6	2807	Lenguazaque	PEQUEÑA CENTRAL	1059,8
2401723	1042666,1	1080817,2	2592	Lenguazaque	PEQUEÑA CENTRAL	512,1
2401715	1025657,9	1077922,3	2600	Ubaté	PEQUEÑA CENTRAL	485,6

Finalmente, en la Figura 13 se presenta el mapa de aprovechamiento del recurso hidroenergético en el departamento de Cundinamarca con los sitios óptimos para cada tipo de pequeña central.

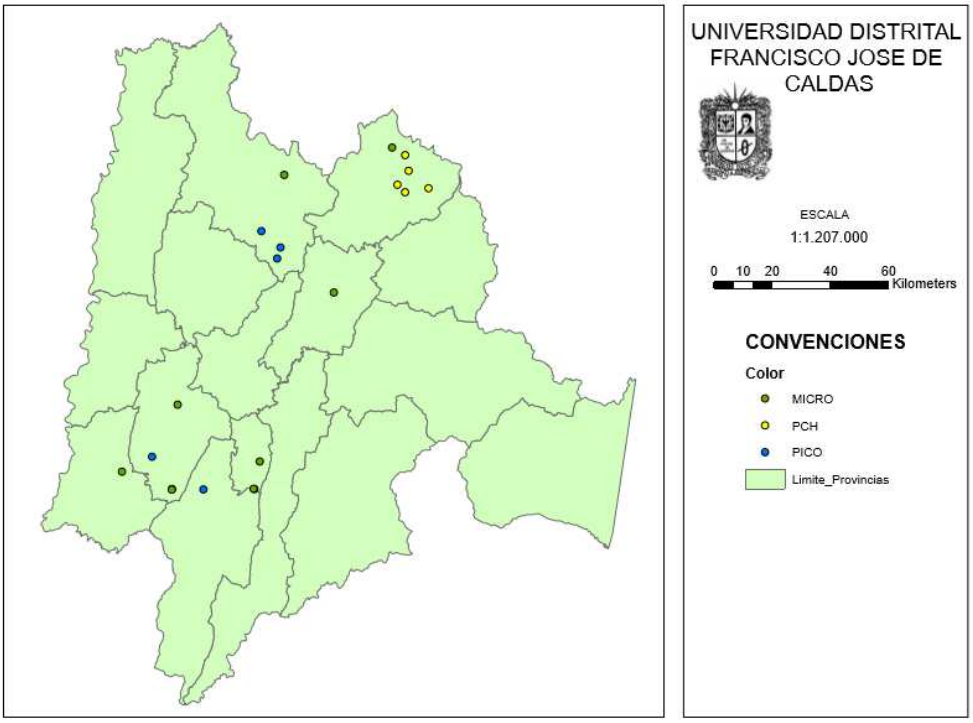


Figura 13. Mapa de aprovechamiento del recurso hidroenergético para cada uno de los tipos de pequeñas centrales en el departamento de Cundinamarca.

Con los potenciales calculados se evidencia la posible implementación de dieciocho (18) proyectos con pequeñas centrales en siete (7) de las quince (15) provincias del departamento. La potencia teórica de estos puntos puede aumentar siempre y cuando se optimice la caída y la longitud de conducción. Solamente en la provincia de Ubaté existen condiciones para el desarrollo de cinco (5) PCH's. En las demás provincias se pueden implementar microcentrales (7) y picocentrales (6).

6 CONCLUSIONES.

Después de aplicar los modelos de regresión polinómica a los datos que se encontraban sin registro, y así obteniendo una tendencia a lo largo de los cinco años de estudio, se encuentra que de las quince (15) provincias evaluadas sólo Alto Magdalena, Rionegro, Gualivá, Sábana centro, Sábana Occidente y Ubaté cuentan con un potencial hidroenergético considerable. De acuerdo con esto, los proyectos para la implementación de PCH´s se encuentren concentrados en su mayoría en estas provincias.

Las regresiones calculadas en las estaciones de medición a lo largo de la red de drenaje, se ven afectadas por la falta de registros en años completos. Por lo tanto, es necesario descartar cualquier información atípica que afecte el promedio de los caudales en la estación analizada. Sin embargo, con la estimación de curvas de duración de caudal, es posible realizar la aproximación del comportamiento dinámico en periodos de tiempo donde no se tiene información alguna. Este estudio se realiza con parámetros específicos de las cuencas aferentes al punto de medición y modelos matemáticos y de terreno SRTM 30 (Shuttle Radas Topography Mission). Dado el alcance del proyecto de grado no se utilizaron estas herramientas, pero se deja como precedente la importancia de las curvas como componente hidrológico base para el diseño de una central hidroeléctrica.

Mediante los procedimientos realizados en la determinación del recurso hidroenergético, caudales medios y caídas hidráulicas, se plantea una metodología del cálculo teórico de la potencia eléctrica sin pérdidas, en componentes físicos y mecánicos de las centrales, que permite conocer los sitios óptimos para el aprovechamiento hidroeléctrico en el departamento.

Al caracterizar las estaciones de medición de caudal en el departamento de Cundinamarca, se evidencia la presencia de dos agrupaciones hidrográficas. La primera, Magdalena - Cauca abarca el 73,33% de las provincias, con dos picos máximos de caudal en el año en los meses de mayo y noviembre. La segunda es Orinoco con el 26,66% restante de presencia en el departamento. Se destaca por tener un pico máximo en el año entre los meses de mayo a julio. Este agrupamiento se explica con base en variables hidroclimatológicas y topográficas.

Con ayuda del software de sistemas de información geográfica ArcGIS, se realizó la ubicación georreferenciada de dieciocho puntos donde teóricamente es posible la implementación de PCH´s para la obtención de energía eléctrica, exponiendo gráficamente el potencial hidroenergético de la región.

Finalmente se logró el objetivo general del proyecto ya que se cuantificó el potencial hidroenergético disponible en Cundinamarca evaluándose como alternativa en la generación hidroeléctrica de filo de agua.

Frente a las bondades del aprovechamiento a partir de PCH´s, es importante agregar que estos proyectos hidroenergéticos son financiados en su mayoría por entidades públicas departamentales y se caracterizan por tener un costo por kilovatio instalado elevado. Los costos de los equipos, que incluyen: importaciones, transporte al sitio, instalación y mantenimiento equivalen a un porcentaje alto del valor total del proyecto, por lo tanto es importante desarrollar políticas de inclusión de las PCH´s al mercado energético como fuentes de energía renovable, ya que como se evidenció en el presente trabajo, el recurso hidroeléctrico con implementaciones de menor escala pueden ser una alternativa para la generación energía limpia en el departamento de Cundinamarca.

7 BIBLIOGRAFÍA

CAR, C. (2016). Datos de estaciones hidrométricas en la red de drenaje en el departamento de Cundinamarca. Retrieved from https://sidcar.car.gov.co/Modulos/Buzon/RadicarPQR.aspx

Colciencias. (2008). MÁQUINAS REVERSIBLES APLICADAS A MICROCENTRALES HIDROELÉCTRICAS. *PROYECTO DE INVESTIGACIÓN*, (508).

Congreso de Colombia. (2014). Ley N° 1715 del 13 de mayo de 2014. *Upme*, (May), 26. http://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2

Corpoema, & CREG. (2012). PEQUEÑAS CENTRALES HIDRÁULICAS-PCH. In *Determinación de inversiones y gastos de administración, operación y mantenimiento para la actividad de generación en Zonas No Interconectadas utilizando recursos renovables* (CREG, p. 301). Bogotá.

CORPOGUAVIO. (2016). Datos de estaciones hidrométricas en la red de drenaje en las provincias de Medina y Guavio en el departamento de Cundinamarca. Retrieved from http://www.corpoguavio.gov.co/radicarPqrd

Corporinoquia. (2016). Datos de estaciones hidrométricas en la red de drenaje en la provincia De Oriente en el departamento de Cundinamarca. Retrieved from http://www.corporinoquia.gov.co/index.php/pages/pqrs.html

CREG. (2017). Obligación de Energía Firme · OEF . Retrieved from http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/obligacion_energia_firme/obligacion_energia_firme.htm

Endesa. (2010). Los generadores eléctricos. Retrieved from http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/v.-funcionamento-basico-de-generadores

European Small Hydropower Association - ESHA. (2006). *Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica*. Retrieved from http://www.cnr.gob.cl/Home/DocumentacinComplementaria/GUIA_Layman_ESHA_PCH.pdf

Gallardo San Salvador, J. Á. (1994). Métodos jeráquicos de análisis de cluster. In *Métodos Jerárquicos de Análisis Multivariante* (pp. 1–26). Retrieved from http://www.ugr.es/~gallardo/pdf/cluster-3.pdf

García, M., Sánchez, F. D., Marín, R., Guzmán, H., Verdugo, N., Dominguez, E., … Cortés, G. (1998). El agua. In *El medio ambiente en Colombia* (pp. 35–189).

González, W. (2014). Regulador electrónico para micro turbina. *Regulador Electrónico Para Micro Turbina*, 6. Retrieved from http://www.electrosector.com/

IDAE. (2017). ¿Qué son las “energías renovables”?Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Retrieved from http://www.idae.es

IDEAM. (2014). Estudio Nacional del Agua. In *Estudio Nacional del Agua 2014* (p. 496 páginas). Bogotá. Retrieved from

http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf

IDEAM. (2015). Estudio Nacional Del Agua 2014, Cuadros. In *Estudio Nacional del Agua 2014* (p. 496).

IDEAM. (2016). Datos de estaciones hidrométricas en la red de drenaje base de datos del IDEAM en el departamento de Cundinamarca. Retrieved from http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion

IDEAM, & Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT. (2007). OBSERVACIÓN Y MEDICIÓN EN AGUAS SUPERFICIALES DE NIVELES, CAUDALES Y SEDIMENTOS. In *Protocolo Para El Monitoreo Y Seguimiento Del Agua* (p. 162). Bogotá.

IGAC. (2010). ESTUDIO GENERAL DE SUELOS Y ZONIFICACIÓN DE TIERRAS DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA. In *ESTUDIO GENERAL DE SUELOS Y ZONIFICACIÓN DE TIERRAS DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA*. (p. 258).

IGAC. (2015). *Base cartográfica de publicación escala 1:100.000 grupos y objetos de la cartografía básica de publicación*. Bogotá. Retrieved from ftp://cartografialibre.igac.gov.co/

Izquierdo, S., & Madro, S. M. (2014). ECOLOGICAL FLOW REGIMEN , MANAGEMENT TOOL. *Ecol, Gimen D E Caudal Gesti, Herramienta D E Conservar, Para Biota, L A*, 77–94. Retrieved from http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v23n2/v23n2a05.pdf

Mesa Sánchez, O. J., Vélez Upegui, J. I., Giraldo Osorio, J. D., & Quevedo Tejada, D. I. (2003). Aplicación En La Estimación De Caudales Máximos Regionalization of Basin ´ S Average Characteristic Applied for Maximum Discharges Estimation. *Meteorología Colombiana. Edi. 7*, 141–147.

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Retrieved from http://faolex.fao.org/docs/pdf/col146504.pdf

Ministerio de Minas y Energía, & Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas. (1997). Guía de diseño para pequeñas centrales hidroeléctricas. Retrieved from http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/energias_alternativas/potencialidades/GUIA DE DISENO PARA PEQUENAS CENTRALES.pdf

Morales, S., Corredor, L., Paba, J., & Pacheco, L. (2014). Stages in the development of a small hydropower project: context and implementation basic criteria. *DYNA; Vol. 81, Nm. 184 (2014); 178-185*, *81*(2014), 1–7. http://doi.org/10.15446/dyna.v81n184.39757

Ortíz Florez, R. (2006). Método para la evaluación de los recursos hidroenergéticos en pequeña escala. Small-scale hydro-energetic resources assessment method. *Universidad Del Valle*, *15*(1), 15–20.

Ortíz Florez, R. (2011). *Pequeñas Centrales Hidroeléctricas*. *Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCHs), Bogotá: Ediciones de la U 2011* (Primera, Vol. 1). Bogotá. Retrieved from http://bibliotecavirtual.ups.edu.ec:2051/lib/bibliotecaupssp/detail.action?docID=10560357

Sánchez San Ramon, J. (2013). Curvas de caudales clasificados, (Ccc), 1–4. Retrieved from

http://hidrologia.usal.es/Complementos/Curvas_de_Q_clasificados.pdf

Suarez García, J. C. (2015). Materia “ Pequeñas centrales hidroeléctricas , PCH ’ s ” Universidad Distrital Francisco José de Caldas. *Pequeñas Centrales Hidroeléctricas , PCH ’ S*.

Torres Gallardo, A. del P., & Peñaranda Gómez, G. A. (2006). *REGIONALIZACION DE CAUDALES MINIMOS POR METODOS ESTADISTICOS DE LA CUENCA MAGDALENA CAUCA*. UNIVERSIDAD DE LA SALLE FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA AREA DE HIDROLOGÍA.

Twenergy. (2012). ¿Qué es la “ Energía hidroeléctrica .” Retrieved from https://twenergy.com/a/que-es-la-energia-hidraulica-426

Unidad, F., & Energ, M. (2014). Planes De Energización Rural Sostenible – Pers- La Energía : Un Medio Para El Desarrollo Productivo Rural.

Universidad Autonoma de Madrid - UAM. (2014). Análisis Cluster Idea Conceptual Básica : Definición : In *INFORMÁTICA APLICADA AL ANÁLISIS ECONÓMICO - FONDO SOCIAL EUROPEO* (p. 1–15Conceptual, I., Tener, C., Desde, C., Princi). Retrieved from https://www.uam.es/personal_pdi/economicas/rmc/documentos/cluster.PDF

Upme. (2005). Costos Indicativos de Generación Electrica en Colombia. *Energy*, 416.

Upme. (2015). *Atlas potencial Hidroenergético de Colombia*. *Atlas de potencial hidroenérgetico de Colombia*. Bogotá. Retrieved from http://www.upme.gov.co/Atlas_Hidroenergetico/Atlas_p1-24.pdf

Upme. (2017). ¿Que son los PLANES DE ENERGIZACIÓN RURAL SOSTENIBLE – PERS? ¿Para qué sirven los PLANES DE ENERGIZACIÓN RURAL SOSTENIBLE – PERS? Retrieved from http://www.upme.gov.co/zni/

ANEXO 1. ESTACIONES DE MEDICIÓN HIDROMÉTRICAS ANALIZADAS EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.

Tabla XII. Características principales de las estación de medición hidrométricas analizadas en el departamento de Cundinamarca.

MUNICIPIO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ESTACIONES DE MEDICIÓN							
	Código	Estación	Tipo	x	y	Altura	Cuenca	Corriente
Anapoima	2120929	El triunfo	LM	956783,2	992828,5	620	R. Calandaima	Qda campos
	2120914	Caraolí	LM	948087,6	989147,9	496	R. Calandaima	Qda campos
	2120991	Pte Lutaima	LM	948310,5	999591,6	579	R Bogotá	R. Apulo
Apulo	2120881	Pte Apulo	LM	943310,8	991301,4	426	R Apulo	R. Apulo
Arbeláez	2119727	Pte Arbeláez	LM	965866,6	969202,9	1527	R. Cuja	R. Cuja
	2119732	Pte los Rios	LM	963521,8	966347,4	1215	R. Cuja	R. Guavio
Cabrera	2119730	Pte la Panela	LM	960019,4	929151,5	2059	R. Negro	Q. La panela
Cachipay	2120930	Cartagena	LM	962742,4	1012054,1	1522	R Apulo	R Apulo
	2120885	Peña negra	LM	955130,2	1012365,5	980	R Bogotá	R. Curi
Caparrapí	2306715	Zusne	LM	953796,3	1083816,7	2315	R. Negro	Qda zusne
Carmen de Carupa	2401798	El hato	LG	1018303,6	1075197,9	2881	R. Ubaté	R. Hato
	2401780	Corralejas	LM	1019592,0	1078595,4	2850	R. Ubaté	Qda el molino
	2401756	Hda el hato	LM	1035109,1	1079846,6	2891	R. Ubaté	R. Hato
	2401710	Descarga el hato	LM	1019561,3	1078318,9	2842	R. Ubaté	Rio Hato
	2401802	Torca	LM	1019958,1	1089331,7	2979	R. Suarez	R. San jose
	2401722	San Agustín	LM	1021526,7	1094001,1	2970	Rio Simijaca	R. Nutrias
	2401755	La Malilla	LM	1020668,7	1080546,9	2850	R. Ubaté	R. Carupa
Chía	2120742	La Balsa	LM	1000834,4	1024637,8	2563	R. Bogotá	R. Bogotá
	2120960	Pte Cacique	LM	1001420,0	1028630,8	2582	R. Bogotá	R. Frío
Chocontá	2120917	Pte Chocontá	LM	1045097,0	1061236,9	2647	R. Bogotá	Qda el Tejar
	2120719	Saucio Pte Baraya	LG	1041557,9	1056412,2	2632	R. Bogotá	R. Bogotá
	2120868	Santa Martha	LM	1042054,6	1049470,4	2699	Emb Sisga	Q. Granadillo
	2120870	La Iberia	LG	1039560,1	1048455,4	2692	Emb Sisga	R. San Francisco
	2120744	Embalse Sisga	LM	1038921,4	1054281,2	2670	R, Bogotá	Emb sisga
Cogua	2120962	Rodamental	LM	1010573,7	1049951,1	2665	R susagua	Qda los chismes
	2120935	El Manzano	LM	1009896,0	1050442,5	2668	R susagua	R. Susagua
	2120733	Acequia la Quinta	LM	1015809,5	1053146,4	2602	R neusa	Rio neusa
	2120732	Pte Carretera	LM	1016268,2	1043746,0	2603	R neusa	R neusa
	2120728	Acequia el Molino	LM	1016364,3	1051733,6	2580	R neusa	R. Neusa
	2120783	Canaleta Parshall	LM	1012482,2	1058981,9	294	Emb neusa	R. Neusa
	2120739	Embalse Neusa	LM	1012733,7	1059453,4	2977	Emb. Neusa	Emb. Neusa
Cota	2120866	Chicú el Bogotá	LM	995040,8	1017051,0	2565	R bogotá	Canal achuri

MUNICIPIO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ESTACIONES DE MEDICIÓN							
	Código	Estación	Tipo	x	y	Altura	Cuenca	Corriente
	2120973	Pte la virgen-CAR	LM	997752,1	1023807,4	2265	R. Bogotá	R bogotá
El Colegio	2120938	Antes Acueducto Mesitas	LM	961161,8	996112,3	1500	R Bogotá	Qda santa Martha
	2120969	Desp Acueducto Mesitas	LM	960483,6	995959,0	1500	R Bogotá	Qda santa Martha
	2120970	Escuela Antioquia	LM	965478,7	997984,4	1590	R. Bogotá	Qda antioquia
	2120928	La victoria	LM	963657,7	993101,3	1840	R Bogotá	Qda campos
	2120974	Torres	LM	965478,7	997984,4	1590	R Bogotá	Qda antioqueñita
	2120901	San Pabluna	LM	961929,6	989446,9	1522	R. Calandaima	Qda san Pabluna
El Rosal1	2120845	El Bosque	LM	983825,6	1025438,6	2590	R Bogotá	R. Subachoque
Facatativa	2120912	Tribuna la	LG	963613,7	1028732,9	2722	R Bogotá	R. Andes
	2120756	El Recreo	LM	972022,8	1022124,9	2600	R Bogotá	R. Bojacá
	2120972	Pte Brasilia	LM	968356,9	1024368,8	2627	R. Bogotá	Qda Mancilla
	2120984	Hacienda la Virginia	LM	966170,6	1027595,1	2640	R. Bogotá	R. Andes
	2120964	Rebose Gatillo	LM	968726,4	1023723,6	2611	R Bogotá	R Bojacá
	2120795	Altamira	LM	969467,0	1026180,6	2597	R Bogotá	Qda el vino
	2120965	Hacienda Grande	LM	967433,3	1026242,9	2616	R. Bogotá	Pava
Fúquene	2401721	Chalet Norte	LM	1034118,1	1095419,6	2564	Lag de Fúquene	Lag de Fúquene
	2401781	Chinzaque	LM	1034657,4	1092150,8	2571	Lag. Fúquene	R. Fúquene
	2401725	El Cubio	LM	1039016,2	1086022,2	2566	R ubate	R. Ubaté
	2401729	Pte colorado	LM	1035879,3	1086777,0	2575	R ubate	R. Ubaté
Funza	2120714	Pte Cundimarca	LM	989338,9	1011522,9	2554	R bogotá	R. Bogotá
Fusagasuga	2119726	Pte la Aguadita	LM	973269,7	976879,2	1900	R. Subía	R. Barroblanco
	2119735	Pte san Vicente	LM	968640,2	965485,1	1778	R. Batán	R. Batan
Gachancipá	2120767	Pte Florencia	LG	1025575,0	1048971,6	2580	R Bogotá	R Bogotá
Guachetá	2401793	Fúquene Ticha María	LM	1039413,5	1091213,7	2567	Lag. Fúquene	Qda Honda
Girardot	2120920	La campiña	LM	920903,4	967545,6	270	R magdalena	R bogotá
Guaduas	2306716	Pte Granada	LM	946812,2	1050616,1	1530	R. Guaduero	R. San francisco
	2306737	Pte Guaduero	LM	941971,7	1053154,2	992	R negro	R. Guaduero
La Calera	2120872	Pte la Calera	LM	1013531,1	1013980,0	2690	R teusaca	R. Teusaca
	2120989	Simayá	LM	1021840,3	1015361,4	2578	Qda simaya	Qda simaya
La Mesa	2120892	Manzanares	LM	952539,1	1008588,9	711	R Bogotá	R.curi
	2120985	Prosocial	LM	961108,5	1011102,7	1299	R Bogotá	Canal Prosocial
	2120916	La Esperanza	LM	961540,1	1011317,5	1341	R apulo	R. Apulo
	2120880	San Javier	LM	956698,8	1006835,5	784	R bogotá	R. Apulo
La Palma	2306733	Boc acueducto la Palma	LM	966479,8	1081228,8	1152	R negro	Qda los tiestos
	2306730	Murca	LM	967618,1	1079538,8	1089	R negro	Qda aguasal

MUNICIPIO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ESTACIONES DE MEDICIÓN							
	Código	Estación	Tipo	x	y	Altura	Cuenca	Corriente
	2306736	Pto Leticia	LM	969652,6	1077924,9	1042	R negro	R. Murca
Lenguazaque	2401723	El boquerón	LM	1042666,1	1080817,2	2592	R. Lenguazaque	R. Lenguazaque
	2401706	El triangulo	LM	1051183,1	1078135,6	2879	R. Lenguazaque	R. Tibita
	2401804	La esperanza	LM	1047182,2	1074999,6	2807	R. Lenguazaque	R. Tibita
	2401714	Tapias	LM	1040560,7	1076961,4	2611	R. Lenguazaque	R. Lenguazaque
Machetá	3507701	Agua Blanca	LG	1054516,4	1052617,3	1945	R. Machetá	Q. Agua Blanca
	3507702	Gaviotas	LG	1055328,6	1052612,3	1902	R. Machetá	R. Machetá
	3507703	Guatanfur	LM	1053511,7	1052150,1	1882	R. Machetá	R. Machetá
	3507704	El Molino	LM	1050457,3	1053471,3	2043	R. Machetá	Qda el molino
	2120799	Santo Domingo	LM	1020848,2	1028759,7	2678	R siecha	Qda chipata
Mosquera	2120861	Herrera 1	LM	980400,8	1009313,3	2558	R Bogotá	R. Bojacá
	2120971	Herrera 2	LM	980400,8	1009313,3	2556	R Bogotá	R. Bojacá
Nemocón	2120875	Pte Checua	LG	1023226,5	1058928,1	2615	R checua	R. Chécua
Nilo	2119751	Pte Cucharo	LM	939939,5	968839,9	356	R Sumapaz	R. Paguey
	2120988	Pueblo Nuevo	LM	948724,1	972375,9	813	R Sumapaz	R. Paguey
	2119714	Pajas Blancas	LM	946874,5	973114,3	760	R Sumapaz	Qda ojo de Agua
Nimaima	2306732	Paso del Rejo Tigre	LM	963678,7	1057783,2	706	R negro	Qda el tigre
	2306728	Paso del rejo negro	LM	963880,9	1057823,7	716	R negro	R. Negro
Nocaima	2306711	Pte Naranjal	LM	965817,4	1049867,1	844	R negro	R. Tabacal
Pacho	2306717	La Cabrera	LM	994341,6	1057906,4	2234	R. Negro	Q. Suchín
	2306735	Pte Cucharal	LM	985411,6	1066139,9	1224	R negro	R negro
	2306729	La Ferrería	LM	991970,3	1060578,9	1684	R negro	R. Batán
	2306739	Pte Arco	LM	990830,3	1056770,3	1960	R negro	R. Rute
Paime	2312709	Pte Caney	LM	993249,2	1085372,6	1030	R Negro	R Negro
Pandi	2119733	Pte Negro	LM	975982,8	961061,3	539	R. Negro	R. Negro
	2119728	Pte Caracol	LM	957718,2	954063,6	1646	R. Sumapaz	Q. Grande
Pasca	2119746	Aguasiso	LM	983012,9	977982,0	3278	R. Sumapaz	Qda honda
	2119724	Pasca 1	LM	974900,9	968278,0	2133	R. Cuja	R. Corrales
	2119729	Pte Caro	LM	977428,5	965082,7	2494	R. Cuja	Q. Juan viejo
	2119719	Costa Rica	LM	979247,0	961857,1	3034	R. Cuja	Q. Los salvios
	2119731	Pte los Pinos	LM	974129,3	966036,0	2414	R. Cuja	Q. El común
	2119736	Juan XXIII	LM	975642,8	974083,1	2419	R. Sumapaz	Q. Filadelfia
	2119720	Los Tanques	LM	974132,7	976018,8	2025	R. Sumapaz	Q. Honda
	2119754	Providencia	LM	973722,3	975982,8	2052	R. Blanco	R. Blanco
	2119747	El Cairo	LM	974101,9	976111,0	2017	R. Sumapaz	Q. Honda
	2119752	Bocatoma el Roble	LM	989486,0	968028,8	1812	R. Sumapaz	R. Cuja
	2119734	Pte Rojo	LM	972632,3	969015,1	1908	R. Cuja	R. Cuja

MUNICIPIO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ESTACIONES DE MEDICIÓN							
	Código	Estación	Tipo	x	y	Altura	Cuenca	Corriente
	2119723	Pasca	LM	975301,7	968001,5	2159	R. Cuja	R. El bosque
San Bernardo	2119718	Boc Pirineos	LM	961293,7	949761,5	1925	R. Negro	Q. Aguas claras
San Antonio del Tequendama	2120980	Monterrey	LM	970503,9	1000224,6	1517	R Bogotá	Qda los cristales
	2120976	Montañuela	LM	967297,7	998997,2	1250	R Bogotá	Qda los cristales
Sesquilé	2120863	Pte Sesquilé	LM	1030841,8	1050386,5	2598	R Bogotá	Canal achuri
	2120877	Cadillal	LG	1037524,1	1044304,8	2759	Emb sisga	R. San francisco
Sibaté	2120963	Villa Blanca	LM	960416,8	985301,0	2861	Emb. Muña	R. Muña
	2120994	El Límite	LM	982735,5	978074,2	3254	R. Sumapaz	Qda Honda
Silvania	2119753	Matadero	LM	965531,3	977850,2	2473	R. Sumapáz	Q. Yayata
Simijaca	2401730	Pte Guzmán	LM	1025649,7	1099316,5	2567	R. Simijaca	R. Simijaca
Soacha	2120715	Las Huertas	LM	981754,2	999207,3	2568	R. Bogotá	R Bogotá
	2120975	Hungría	LM	984864,9	987411,5	2874	R bogotá	Qda aguas claras
	2120755	Granja San Jorge	LM	987917,1	988731,7	2960	R. Soacha	R. Soacha
Sopo	2120878	El Vergel	LG	1014052,6	1029368,9	2575	R teusaca	R teusaca
	2120788	Pte Adobes	LM	1013158,7	1032010,4	2575	R teusaca	R teusaca
	2120734	Puente Vargas	LM	1008290,4	1035603,7	2572		R Bogotá
Subachoque	2120968	Guamal	LM	995356,9	1046295,5	2821	R Bogotá	Qda Angostura
	2120800	Puente Manrique	LM	989558,4	1034560,2	2633	R Bogotá	R. Subachoque
	2120758	La Muralla	LM	987770,5	1029369,4	2621	R Bogotá	R. Subachoque
	2120757	Acequia San Patricio	LM	987794,3	991864,7	2624	R Bogotá	R. Subachoque
	2120766	La Pradera	LM	994334,9	1044358,1	2735	R Bogotá	R. Subachoque
	2120983	El Potrero	LM	997368,9	1036601,2	2615	R bogotá	Rio chicú
Suesca	2401808	Pinos los - lag Suesca	LM	1032158,2	1066113,5	2877	La suesca	Lag. Suesca
	2120816	Santa Rosita	LM	1036452,5	1056071,5	2622	R. Bogotá	R Bogotá
	2120977	Puente cacicazgo	LM	1031217,4	1055438,6	2588	R. Bogotá	R. Bogotá
Susa	2401738	Pte Peralonso	LM	1030165,4	1094746,9	2570	Lag de Fúquene	R. Susa
Sutatausa	2401799	Pte Pedregal	LM	1022765,4	1070472,4	2829	R Suárez	Qda aguas claras
	2401716	El Pino	LM	1026151,7	1073391,5	2596	R suta	R. Suta
Tabio	2120879	Las Mercedes	LM	997846,1	1034007,0	2613	R chicu	R chicu
	2120923	Antes Acueducto Tabio	LM	996213,4	1037600,3	2650	R Bogotá	Qda tince
	2120735	Pte la Virginia	LM	1001420,0	1036156,4	2606	R Bogotá	R. Frío
	2120925	Pte Calamar	LM	1001266,0	1042053,9	2644	R Bogotá	R. Frío
Tausa	2120918	El Volador	LM	1008693,5	1062698,1	3095	Emb neusa	R. Cubillos
	2120876	Carrizal II	LM	1017038,9	1065433,3	2994	Emb neusa	R. Siguatoque
	2120867	Guanquica	LM	1015622,5	1064849,3	3015	Emb neusa	Qda guanquica

MUNICIPIO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ESTACIONES DE MEDICIÓN							
	Código	Estación	Tipo	x	y	Altura	Cuenca	Corriente
	2120869	Piscicultura	LM	1014729,5	1064296,3	3027	Emb neusa	Qda llano chiquito
	2120865	La Bolera	LM	1013651,7	1063374,6	3027	Emb neusa	Qda chapinero
Tena	2120898	Pedro Palo	LM	963820,9	1009382,1	2000	Lag. Pedro Palo	Lag. Pedro palo
Tocaima	2120882	Portillo	LM	941455,7	984114,9	389	R Bogotá	R. Bogotá
	2120891	El Silencio	LM	934606,5	980803,1	350	R Bogotá	Canal la salda
	2120890	Tocaima	LM	937601,8	983933,6	364	R Bogotá	Canal Chucundá
Tocancipá	2120793	El Espino	LG	1012109,6	1043897,6	2585	R. Bogotá	R Bogotá
	2120792	Pte Tocancipá	LM	1018240,5	1041257,1	2580	R Bogotá	R Bogotá
Ubaté	2401709	Esc Cartagena abajo	LM	1034647,4	1079539,2	2564	Lag. Cucunubá	Canal cucunubá
	2401801	Palacios	LM	1029537,3	1077386,0	2577	Lag palacios	R Suárez
	2401731	Pte Barcelona	LM	1031598,4	1081595,1	2600	R ubaté	R. Ubaté
	2401708	Cartagena arriba	LM	1034647,5	1079447,1	2562	Lag. Cucunubá	Canal cucunuba
	2401733	La balsa	LG	1035139,9	1079846,6	2573	R. Lenguazaque	R. Lenguazaque
	2401805	Pte cabuya	LM	1032553,6	1079906,2	2578	R. Ubaté	R. Sutatausa
	2401715	La boyera	LM	1025657,9	1077922,3	2600	R. Ubaté	R. Ubaté
	2401767	Captación i	LM	1028151,4	1078011,9	2552	R. Ubaté	R. Ubaté
	2401797	Captación II	LM	1032029,3	1082025,4	2569	R. Ubaté	R. Ubaté
Venecia	2119756	Boc Venecia	LM	952811,0	941299,6	1823	R. Sumapáz	Q. Grande
Villapinzón	2120712	El Triunfo	LM	1054483,7	1070335,7	2793	R. Bogotá	R. Bogotá
	2120815	Vilapinzón	LM	1054267,4	1068277,6	2731	R. Bogotá	R. Bogotá
Villeta	2306714	San Isidro	LM	952616,9	1049497,6	1124	R negro	R. Cune
	2306713	Salitre Blanco	LM	955034,4	1047139,3	982	R negro	R. Cune
	2306734	El Puente	LM	954687,4	1043297,9	835	R negro	R. Bituima
Viota	2120889	Pueblo de Piedra	LM	953697,3	987485,5	578	R Calandaima	R. Calandaima
	2120894	La Neptuna	LM	953018,7	986841,0	606	R. Calandaima	Qda Neptuna
	2120900	Pte Sáenz	LM	950949,7	981343,9	593	Q. San juan	Q. La Juana
	2120896	Viotá	LM	951042,9	982449,7	578	R. Calandaima	R lindo
	2120887	Pte Samper Madrid	LM	947895,6	989031,7	496	R Calandaima	R. Calandaima
	2120895	La Pola	LM	956036,8	981218,0	1100	R. Calandaima	R. Lindo
	2120903	Entre Rios	LM	955666,8	981279,6	1062	R. Calandaima	Qda ruisito
	2120897	La cascada	LM	959893,7	986990,6	1341	R. Calandaima	Qda Modelia
	2120886	Java	LM	962886,3	991443,0	1848	R. Calandaima	R. Calandaima
	2120893	Pte Brasil la Mona	LM	954740,0	978024,2	1166	R. Calandaima	Qda la mona
	2120932	Puerto Brasil Ruisito	LM	954709,1	977809,2	1189	R. Calandaima	R. Ruisito
Zipacón	2120933	Pte Ferrocaril	LM	967606,0	1017756,7	2422	R Apulo	R. Apulo

MUNICIPIO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ESTACIONES DE MEDICIÓN							
	Código	Estación	Tipo	x	y	Altura	Cuenca	Corriente
	2120934	Chircal	LM	965732,5	1013373,4	1971	R Apulo	R Apulo
Zipaquirá	2120966	Pozo Hondo	LM	1002411,1	1050902,7	2970	R. Frío	R. Frío
	2120959	Páramo de guerrero	LM	1003812,6	1057170,5	3248	R. Frío	Q. Guerrero
	2120939	Ave Colombiana	LM	1011771,6	1047675,3	2584	R susugua	Qda susagua
	2120987	Refisal	LM	1010239,9	1045171,2	2625	R Bogotá	R Bogotá
	2120768	Las lajas	LM	1012164,5	1045262,2	2586	R. Tibito	R Neusa
	2120785	El Molino	LM	1017134,6	1050351,5	2584	R Badillas	Qda Barandillas
	2120967	Paso Ancho	LM	1047232,5	1044896,6	2580	R. Bogotá	R Negro

ANEXO 2. ESTACIONES DE MEDICIÓN CLIMATOLÓGICA ANALIZADAS EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.

Tabla XIII. Características principales de las estaciones de medición climatológicas analizadas en el departamento de Cundinamarca.

MUNICIPIO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ESTACIONES DE MEDICIÓN							
	Código	Estación	Tipo	x	y	Altura	Cuenca	Corriente
Agua de Dios	2120637	Violetas Las	**CO**	932597,8	975613,5	415	R. Bogotá	R. Bogotá
Apulo	2120641	Esc Samper Madrid	**CP**	949534,6	986105,9	534	R. Calandaima	R. Calandaima
Bogotá	2120085	Bosque el Cisaca	PG	999785,6	985966,0	2880	R. Tunjuelo	R. Tunjuelo
	2120630	Doña Juana	CP	993743,5	989160,9	2861	R. Tunjuelo	R. Tunjuelo
	2120559	Apto Guaimaral-USTA	CP	1003053,1	1021228,2	2573	R. Bogotá	R. Bogotá
Bojacá	2120075	Bojacá	PM	971002,9	1014661,2	2596	R. Bojacá	R. Bojacá
Cachipay	2120180	San Gregorio	PG	953648,4	1008281,1	954	R. Curi	R. Curi
Cajicá	2120159	Alco	PG	1008105,2	1040794,8	2593	R. Bogotá	R. Bogotá
Carmen de Carupa	2401534	Represa el Hato	CO	1019407,4	1078349,6	2850	R. Suárez	R. El Hato
	2401002	Carupa Hospital	PG	1020236,9	1082881,2	2799	R. Ubaté	R. Carupa
	2401057	Hato 6	PM	1014451,4	1069088,0	3274	R. El Hato	R. El Hato
Chocontá	2120027	Saucio	PG	1041557,9	1056381,4	2640	R. Bogotá	R. Bogotá
	2120659	Represa Sisga	CO	1038910,4	1053677,0	2680	Emb. Sisga	Emb. Sisga
	2120548	Iberia La	CP	1039560,1	1048455,4	2724	Emb. Sisga	Emb. Sisga
Cogua	2120213	Cedral El	PM	1009588,0	1050381,0	2668	R. Neusa	R. Susagua
	2401537	Represa Neusa	CO	1012204,9	1059627,0	3019	R. Neusa	R. Neusa
Cucunubá	2401110	Isla del Santuario	CO	1037996,2	1097001,5	2595	Lag. Fúquene	Lag. Fúquene
	2120168	Alto de Aire	PG	1029018,5	1065652,1	2577	R. Checua	R. Checua
El Colegio	2120646	Mesitas	CP	960269,3	997772,0	1069	R. Bogotá	
	2120177	Anclaje 14	PG	961872,9	999368,4	947	R. Bogotá	R. Bogotá
	2120182	Peñas Blancas	PG	966988,2	996079,4	2108	R. Bogotá	R. Bogotá
	2120183	Dario Valencia	PM	960609,4	999952,7	728	R. Bogotá	R. Bogotá
El Rosal	2120055	Unión La	PM	981057,7	1030707,6	2648	R. Subachoque	R. Subachoque
	2120069	Tesoro	PM	973748,4	1022247,2	2593	R Bojacá	R Bojacá
	2120071	Margaritas Las	PM	981237,4	1025838,6	2593	R. Subachoque	R. Subachoque
Facatativa	2120629	Venecia	CP	964660,6	1027135,1	2690	R. Bojacá	R. Andes
	2120185	Tribuna La	PG	963429,3	1029562,3	2778	R. Bojacá	R. Los andes
	2120174	Manjui	PM	965890,8	1022496,2	3220	R. Bojacá	R. Bojacá

MUNICIPIO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ESTACIONES DE MEDICIÓN							
	Código	Estación	Tipo	x	y	Altura	Cuenca	Corriente
Fúquene	2401036	Monserrate	PM	1031553,0	1088168,3	2932	Lag. Fúquene	Lag. Fúquene
Funza	2120516	Ramada la	CP	989338,9	1011522,9	2538	R. Bogotá	R. Bogotá
Fusagasuga	2119514	Universidad Fusagasugá UDEC	CP	967903,3	973103,1	1712	R. Subia	R. Subia
Guacheta	2401038	Puente El	PG	1045543,9	1084782,5	2881	R.lenguazaque	R. Tibirita
Guaduas	2306517	Guaduas	CP	942684,5	1050619,4	1052	R. Negro	R. Guaduero
Guatavita	2120195	Montecillos	PG	1028501,4	1034840,2	2793	R. Aves	R. Aves
	2120077	Torca	PM	1003114,7	1013825,5	2572	R. Bogotá	R. Bogotá
La Calera	2120103	Santa Teresa	PG	1016612,5	1016222,7	2992	R. Teusaca	R. Teusaca
	2120112	Casita La	PM	1001142,3	1004119,2	3094	R. Teusaca	R. Teusaca
La Mesa	2120639	Mesa La	CP	955525,3	1002842,9	1194	R. Apulo	R. Apulo
	2120647	Esperanza La	CP	961139,7	1011870,6	1380	R. Apulo	R. Apulo
La Palma	2306039	Tiestos los	PM	963740,8	1083718,3	1664	R. Negro	Q. Los tiestos
La Vega	2306516	Acomodo El	CP	974656,5	1046300,1	1384	R. Negro	R. Tabacal
Lenguazaque	2401033	Espino El	PG	1039767,1	1080712,8	2370	R.lenguazaque	R. Lenguazaque
	2401039	Triangulo El	PM	1051183,1	1078135,6	2879	R. Lenguazaque	R. Lenguazaque
Madrid	2120173	Campobello	PM	976088,6	1016993,8	2561	R. Bojacá	R. Bojacá
Nemocón	2120141	Acandy	PM	1020091,4	1051365,8	2594	R. Checua	R. Checua
	2120540	Checua	CP	1024340,2	1057295,3	2610	R. Checua	R. Checua
Nilo	2119022	Pajas Blancas	PM	947151,9	972929,8	755	R.paguey	Qda. Ojo de Agua
Pacho	2306507	Inst. Agríc. Esc. Vocacional	CP	994680,7	1061899,4	1932	R. Negro	R. Patasía
	2306308	Negrette	PM	991908,0	1055050,0	2318	R. Negro	R. Rute
Pasca	2119047	Hacienda la Mesa	PM	974391,6	966850,9	2500	R. Cuja	Qda. El Hoyo
	2119046	Batán El	PM	973949,6	963063,1	2699	R. Batán	R. Batán
Pulí	2123502	El Placer	CP	929391,0	1008331,2	1345	R. Magdalena	Qda. Seca
Quebradanegra	2306033	Agua Fría	PM	956641,4	1055432,0	1319	R. Tobia	Qda. Charcón
Quipile	2120179	Argentina	PG	950664,9	1017590,3	1150	R. Apulo	R. Curi
Ricaurte	2120644	Argelia	CP	925534,6	973408,3	311	R. Bogotá	R. Bogotá
Sesquilé	2120133	Okal El	PG	1039447,2	1044290,0	2853	Emb. Sisga	R. San Francisco
	2120096	Consuelo El	PM	1033273,3	1043320,0	2934	Emb. Tominé	Emb. Tominé
	2120187	Bombas Sesquilé	PM	1030071,6	1050816,3	2600	Emb. Tominé	Emb. Tominé
Sibaté	2120634	Paraíso Perdido	CO	976695,8	988795,8	2756	Emb. Muña	Emb. Muña
	2120057	Sibaté Apostólica	PG	982289,5	989439,9	2612	Emb. Muña	Emb. Muña
Simijaca	2401513	Simijaca	CP	1024694,9	1100974,9	2602	R. Simijaca	R. Simijaca

MUNICIPIO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ESTACIONES DE MEDICIÓN							
	Código	Estación	Tipo	x	y	Altura	Cuenca	Corriente
Soacha	2120166	Fute	PM	977716,5	999853,4	2604	R. Bogotá	R. Bogotá
	2120661	Boquemonte	CP	975613,7	1001050,5	2641	R. Bogotá	R. Soacha
Sopo	2120134	Parque Sopó	PG	1010970,6	1037354,9	2576	R. Teusaca	R. Teusaca
Subachoque	2120557	Primavera La	CP	986594,1	1028448,7	2609	R. Subachoque	R. Subachoque
	2120691	Planadas	CP	996835,9	1050933,5	3365	R. Subachoque	R. Subachoque
	2120044	Pradera La	PG	993909,1	1045374,0	2785	R. Subachoque	R. Subachoque
Suesca	2120095	Barrancas	PG	1029604,7	1062887,7	2903	R. Checua	R. Chécua
	2401030	Hatillo El	PM	1032130,4	1062151,6	2923	Lag. Suesca	Lag. Suesca
	2401116	Los Pinos	PM	1033330,0	1065623,1	2889	Lag. Suesca	Lag. Suesca
	2401515	Carrizal	CP	1034746,0	1066913,9	2879	Lag. Suesca	Lag. Suesca
Susa	2401044	Tres Esquinas	PM	1024761,4	1086998,7	3164	R. Susa	R. Susa
Sutatausa	2401027	Pino El	PG	1026028,5	1073360,8	2596	R. Suta	R. Sutatausa
	2401049	Pedregal El	PM	1022581,3	1068629,3	2917	R. Suta	Q. Aguasal
Tabio	2120188	Villa Paula	PG	996983,6	1035296,5	2750	R. Chicú	R. Tince
	2120176	Santa Isabel	PM	1001358,4	1042883,3	2730	R. Frío	R. Frío
Tausa	2120138	Encanto El	PG	1020981,2	1063990,6	3173	R. Suta	Qda. Aguasal
	2120169	Ladera Grande	PG	1025416,2	1063439,1	2583	R. Checua	R. Checua
	2120088	Salitre El	PG	1008539,4	1064203,3	3155	Emb. Neusa	R. Neusa.
	2120193	Guanquica	PM	1017192,9	1065433,3	3000	Emb. Neusa	Qda. Guanquica
Tena	2120178	Pedro Palo	PG	963235,2	1008983,0	2050	R. Bogotá	Lag. Pedro Palo
Tenjo	2120136	Santa Inés	PM	993284,9	1022948,9	2583	R. Chicú	R. Chicú
Tocaima	2120640	Victoria La	CO	941394,9	985343,7	389	R. Bogotá	R. Bogotá
Ubaté	2401519	Novilleros	CP	1032768,5	1081472,8	2567	R. Ubaté	R. Ubaté
	2401511	Boyera La	CO	1025319,2	1077891,4	2645	R. Ubaté	R. Ubaté
Utica	2306040	Alto de la Rana	PM	953393,7	1052693,3	1670	Qda. La negra	
Villapinzón	2120043	Villapinzón	PG	1053806,3	1067386,4	2723	R. Bogotá	R. Bogotá
	2120632	Fortuna La	CP	1054727,9	1073192,7	2798	R. Bogotá	R. Bogotá
Villeta	2306034	San Isidro	PM	952906,8	1049497,7	1136	R. Negro	R. Cune
Viota	2120184	Laguna del indio	PM	958101,4	979189,6	1681	R. Calandaima	R. Calandaima
	2120215	América	PM	957826,2	983367,2	1378	R. Bogotá	Qda. América
	2120190	Col Francisco José de Caldas	CO	950642,2	982726,4	574	R. Calandaima	R. Calandaima

MUNICIPIO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ESTACIONES DE MEDICIÓN							
	Código	Estación	Tipo	x	y	Altura	Cuenca	Corriente
Zipacón	2120652	Paloquemao	PM	963883,9	1014480,1	2181	R. Apulo	R. Apulo
Zipaquirá	2120074	Zipaquirá	PG	1009095,5	1047032,8	2625	R. Negro	R. Negro
	2120214	Páramo de Guerrero	PM	1003981,7	1056961,3	3250	R. Frío	R. Frío

ANEXO 3. RESULTADOS FINALES DE LA EVALUACIÓN DE CAUDALES PROMEDIOS MEDIOS ANUALES EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.

1 Provincia de Almeidas.

Tabla XIV. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Almeidas.

PROVINCIA DE ALMEIDAS CAUDAL PROMEDIO MEDIO ANUAL (m^3/s)													
Municipio	**Código**	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Villapinzón	2120815	0,25	0,26	0,45	1,11	1,08	0,81	0,93	0,73	0,49	0,73	1,23	0,69
Suesca	2120816	3,66	3,65	3,68	4,15	4,40	5,94	5,90	6,46	4,79	3,82	4,29	4,11
	2120977	3,93	3,98	4,17	6,28	5,19	6,27	6,82	6,25	6,24	5,28	6,21	5,22
Chocontá	2120917	0,36	0,13	0,19	0,60	0,63	1,07	1,23	0,95	0,54	0,47	0,59	0,39
	2120719	0,66	0,69	1,01	3,28	2,91	3,80	3,94	2,91	1,55	1,76	2,56	1,51
	2120868	0,04	0,06	0,05	0,42	0,62	0,75	0,83	0,53	0,32	0,25	0,22	0,16
	2120870	0,16	0,15	0,48	2,07	2,37	3,38	3,91	2,38	1,50	1,48	1,73	0,87
Machetá	2120799	0,05	0,11	0,20	0,68	0,62	1,87	1,73	0,84	0,56	0,21	0,32	0,15
Sesquilé	2120877	0,11	0,13	0,23	0,69	0,94	1,60	1,45	1,07	0,57	0,66	0,79	0,46
PROMEDIO MENSUAL ANUAL (m^3/s)	**COMPLETO**	1,03	1,02	1,16	2,14	2,08	2,83	2,97	2,46	1,84	1,63	1,99	1,51
	FILTRADO	1,15	1,14	1,30	2,36	2,27	3,09	3,24	2,70	2,03	1,80	2,22	1,68
CAUDAL Q95 (m^3/s)		1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56

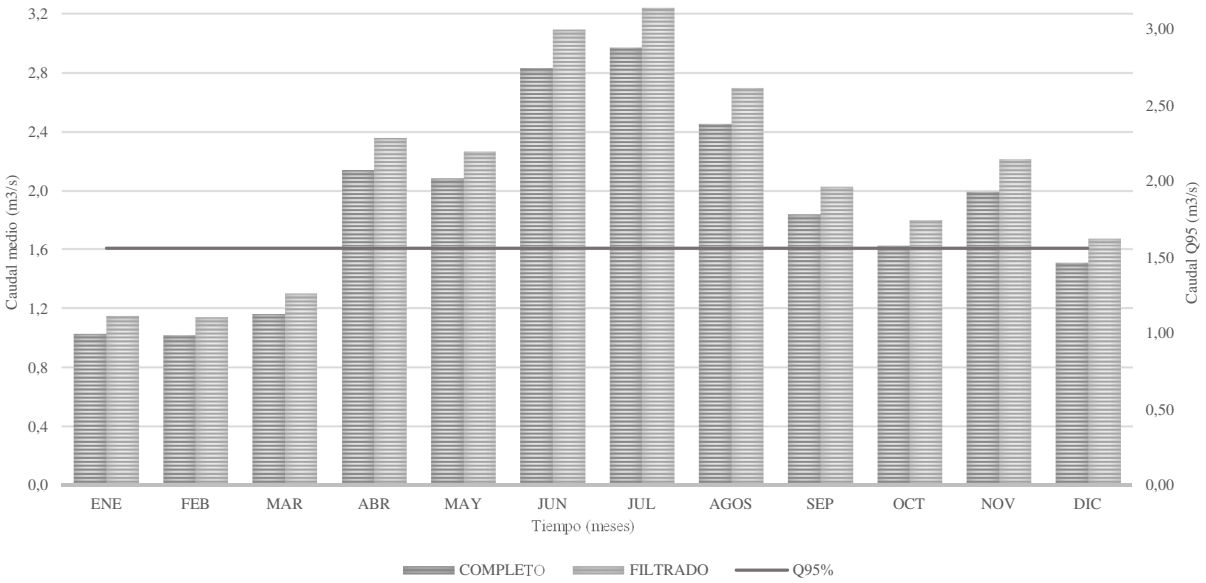


Figura 14. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Almeidas

2 Provincia de Alto Magdalena.

Tabla XV. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Alto Magdalena.

PROVINCIA DE ALTO MAGDALENA CAUDAL PROMEDIO MEDIO ANUAL (m^3/s)													
Municipio	**Código**	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Girardot	2120920	45,2	51,2	61,5	107,9	106,8	70,1	64,6	46,8	39,1	57,0	115,5	104,9
Tocaima	2120882	47,7	56,5	54,0	57,6	61,3	48,4	50,7	44,4	41,7	51,3	61,3	56,1
	2120891	5,1	5,0	5,0	5,1	5,0	5,1	5,2	5,0	4,9	5,2	5,4	5,3
	2120890	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,5	0,7
Nilo	2119751	1,0	1,1	0,9	1,7	1,5	1,0	0,5	0,4	0,2	0,8	1,8	1,4
	2119714	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
PROMEDIO MENSUAL ANUAL (m3/s)	**COMPLETO**	16,6	19,1	20,3	28,8	29,2	20,9	20,3	16,2	14,4	19,1	30,8	28,1
	FILTRADO	24,7	28,5	30,4	43,1	43,6	31,2	30,3	24,2	21,5	28,6	46,0	41,9
CAUDAL Q95 (m^3/s)		22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0

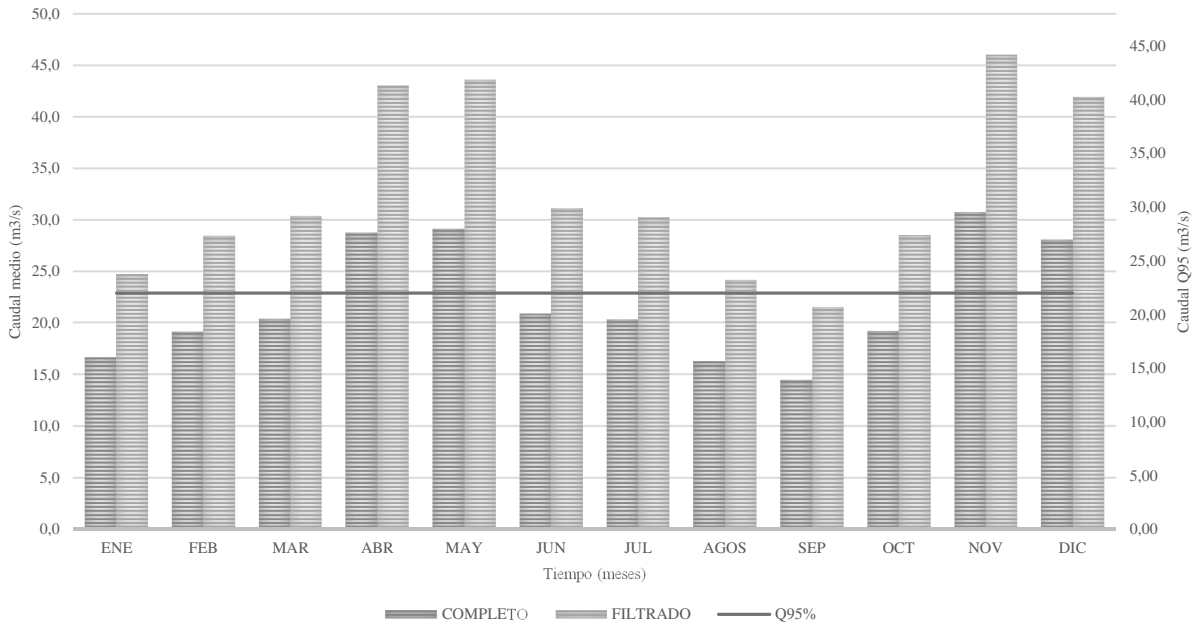


Figura 15. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Alto Magdalena.

3 Provincia de Bajo Magdalena.

Tabla XVI. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Bajo Magdalena.

PROVINCIA DE BAJO MAGDALENA CAUDAL PROMEDIO MEDIO ANUAL (m^3/s)													
Municipio	**Código**	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Caparrapí	2306715	0,24	0,21	0,17	0,25	0,20	0,18	0,16	0,38	0,18	0,19	0,34	0,24
Guaduas	2306716	0,71	0,69	0,81	0,98	0,91	0,66	0,48	0,67	0,73	0,79	1,19	0,98
PROMEDIO MENSUAL ANUAL (m3/s)	**COMPLETO**	0,47	0,45	0,49	0,62	0,56	0,42	0,32	0,52	0,45	0,49	0,77	0,61
	FILTRADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAUDAL Q95 (m^3/s)		0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,410	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41

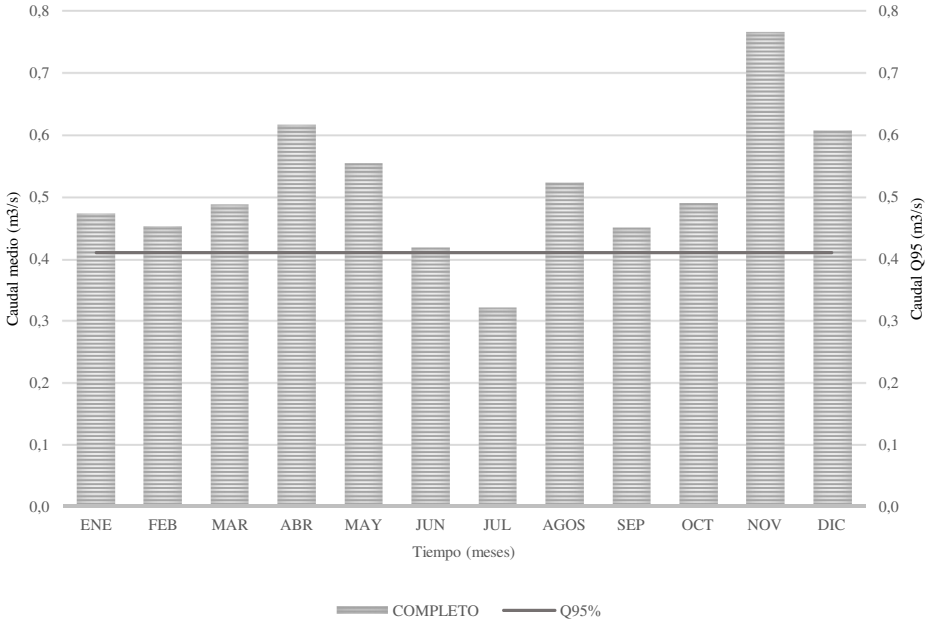


Figura 16. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Bajo Magdalena.

4 Provincia de Gualivá.

Tabla XVII. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Gualivá.

PROVINCIA DE GUALIVÁ CAUDAL PROMEDIO MEDIO ANUAL (m^3/s)													
Municipio	**Código**	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Nimaima	2306732	2,13	1,39	3,10	3,95	3,98	1,98	2,36	2,05	2,71	2,42	3,58	2,26
Nocaima	2306711	17,2	22,2	32,9	36,6	29,4	9,24	8,08	5,81	5,99	11,4	32,0	29,2

PROVINCIA DE GUALIVÁ CAUDAL PROMEDIO MEDIO ANUAL (m^3/s)													
Municipio	**Código**	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Q/Negra	2306710	0,01	0,00	0,01	0,04	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01
Villeta	2306714	0,50	0,50	0,55	0,65	0,82	0,46	0,32	0,34	0,26	0,52	1,13	0,42
	2306713	0,03	0,04	0,06	0,07	0,06	0,02	0,03	0,03	0,02	0,05	0,08	0,04
PROMEDIO MENSUAL ANUAL (m3/s)	**COMPLETO**	3,99	4,84	7,34	8,27	6,87	2,34	2,16	1,64	1,80	2,88	7,36	6,40
	FILTRADO	6,64	8,05	12,21	13,7	11,4	3,89	3,59	2,73	2,99	4,79	12,2	10,6
CAUDAL Q95 (m^3/s)		4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66

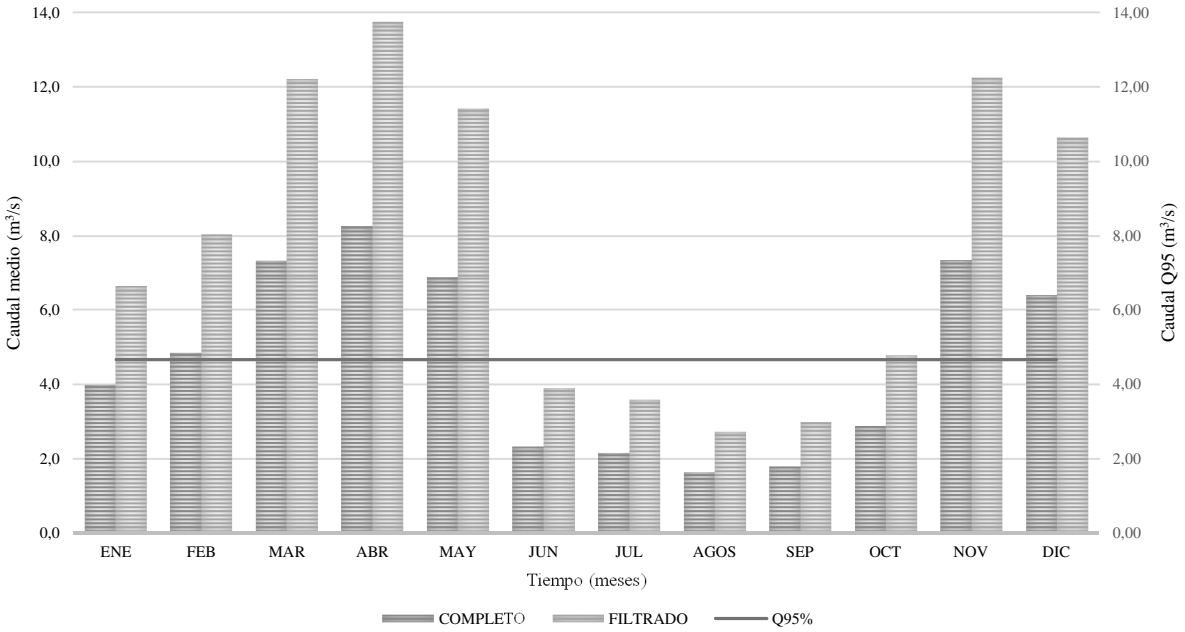


Figura 17. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Gualivá.

5 Provincia de Rionegro.

Tabla XVIII. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Rionegro.

PROVINCIA DE RIONEGRO CAUDAL PROMEDIO MEDIO ANUAL (m^3/s)													
Municipio	**Código**	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
El Peñon	23067080	20,3	23,5	37,2	45,8	46,9	17,1	12,7	6,5	7,9	15,8	38,8	33,1
Pacho	2306717	0,06	0,15	0,16	0,11	0,09	0,08	0,07	0,05	0,03	0,08	0,21	0,25
	2306739	1,57	1,67	1,97	2,39	1,76	1,32	0,75	0,52	0,52	0,92	2,44	3,01

PROVINCIA DE RIONEGRO CAUDAL PROMEDIO MEDIO ANUAL (m^3/s)													
Municipio	**Código**	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
PROMEDIO MENSUAL ANUAL (m^3/s)	**COMPLETO**	7,29	8,44	13,11	16,10	16,26	6,15	4,49	2,36	2,83	5,60	13,8	12,13
	FILTRADO	10,9	12,5	19,5	24,1	24,5	9,19	6,70	3,52	4,23	8,36	20,6	18,1
CAUDAL Q95 (m^3/s)		9,05	9,05	9,05	9,05	9,05	9,05	9,05	9,05	9,05	9,05	9,05	9,05

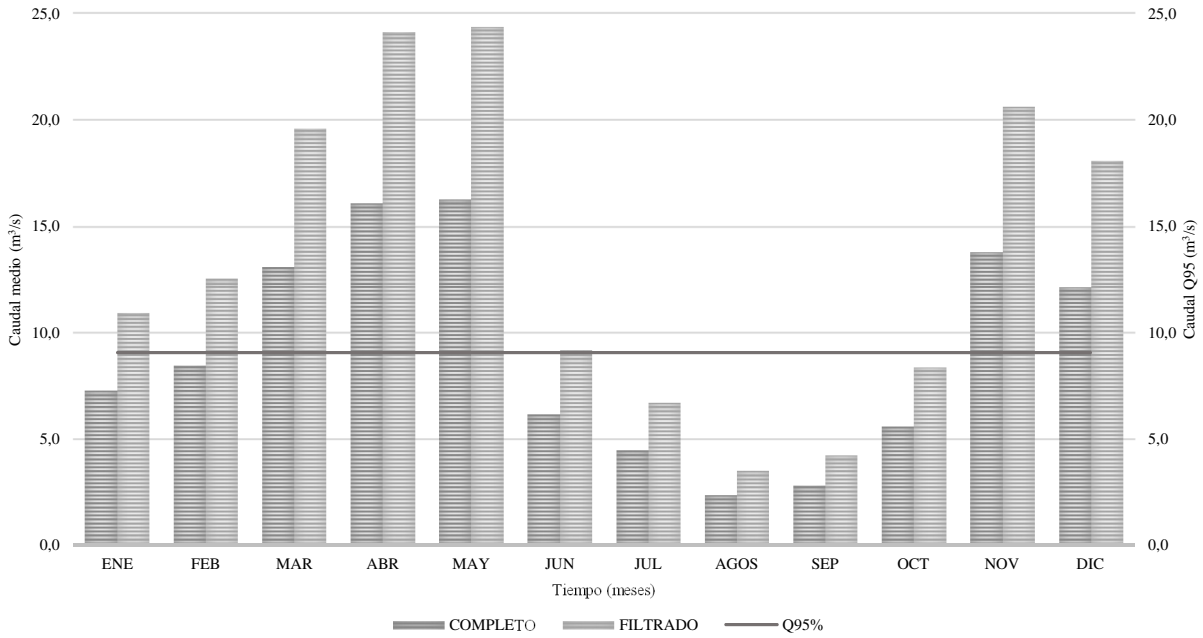


Figura 18. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Rionegro.

6 Provincia de Sábana Centro.

Tabla XIX. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Sábana Centro.

PROVINCIA DE SÁBANA CENTRO CAUDAL PROMEDIO MEDIO ANUAL (m^3/s)													
Municipio	**Código**	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Nemocón	2120875	0,02	0,05	0,72	1,20	0,64	0,15	0,08	0,03	0,02	0,25	0,39	0,16
Gachancipá	2120767	10,3	9,85	10,1	12,7	11,8	11,5	12,6	13,1	11,1	9,94	9,80	9,47
Sopo	2120734	8,04	7,54	8,98	18,8	19,3	16,39	14,56	14,5	9,11	11,4	14,9	13,1
	2120878	1,68	1,80	1,78	3,69	4,51	4,98	4,80	4,70	2,10	3,40	4,69	3,47
Cogua	2120935	0,06	0,07	0,12	0,20	0,21	0,26	0,27	0,24	0,18	0,24	0,25	0,14
	2120733	0,20	0,18	0,24	0,31	0,30	0,24	0,30	0,29	0,31	0,31	0,32	0,28

PROVINCIA DE SÁBANA CENTRO CAUDAL PROMEDIO MEDIO ANUAL (m^3/s)													
Municipio	**Código**	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	2120732	1,11	1,10	1,31	1,79	1,95	1,46	1,44	1,49	1,78	1,54	1,34	1,47
Zipaquirá	2120966	0,41	0,47	0,71	1,88	1,45	0,79	1,36	0,67	0,62	1,11	1,90	1,10
	2120959	0,05	0,05	0,09	0,19	0,22	0,16	0,16	0,10	0,08	0,12	0,21	0,10
	2120939	0,19	0,18	0,25	0,50	0,51	0,40	0,48	0,42	0,32	0,38	0,59	0,45
	2120768	1,13	0,87	1,66	3,49	4,46	2,15	2,41	1,72	1,71	2,27	2,60	1,86
	2120785	1,90	1,47	2,82	4,54	5,04	3,23	3,45	3,34	3,33	4,05	5,14	4,28
Tabio	2120923	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
	2120925	0,54	0,51	0,93	2,03	1,67	1,16	1,36	0,99	0,77	1,41	2,08	1,40
Chia	2120742	7,17	7,17	9,76	17,8	19,4	13,9	14,6	13,66	9,09	13,2	18,6	16,7
	2120960	0,75	0,59	1,87	4,33	4,89	2,48	2,90	2,00	1,08	2,47	4,65	3,63
Cota	2120973	8,69	8,68	11,01	20,7	23,2	16,3	15,6	14,79	9,47	13,6	19,7	17,8
Tocancipá	2120793	3,71	3,26	3,94	6,97	7,72	6,28	6,76	6,30	3,62	4,39	6,01	5,74
	2120792	7,94	7,36	7,69	11,8	10,0	9,14	10,4	10,9	8,47	8,79	8,72	7,55
PROMEDIO MENSUAL ANUAL (m^3/s)	**COMPLETO**	2,84	2,70	3,37	5,96	6,18	4,80	4,93	4,71	3,33	4,15	5,37	4,68
	FILTRADO	3,59	3,40	4,20	7,44	7,76	6,04	6,21	5,93	4,19	5,22	6,75	5,90
CAUDAL Q95 (m^3/s)		4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42

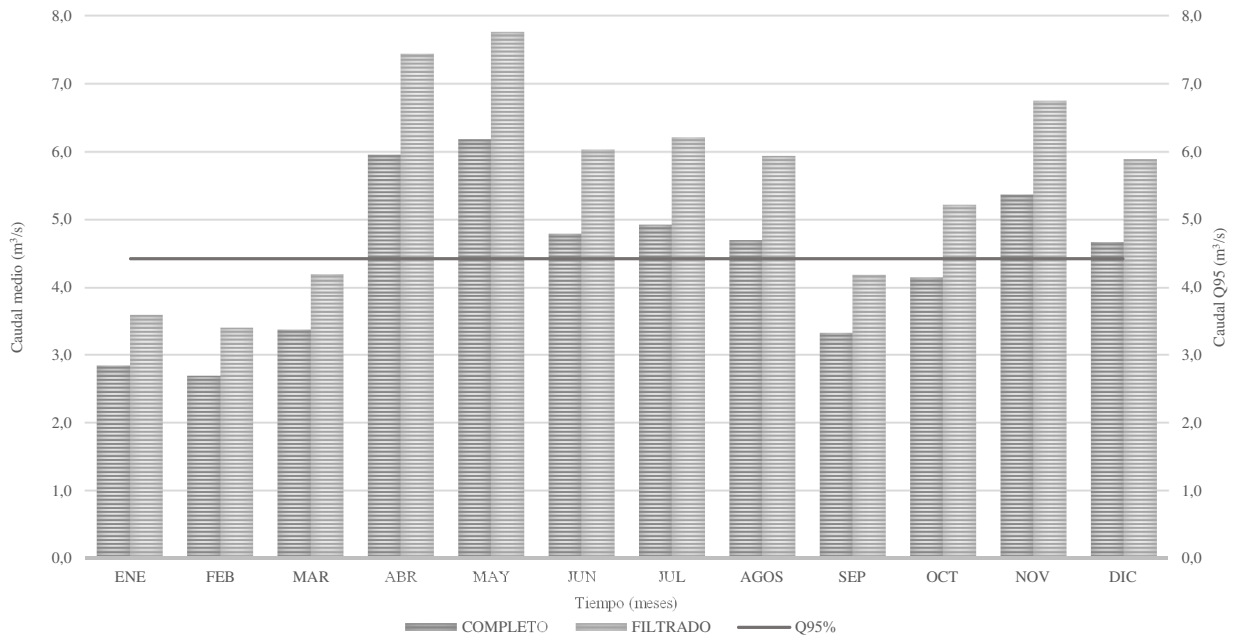


Figura 19. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Sábana Centro.

7 Provincia Sábana Occidente.

Tabla XX. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Sábana Occidente.

PROVINCIA DE SÁBANA OCCIDENTE CAUDAL PROMEDIO MEDIO ANUAL (m^3/s)													
Municipio	**Código**	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Subachoque	**2120968**	0,20	0,16	0,32	0,60	0,46	0,24	0,29	0,33	0,20	0,41	0,69	0,40
	2120800	1,34	1,02	0,92	1,76	2,74	1,46	0,95	0,82	0,70	2,24	4,37	3,35
	2120758	0,80	0,56	1,02	2,25	2,09	0,97	0,81	0,76	0,63	1,23	2,42	2,13
	2120766	0,12	0,08	0,25	0,62	0,56	0,20	0,15	0,16	0,09	0,45	0,52	0,42
El Rosal	**2120845**	0,80	0,69	1,45	2,84	3,16	1,38	1,52	0,95	0,71	2,07	4,08	3,04
Zipacón	**2120933**	0,04	0,03	0,04	0,08	0,12	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,08	0,08
	2120934	0,30	0,31	0,29	0,38	0,42	0,33	0,29	0,27	0,26	0,28	0,39	0,37
Funza	**2120714**	15,9	16,4	20,9	32,5	32,8	27,4	24,5	22,1	15,9	21,6	32,0	29,5
Facatativá	**2120912**	0,12	0,17	0,34	0,24	0,19	0,04	0,04	0,02	0,02	0,14	0,45	0,29
	2120756	0,38	0,45	0,88	0,60	0,68	0,40	0,34	0,33	0,34	0,36	0,84	0,99
	2120972	0,12	0,13	0,17	0,20	0,22	0,14	0,12	0,09	0,08	0,11	0,25	0,25
	2120964	0,42	0,69	1,69	1,08	1,36	0,29	0,17	0,04	0,03	0,43	2,55	1,83
	2120795	0,56	0,42	0,61	2,25	0,68	0,18	0,12	0,07	0,06	0,20	1,29	1,81
	2120965	0,23	0,22	0,43	0,35	0,32	0,21	0,18	0,16	0,16	0,23	0,37	0,38
PROMEDIO MENSUAL ANUAL (m3/s)	**COMPLETOS**	1,53	1,52	2,10	3,27	3,28	2,38	2,12	1,87	1,37	2,13	3,60	3,21
	FILTRADO	2,50	2,48	3,29	5,16	5,35	4,05	3,62	3,22	2,36	3,55	5,65	5,03
CAUDAL Q95 (m^3/s)		2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36

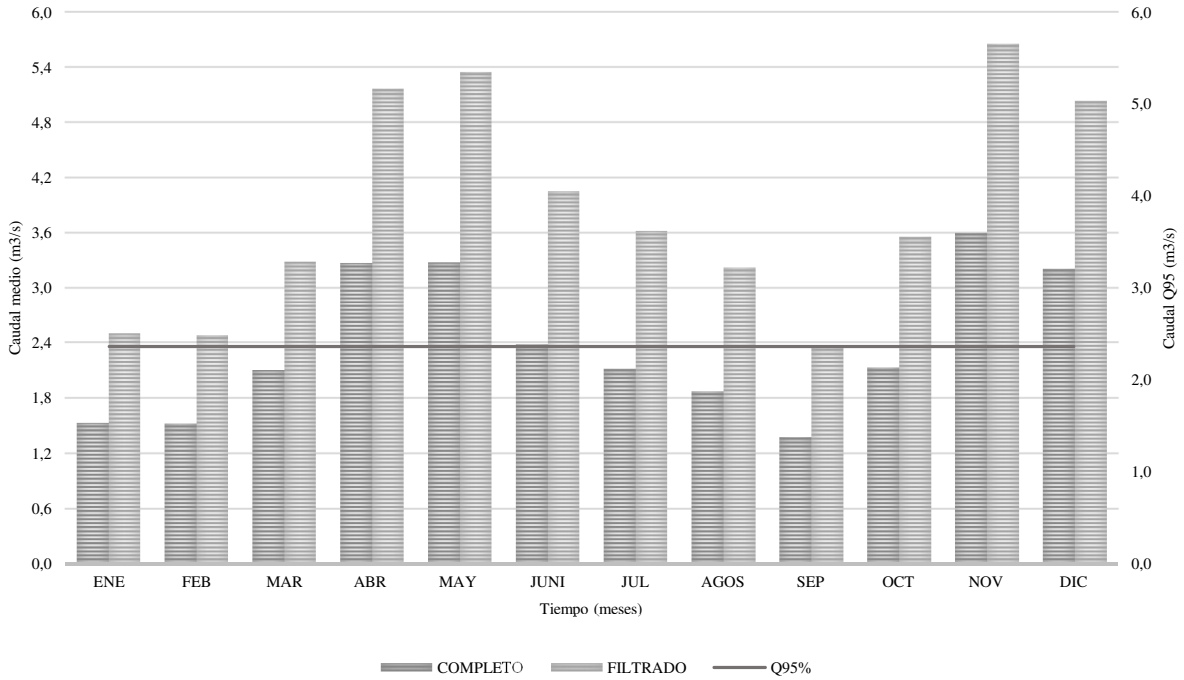


Figura 20. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Sábana Occidente.

8 Provincia de Soacha.

Tabla XXI. Caudal promedio medio anual (m3/s) provincia de Soacha.

PROVINCIA DE SOACHA CAUDAL PROMEDIO MEDIO ANUAL (m^3/s)													
Municipio	**Código**	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Soacha	2120755	0,05	0,04	0,11	0,17	0,17	0,30	0,27	0,19	0,08	0,10	0,24	0,13
Sibaté	2120963	0,13	0,09	0,25	0,57	0,48	0,28	0,13	0,16	0,13	0,23	0,50	0,35
	2120994	0,08	0,08	0,24	0,21	0,21	0,26	0,25	0,18	0,15	0,17	0,22	0,16
PROMEDIO MENSUAL ANUAL (m^3/s)	**COMPLETO**	0,09	0,07	0,20	0,32	0,29	0,28	0,22	0,18	0,12	0,17	0,32	0,21
	FILTRADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAUDAL Q95 (m^3/s)		0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18

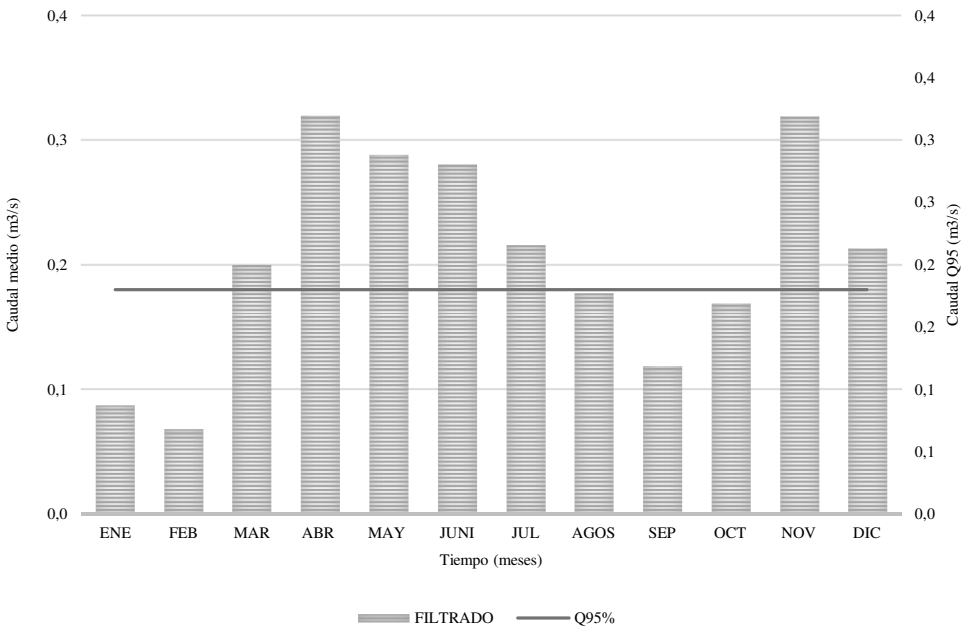


Figura 21. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Soacha.

9 Provincia de Tequendama.

Tabla XXII. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Tequendama

PROVINCIA DE TEQUENDAMA CAUDAL PROMEDIO MEDIO ANUAL (m^3/s)													
Municipio	**Código**	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cachipay	2120930	0,45	0,56	0,52	0,87	0,80	0,56	0,42	0,32	0,29	0,54	1,03	0,92
	2120885	0,85	1,17	1,09	1,68	1,22	0,79	0,65	0,54	0,46	1,49	2,47	2,01
El Colegio	2120938	0,34	0,37	0,41	0,47	0,51	0,22	0,11	0,06	0,05	0,26	0,48	0,38
	2120970	0,02	0,05	0,04	0,08	0,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,12	0,07
	2120928	0,09	0,13	0,20	0,25	0,28	0,11	0,11	0,08	0,10	0,38	0,34	0,14
	2120974	0,05	0,10	0,10	0,13	0,14	0,06	0,04	0,03	0,05	0,11	0,17	0,10
Viota	2120889	0,67	1,01	1,05	1,28	1,09	0,42	0,38	0,34	0,39	0,94	1,39	0,84
	2120894	0,22	0,41	0,64	0,83	0,61	0,21	0,16	0,11	0,90	0,25	0,65	0,55
	2120895	0,33	0,57	0,58	0,54	0,42	0,28	0,21	0,17	0,17	0,29	1,59	0,98
	2120903	0,28	0,29	0,34	0,29	0,33	0,29	0,28	0,27	0,28	0,30	0,42	0,31
	2120897	0,32	1,27	1,77	3,09	1,48	0,43	0,34	0,15	0,16	0,60	4,11	2,29
	2120886	0,07	0,09	0,07	0,15	0,11	0,06	0,04	0,07	0,14	0,09	0,10	0,10
Apulo	2120881	3,75	4,24	4,37	6,77	6,41	3,42	3,43	2,04	1,94	3,74	8,45	6,79

PROVINCIA DE TEQUENDAMA CAUDAL PROMEDIO MEDIO ANUAL (m^3/s)													
Municipio	**Código**	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
La Mesa	2120916	0,32	0,36	0,35	0,51	0,54	0,40	0,34	0,23	0,16	0,27	0,58	0,46
	2120880	1,10	1,32	1,28	2,32	2,10	0,92	0,63	0,60	0,46	1,46	2,33	2,03
Anapoima	2120929	0,33	0,72	0,47	0,68	0,69	0,32	0,21	0,10	0,10	0,47	0,85	0,66
	2120914	0,37	0,71	0,61	0,90	0,85	0,30	0,29	0,18	0,08	0,33	1,48	0,74
PROMEDIO MENSUAL ANUAL (m^3/s)	COMPLETO	0,56	0,79	0,82	1,23	1,04	0,52	0,45	0,31	0,34	0,68	1,56	1,14
	FILTRADO	0,72	1,00	1,04	1,56	1,31	0,66	0,57	0,39	0,42	0,84	1,99	1,46
CAUDAL Q95 (m^3/s)		0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79

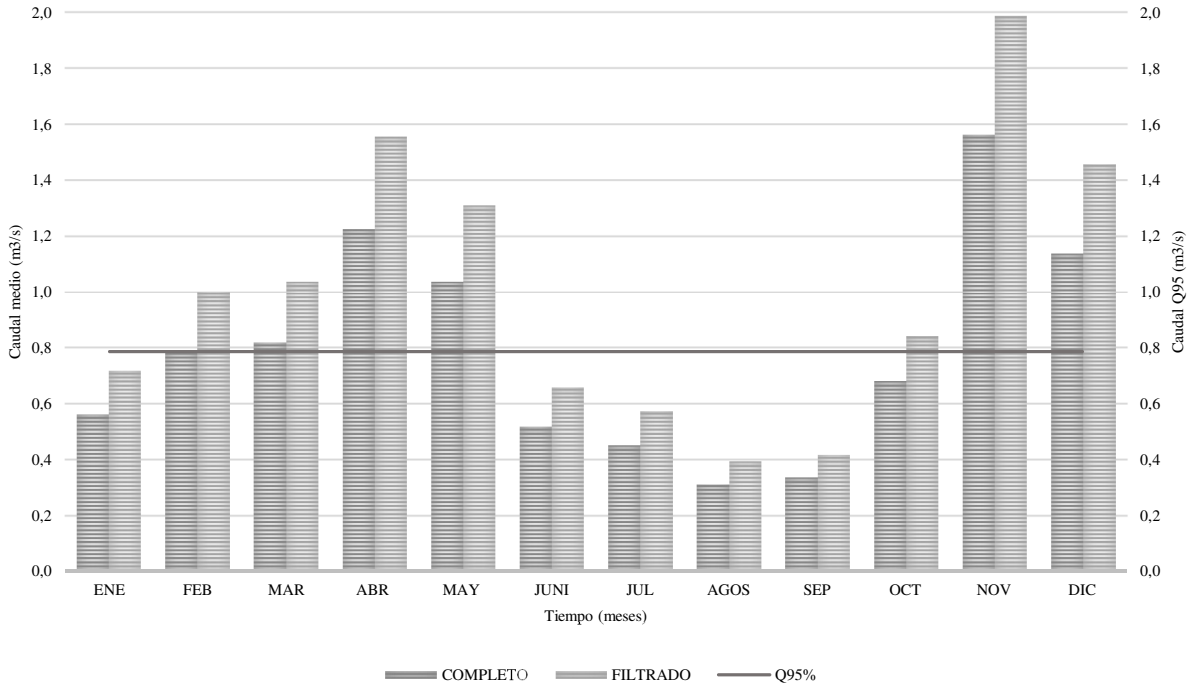


Figura 22. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Tequendama.

10 Provincia Ubaté.

Tabla XXIII. Caudal promedio medio anual (m^3/s) provincia de Ubaté

PROVINCIA DE UBATÉ CAUDAL PROMEDIO MEDIO ANUAL (m^3/s)													
Municipio	**Código**	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Simijaca	2401730	0,17	0,19	0,49	1,90	0,89	0,28	0,46	0,24	0,32	0,38	1,00	0,66
Susa	2401738	0,18	0,24	0,48	0,98	0,66	0,20	0,56	0,12	0,09	0,39	0,72	0,84
Guachetá	2401793	0,23	0,16	0,82	0,84	1,47	0,82	0,71	0,29	0,14	0,35	1,41	0,86
Lenguazaque	2401723	0,59	0,63	1,48	2,80	3,07	1,75	2,02	1,22	0,77	1,59	2,51	1,37
	2401804	0,21	0,19	0,53	1,39	1,13	0,41	1,12	0,40	0,34	0,56	0,83	0,59
	2401714	0,50	0,44	1,00	2,45	2,04	1,28	1,28	0,91	0,67	0,75	1,60	0,97
Carmen de Carupa	2401798	0,27	0,25	0,49	0,80	0,75	0,55	0,52	0,37	0,30	0,42	0,63	0,48
	2401780	0,07	0,12	0,11	0,30	0,18	0,10	0,13	0,07	0,05	0,09	0,13	0,11
	2401710	0,32	0,36	0,44	0,79	0,67	0,32	0,38	0,35	0,31	0,34	0,40	0,43
	2401802	0,08	0,09	0,24	0,64	0,40	0,11	0,13	0,07	0,07	0,19	0,44	0,47
	2401722	0,33	0,28	0,63	1,00	0,92	0,38	0,39	0,26	0,23	0,43	0,89	0,74
	2401755	0,57	0,42	0,79	1,70	0,52	0,21	0,33	0,13	0,11	0,73	1,52	1,39
Ubaté	2401731	0,92	1,02	2,41	6,04	3,93	1,81	2,01	1,27	1,00	1,75	3,47	3,06
	2401733	0,70	0,71	1,62	2,51	1,93	1,55	1,41	1,02	0,83	1,46	2,06	1,48
	2401715	0,55	0,56	0,99	1,29	1,19	0,67	0,88	0,56	0,49	0,66	1,20	1,15
PROMEDIO MENSUAL ANUAL (m^3/s)	**COMPLETO**	0,38	0,38	0,84	1,70	1,32	0,70	0,82	0,49	0,38	0,67	1,25	0,97
	FILTRADO	0,43	0,41	0,92	1,78	1,42	0,78	0,86	0,53	0,40	0,73	1,38	1,08
CAUDAL Q95 (m^3/s)		0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65

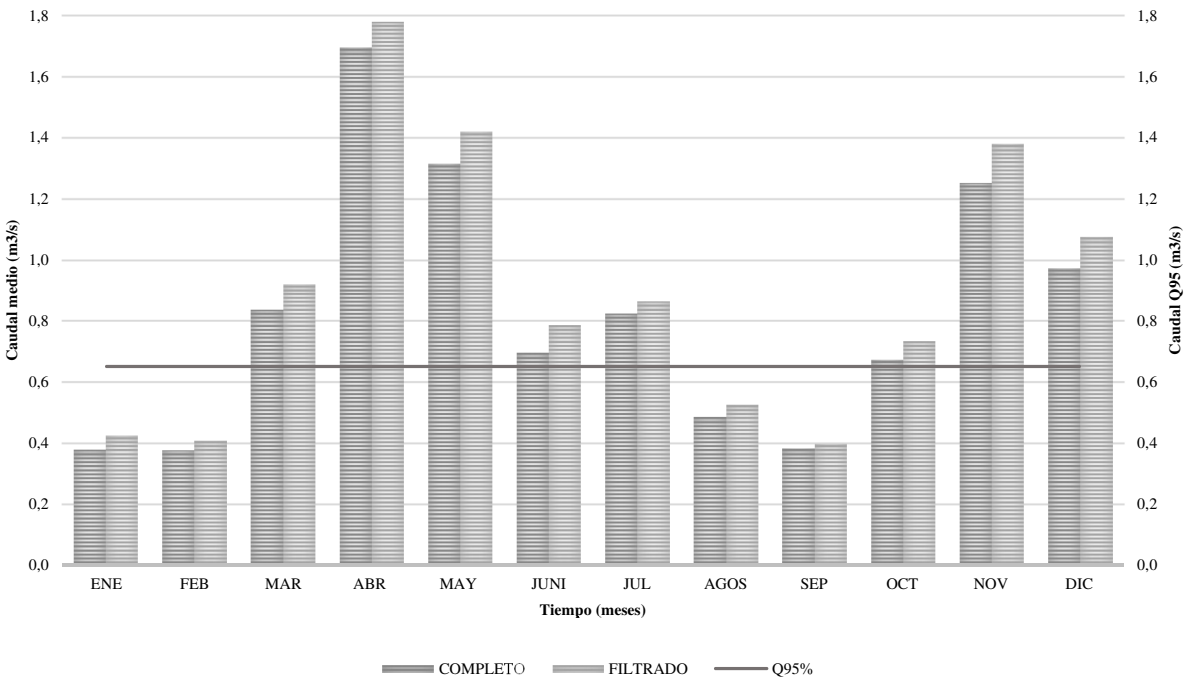


Figura 23. Histograma final de caudal promedio medio anual, provincia de Ubaté.