

Diseño y validación de un instrumento para la evaluación y priorización en los componentes Técnicos y financiero de los predios propuestos por los municipios, para participar en proyectos Bancos Municipales de Agua (BAMA) en la Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR

John Nelson Navas Millán

Trabajo de grado para optar al título Magister en Gestión Sostenible del agua

Director
Yineth Piñeros Castro MSc., PhD

Universidad Jorge Tadeo lozano.
Faculta de Ciencias Naturales e Ingeniería
Programa de Ingeniería
Bogotá D.C.
2022

Tabla de contenido

RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	6
1. OBJETIVOS.....	8
1.1. OBJETIVO GENERAL	8
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
2. METODOLOGÍA.....	9
3. RESULTADOS	12
3.1. DEFINICIONES CRITERIOS EXCLUYENTES COMPONENTE TÉCNICO EVALUACIÓN PRELIMINAR.	12
3.2. DEFINICIÓN Y ESCALAS DE CRITERIOS TÉCNICOS Y FINANCIEROS PARA LA EVALUACIÓN ESPECIFICA DE UN PREDIO...	14
3.3. EVALUACIÓN HERRAMIENTA MULTICRITERIO MÉTODO AHP PARA COMPONENTES Y CRITERIOS.	20
3.4. VERIFICACIÓN DEL MODELO Y ESCALAS DE LOS CRITERIOS PROPUESTOS.	25
4. MANUAL DE EVALUACIÓN COMPONENTE TÉCNICO Y FINANCIERO (HERRAMIENTA EVALUACIÓN PREDIO	30
4.1. ETAPA 1: VERIFICACIÓN PRELIMINAR DE CRITERIOS EXCLUYENTES.	31
4.2. ETAPA 2: VERIFICACIÓN ESPECÍFICA DEL PREDIO PARA LOS COMPONENTES TÉCNICOS Y FINANCIEROS	32
4.3. HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN PREDIOS.....	34
5. CONCLUSIONES	36
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
7. ANEXOS.....	38

Índice de tabla

Tabla 1. Clasificación de escalas para proyectos ejecutados con respecto a la distancia de vías de acceso.	14
Tabla 2. Clasificación de escalas para los proyectos ejecutados con respecto a la pendiente promedio del área de implantación.	14
Tabla 3. Clasificación de escalas para proyectos ejecutados con respecto a la pendiente de la línea de aducción.	15
Tabla 4. Clasificación de las escalas para proyectos ejecutados con respecto al tamaño de la cuenca.	15
Tabla 5. Clasificación de las escalas para proyectos ejecutados con respecto a la longitud de la estructura de descarga	16
Tabla 6. Clasificación de las escalas para proyectos ejecutados con respecto al volumen de almacenamiento	18
Tabla 7. Clasificación de las escalas para proyectos ejecutados con respecto a la longitud de la línea de aducción.	19
Tabla 8. Clasificación de las escalas para proyectos ejecutados con respecto a la profundidad de la roca.	20
Tabla 9. Peso de componente de acuerdo con metodología AHP.	21
Tabla 10. Peso de criterio técnico de acuerdo con metodología AHP.	23
Tabla 11.. Peso de criterios financieros de acuerdo con metodología AHP.	24
Tabla 12. Proyectos ejecutados 2017.	25
Tabla 13. Proyectos diseñados 2021.	25
Tabla 14. Proyectos evaluados 2021.	25
Tabla 15. Clasificación colores en archivo proyectos de referencia	26
Tabla 16. Clasificación colores elementos BAMA	27
Tabla 17. Evaluación técnica proyectos de referencia.	28
Tabla 18. Evaluación financiera proyectos de referencia.	28
Tabla 19. Puntuación predios de referencia componente técnico.	29
Tabla 20. Puntuación predios de referencia componente financiero.	29
Tabla 21. Plataformas de apoyo para evaluación de predios.	31
Tabla 22. Lista criterios excluyentes componentes Técnicos y Ambientales.	31

Índice de Imágenes

Imagen 1. Capítulos de proyectos ejecutados 2017.....	16
Imagen 2. Capítulos proyectos diseñados 2021.....	17
Imagen 3. Costo de m3 almacenado vs Volumen	17
Imagen 4. Valor de la línea de aducción Vs Longitud.....	18
Imagen 5. Profundidad a capa de Roca Vs Valor excavación.....	19
Imagen 6. Pregunta 5 Encuesta grupo de expertos.	20
Imagen 7. Clasificación respuestas por componente de todos los encuestados.	21
Imagen 8. Ponderado respuesta peso componentes	21
Imagen 9. Pregunta No 1 encuesta grupo de expertos.	22
Imagen 10. Clasificación respuestas por criterio técnico de todos los encuestados.....	22
Imagen 12. Ponderado respuesta peso criterios técnicos	23
Imagen 13. Pregunta No 3 encuesta grupo de expertos.	23
Imagen 14. Clasificación respuestas por criterios financieros de todos los encuestados	24
Imagen 15. Ponderado respuesta peso criterios Financieros.....	24
Imagen 16. Proyectos de referencia en Google Earth.....	26
Imagen 17. Ejemplo Proyecto de Ubaté en archivo kmz.	27
Imagen 18. Calificación predios de referencia con todos los componentes.....	30
Imagen 19. Herramienta evaluación predio visitado.....	35

Resumen

Los Bancos municipales de agua (BAMA), hacen parte de las estrategias adelantadas por parte de la Corporación Autónoma de Cundinamarca (CAR), para mitigar los impactos ambientales generados por el cambio climático, la cual busca dotar a los municipios de estructuras de almacenamiento de agua de escorrentía superficial en un cauce definido durante las épocas de lluvias. Esto permite regular las fuentes de captación en épocas de lluvias y en épocas de sequía disponer de un volumen de agua para atender las necesidades propias de la región para actividades relacionadas con la agricultura, atención de incendios y suministro de agua para usos diferentes al consumo humano. La CAR invitó a los 104 municipios de su jurisdicción a participar en la postulación de predios para la construcción de este tipo de proyectos; sin embargo y debido a que la mayoría de los predios no cumplen con los requerimientos técnicos mínimos, existe la necesidad de establecer un procedimiento de evaluación que permita depurar los predios propuestos y priorizar aquellos que cumplen con los requerimientos mínimos que permitan la ejecución de un proyecto tipo BAMA. Para realizar dicha evaluación se propuso el análisis de los componentes Técnico, Ambiental, Social y Financiero, siendo como objeto de este proyecto de grado llevar a cabo la evaluación de los componentes Técnico y Financiero, los cuales se complementan con los Ambientales y Sociales, abordados en otro trabajo de grado (**Ing. Barbara Rico**). Una vez definido el procedimiento de evaluación de cada uno de los componentes se elaboró una herramienta que consolida la información y emite una puntuación, la cual fue validada con información de proyectos ya ejecutados buscando generar una escala de referencia y así su priorización con respecto a los componentes propuestos.

Introducción

El agua es un líquido vital en nuestro planeta, siendo fundamental para el ser humano en actividades como la agricultura, industria y demás procesos que buscan el bienestar y desarrollo de este, acciones que, con el paso del tiempo, crecimiento poblacional y el uso desmedido de los recursos naturales ha llevado la afectación del medio ambiente. El cambio climático, afecta directamente el ciclo natural del agua causando épocas de fuertes lluvias como de sequía extrema; una de las alternativas para reducir el impacto de estos fenómenos es llevar a cabo la regulación de las fuentes hídricas mediante la construcción de estructuras de almacenamiento que permitan captar el agua en épocas de lluvia y hacer uso de ellas en época de sequía.

Los municipios del territorio CAR no cuentan con la infraestructura adecuada para almacenar los excedentes generados en tiempos de lluvia y para ser utilizados en tiempo de estiaje, en el marco de las iniciativas de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático. En este contexto la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) contempla dentro una de sus metas generar sistemas de captación, por el cual se desarrolló el Proyecto 8; “Sistemas de almacenamiento para la disponibilidad del recurso hídrico”, dentro de este se tiene en cuenta dos tipos de proyectos, uno mediante la construcción de reservorios (Menores a 1000m³), y los segundos estructuras de mayor volumen llegando hasta los 50.000m³) conocidos como (BAMA) Bancos Municipales de Agua. Éstos últimos tienen como objetivo proveer a los municipios de infraestructura adecuada para brindar el almacenamiento público de excedentes generada en tiempos de invierno para ser usados en tiempo de sequía, con el fin ser usado para regulación hídrica, actividades agropecuarias, sistemas de riego, atención de contingencias derivadas de incendios forestales, o en la eventual atención por pérdida en el suministro ordinario del recurso hídrico para usos diferentes al consumo humano.

Los BAMAs, son estructuras de almacenamiento de agua que se abastecen de escorrentía superficial, es decir un cauce definido como un río o una quebrada, su objetivo es proveer a los municipios del territorio CAR de infraestructura adecuada que almacene los excedentes generados en tiempos de lluvia para ser utilizados en tiempo de estiaje, en el marco de las iniciativas de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático. Los BAMAs están previstos para uso doméstico, Sistemas de riego en agricultura, y atención de incendios forestales; en el cuatrienio 2016-2019 se han construido 13 BAMAs.

En búsqueda de dar cumplimiento a las metas de almacenamiento la CAR, emitió comunicado a los 104 municipios informando sobre este proyecto y abriendo convocatorias para la implementación de este tipo de estructuras, lo que hizo que los municipios postularan predios de manera masiva, sin tener en cuenta los requerimientos técnicos mínimos necesarios para la implementación de un BAMA. De 90 predios evaluados en el 2020, se viabilizaron 9 proyectos los cuales a la fecha están en proceso de licitación para su construcción, lo que evidenció la necesidad de elaborar un

procedimiento que permita depurar las solicitudes y adicionalmente a los predios que cumplan priorizarlos o clasificarlos de tal manera que facilite el proceso de evaluación y/o recomendación con respecto a los componentes ambiental, social, técnico y financiero

Este trabajo de grado propone una metodología para la evaluación de los predios propuestos y su priorización, utilizando herramientas multicriterio y encuestas a expertos. La metodología y el instrumento fue validado teniendo en cuenta la información de los proyectos ya construidos.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Diseñar y validar un procedimiento de evaluación y priorización de los componentes técnico y financiero a los predios propuestos por los municipios, para participar en proyectos (BAMA).

1.2. Objetivos específicos.

Reconocer y definir los principales criterios técnicos y financieros que permiten evaluar un predio postulado para la construcción de un BAMA.

Establecer un modelo de ponderación para componentes técnicos y financieros, así como para cada uno de sus criterios.

Validar el instrumento con información primaria de proyectos BAMA construidos y diseñados por la CAR.

Elaborar un manual y herramienta para la evaluación de un predio propuesto con respecto a los componentes técnicos y financieros

2. Metodología

A continuación, se describe el procedimiento realizado para llevar a cabo el diseño y la validación de un instrumento que permita la evaluación de un predio propuesto a aplicar a los proyectos BAMA, teniendo en cuenta los componentes Técnico, y financiero, para lo cual se tomó como referencia algunos de los proyectos ejecutados en el periodo 2016-2019 y los diseñados en el 2021, metodología que se describe a continuación

Etapa 1: Definición criterios excluyentes de acuerdo con los proyectos de referencia.

Teniendo en cuenta que durante los periodos del 2020 se visitó 30 municipios donde se evaluaron 90 predios de los cuales 9 de ellos cumplían con las necesidades técnicas y ambientales para desarrollar un proyecto BAMA, es decir el 93,7 % de los predios no permitía desarrollar proyectos de estas características, y que para el 2021 se llevó a cabo visita de 14 municipios y en promedio 42 predios donde se determinó que solo 4 de ellos es decir el 91 % No cumplen con las necesidades técnicas o ambientales, necesarias y teniendo en cuenta las características generales de los proyectos ya construidos o diseñados, se llevó a cabo una evaluación de los requerimientos mínimos que debe cumplir un predio para la construcción de un BAMA, características que pudieran ser definidas tomando como referencia la información presentada por el municipio y con la ayuda de plataformas digitales como lo son : Geo Ambiental, Igac y Google earth, buscando así llevar una depuración de los predios propuestos sin tener que llevar a cabo una visita de campo a la totalidad de los predios, razón por la cual se denominaron criterios excluyentes.

Etapa 2: Establecer los criterios técnicos y financieros de acuerdo con los proyectos de referencia.

Usando como referencia proyectos ejecutados mediante el contrato por la Corporación mediante el contrato No 097 de 2017 el cual tiene como objetos “Estudios, diseños y construcción) Pacho; Sibaté, Granada, Susa y Gacheta, adicionalmente los proyectos evaluados y diseñados por la corporación en el año 2021, los cuales son: Caldas, Chiquinquirá, Nocaima, Sasaima y Simijaca” proyectos que se encuentran adjudicados y en espera del inicio de su construcción, se procedió definir los criterios que tuvieran en común estos proyectos, los cuales se clasificaron en los componentes Técnicos, Ambientales, Financieros y Sociales, siendo desarrollados de manera específica los componentes técnicos y financieros en el presente proyecto de grado, una vez definidos los criterios propios de cada componente y haciendo uso de la información específica de cada uno de estos elementos se procedió a definir las unidades y escalas de referencia, escalas que posteriormente fueron utilizadas para llevar a cabo una ponderación de los predios, información que fue sustraída de los siguientes documentos:

a) Para los proyectos Construidos se utilizó la información radicada mediante los comunicado CI-1919-150-2018 (APIS SAS, 2019) el cual tiene como asunto: Alcance a estudios y Diseños del Banco De Agua En El Municipio de Pacho, CI-1919-149-2018 (APIS SAS, 2019) el cual tiene como asunto: Alcance a estudios y Diseños del Banco De Agua En El Municipio de Sibaté, CI-1919-151-2018 (APIS SAS, 2019) el cual tiene como

asunto: Alcance a estudios y Diseños del Banco De Agua En El Municipio de Granada, CI-1919-157-2018 (APIS SAS, 2019) el cual tiene como asunto: Alcance a estudios y Diseños del Banco De Agua En El Municipio de Susa, CI-1919-154-2018 (APIS SAS, 2019) el cual tiene como asunto: Alcance a estudios y Diseños del Banco De Agua En El Municipio de Guachetá, documentos que incluyen el informe comprendido por los 8 capítulos tales como: topografía, geología, Hidrología, hidráulica, ambiental, social, paisajismo y Componente financiero.

b) Para los proyectos diseñados y en proceso de licitación se trabajó con el Informe técnico DIA N0 039 de 2021 (CAR, 2021c), el cual contiene información de los proyectos Caldas, Chiquinquirá, Nocaima y Sasaima, para el proyecto de Simijaca se utilizó el informe técnico No 055 de 14 de sep. 2021 (CAR 2021d), informes que incluyen los anexos técnicos Geotécnico, estructural, hidráulico, ambiental y paisajístico.

Aplicación de herramienta multicriterio (AHP) la cual permite ponderar los proyectos de referencia con respecto a los componentes y criterios.

Con el fin de llevar a cabo la evaluación cuantitativa del predio fue necesario definir el peso de cada uno de los componentes que hacen parte de la evaluación, así como de los diferentes criterios que los conforma, por lo que se llevó a cabo el uso del proceso de jerarquía Analítica (AHP) (Analytic Hierarchy process). Este proceso parte del juicio de los expertos buscando así definir escalas de prioridad de cada uno de los componentes y criterios que hacen parte de la evaluación. En este trabajo se definió como grupo de expertos el equipo interdisciplinario que participa de manera directa en la evaluación y diseño de los BAMA en la Corporación, proyecto que está a cargo de la Dirección de Infraestructura Ambiental (DIA), y el cual está conformado por los siguientes profesionales:

- Ing. Civil Esp. Gerencia de proyectos, mercados y políticas del suelo.
- Ing. Ambiental. Msc. Gestión Ambiental Territorial
- Ing. Civil Esp. Hidráulica.
- Ing. Civil Msc. Geotecnia.
- Ing. Civil Esp. Estructuras.
- Ing. Industrial Esp. Riesgos Laborales.
- 2 Ing. Civiles profesional de apoyo.

Se realizó una encuesta al panel de expertos, cuyos resultados permitieron la ponderación y priorización de componentes y criterios, utilizando un formulario de Google.

La información suministró el insumo necesario para llevar a cabo la elaboración de las matrices que permiten comparar cada uno de los criterios con respecto a la priorización definida por el grupo de expertos siguiendo la metodología propuesta. Los resultados de la encuesta, la cuantificación del peso de cada uno de los componentes y a su vez el peso

de cada uno de los criterios que los conforman se encuentra en el [anexo 3 Hoja Electrónica; AHP Componentes](#) y [anexo 2 Hoja Electrónica; AHP Criterios](#).

Priorización y Validación

Una vez definido los pesos de cada uno de los componentes y criterios de acuerdo con los resultados del análisis de la encuesta de expertos y la aplicación de la herramienta AHP se procedió a llevar a cabo una cuantificación de cada uno de los predios de referencia, buscando así definir un escalafón de referencia que permita definir un criterio de priorización entre los proyectos ejecutados y diseñados.

Para la validación se utilizó los datos de los informes de visita realizadas a los Municipios de Pulí, Guaduas y Nimaíma ([CAR, 2021e](#)), predios que habían sido descartados previamente por la Corporación adicionalmente se trabajó con información del proyecto de Buenavista, proyecto que se encontraba en evaluación para definir su ejecución, información que fue sustraída de los informes de visita realizados a cada uno de los predios mencionados, buscando así definir un puntaje mínimo para la posible ejecución de un BAMA, ya que al pesar que los predios mencionados cumplían con los criterios propuestos se verificó si de acuerdo a la ponderación propuesta si se contaba con un soporte con respecto al descarte de los proyectos y cual sería el puntaje para el proyecto en evaluación.

Elaboración del manual para la evaluación componente técnico y financiero (Herramienta Evaluación Predio)

Como producto final se elaboró el documento guía para la evaluación de un predio de acuerdo con los aspectos, criterios y características propuestas, y una hoja electrónica con el fin de facilitar la cuantificación y contar con una herramienta que permita priorizar los predios aptos para la construcción de un BAMA de acuerdo con el puntaje de evaluación de todos los componentes.

3. Resultados

3.1. Definiciones criterios excluyentes componente técnico evaluación preliminar.

Con base en la experiencia e información de la CAR, (CAR, 2018, CAR2021a, CAR 2021b), relacionado con el proceso de construcción, funcionamiento y operación de los BAMA ya construidos y/o diseñados, se definieron los parámetros técnicos excluyentes los cuales son: Área suficiente para obras de almacenamiento, estabilidad y urbanismo, contar con una vía de acceso cercana que garantice la operación y mantenimiento, que el predio debe tener una pendiente menor al 20% en el área de implantación propuesta, debe contar con una fuente de abastecimiento que permita la captación del agua y la distribución en la línea de aducción mediante el uso de la gravedad, y contar con un área lo suficientemente amplia que permita garantizar el llenado del BAMA mediante la recolección del agua de escorrentía.

Criterios excluyentes que se explican a continuación:

- **Área Mayor a 1 Hectárea:** Esto hace referencia al área mínima que debe tener el predio el cual debe ser suficiente para llevar a cabo la implantación del BAMA con una profundidad no menor a 5 m (Altura mínima necesaria para operaciones helicóptadas), e incluir los sobrecanchos necesarios para las obras de contención, así como para dar cumplimiento a los aislamientos a vías, predios colindantes y zonas de ronda de cuerpos hídricos o restricciones ambientales.

Por tal razón se definió que el predio debe tener como mínimo un área de 1 Hectárea, ya que con un área menor no se podría dar cumplimiento a la distribución de los elementos que conforman vaso del BAMA y las obras de urbanismo que lo conforman.

- **Vía de acceso menor a 1Km:** Para la Construcción operación y mantenimiento del BAMA es necesario contar con una vía de acceso debiente conformada y legalizada por parte del Municipio, la cual debe conectar las vías del sector con el área de construcción del BAMA, esta vía debe permitir el ingreso de vehículos pesados (Carro tanques) de manera permanente durante la vida útil de este proyecto, por lo que se considera que la distancia máxima permisible es de 1km.

Una longitud mayor compromete la operación de la infraestructura debido a los altos costos de mantenimiento de esta vía por parte del municipio razón por la cual se definió que si se cuenta con una longitud mayor, no es viable llevar a cabo la construcción del BAMA.

- **Pendiente del terreno menor al 20%:** El predio debe contar con un área lo suficientemente amplia para la implantación de un BAMA, dicha área debe tener una pendiente menor al 20% esto debido a que para la construcción del vaso es necesario la adecuación del área mediante excavaciones y rellenos, los cuales

deben garantizar la estabilidad de la obra construida y permita que la carga del volumen del agua almacenado se transfiera de manera uniforme al terreno, por lo que al tener una pendiente mayor a la propuesta pone en riesgo la estabilidad de los jarillones de confinamiento

En razón a lo anterior se definió que si el predio tiene una pendiente mayor al 20% dificulta la imputación del BAMA y comprometa la estabilidad de las obras de contención diseñadas.

- **Cota mayor entre el punto de Captación y el posible lugar de implantación:** Los BAMAS son estructuras que buscan captar aguas en épocas de lluvias de las quebradas aledañas y drenajes naturales, dicho sistema de captación no incluye ningún sistema de bombeo, por lo que es necesario que se cuente con un sistema de abastecimiento que funcione mediante el uso de la gravedad lo que obliga que esta fuente este sobre el nivel de llenado del BAMA.

Por lo que se definió que, si no se cuenta con una fuente que este sobre una cota mayor del punto de llenado del BAMA, no es viable la construcción de este tipo de proyectos debido a que no cuenta con la capacidad de llenado de este.

- **Microcuenca Área mayor a 4 Hectáreas desde el punto de captación posible:** Con el fin de garantizar el llenado del BAMA mediante escorrentías naturales, es necesario determinar el tamaño de la microcuenca después del punto de captación (Punto de cierre hidrológico), debido a que a mayor área mayor volumen de agua captado.

Definiendo que si el área de la microcuenca no cuenta con un área mayor a 4 hectáreas no se tendría la capacidad de llenar el BAMA en un periodo no mayor a tres meses, tiempo promedio de un modelo bimodal (Lluvias y sequia), por lo que no se podría garantizar el llenado durante las épocas de lluvia.

Los predios que cumplan con todos los criterios excluyentes incluidos los propuestos en el proyecto de grado de la **Ing. Barbara Rico**, continuarían con el proceso de evaluación específico del predio, los demás deberían ser descartados de manera directa y notificado al municipio, permitiendo así agilizar el proceso de depuración de solicitud de los municipios y la optimización de recursos, ya que únicamente los predios que superen esta etapa contarían con una visita específica de evaluación.

3.2. Definición y escalas de criterios técnicos y financieros para la evaluación específica de un predio.

3.2.1. Criterios técnicos.

Una vez definidos los criterios técnicos se procedió a buscar la información específica para cada uno de los proyectos de referencia, 5 Proyectos construidos (APIS SAS,2019), 5 Diseñados (CAR, 2021c) Y (CAR, 2021D), 3 descartados y 1 en evaluación (CAR, 2021e), los cuales permitieron definir los criterios cuantificables y así comparar y clasificarlos de con la escala definida entre óptimo, moderado, crítico y muy crítico. (Ver Anexo 2 Hoja electrónica escalas), a continuación, se presenta la definición de cada uno de los criterios junto con las escalas definidas:

Distancia desde vía de acceso a posible punto del BAMA (m)

Una vez definida el área de posible implantación del BAMA es necesario tener en cuenta el estado de la vía de acceso, así como el punto de acceso vehicular y el posible trazado de la vía a adecuar o construir para llegar al área del vaso, vía necesaria para la construcción, funcionamiento y operación del BAMA, usando la información de los 14 proyectos de referencia se elaboró la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de escalas para proyectos ejecutados con respecto a la distancia de vías de acceso.

Escala	Cantidad de proyectos	Clasificación
<40 m	3	Óptimo
41m a 100m	5	Moderado
101m-300m	2	Crítico
>301	4	Muy Crítico

Pendiente promedio del área en el posible punto de implantación (%)

Para definir si es posible llevar a cabo la implantación del BAMA se debe tener en cuenta la geomorfología del área propuesta, para lo cual se debe contar con un área lo suficientemente extensa para que ocupe el vaso de almacenamiento, así como los jarillones perimetrales, por lo que debe contar con un área libre mayor a los 5000 m², a dicha área se le debe calcular la pendiente máxima la cual se clasifica de acuerdo con la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de escalas para los proyectos ejecutados con respecto a la pendiente promedio del área de implantación.

Escala	Cantidad de proyectos	Clasificación
0%- 5,9%	10	Óptimo
6%-10,9%	3	Moderado
11%-15,9%	1	Crítico
>16%	0	Muy Crítico

Pendiente promedio de línea de aducción (%)

Para el cálculo de la pendiente de la línea de aducción es necesario definir un trazado que busque garantizar la pendiente de manera uniforme, la cual debe ser en sentido del flujo, siendo el resultado de la diferencia de cotas entre el punto de captación y punto de descarga en el BAMA y dividido en la longitud de la red necesaria, esta tubería funciona mediante el uso de la fuerza de la gravedad por lo que entre mayor pendiente mejora las condiciones hidráulicas del sistema, por lo que se propuso que se clasifique de acuerdo con la tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de escalas para proyectos ejecutados con respecto a la pendiente de la línea de aducción.

Escala	Cantidad de proyectos	Clasificación
>11%	5	Óptimo
6%-10,9%	5	Moderado
2%-5,9%	3	Crítico
0% -1,9%	1	Muy Crítico

Tamaño cuenca desde punto de captación desde el punto de cierre (Ha)

El tamaño de la cuenca se define como el área de escurrimiento con respecto al punto de cierre hidráulico o punto de captación, razón por la cual entre mayor sea el área de la microcuenca, mayor será la capacidad de captación de aguas en épocas de lluvias, motivo por el cual se propuso la escala de acuerdo con la tabla 4.

Tabla 4. Clasificación de las escalas para proyectos ejecutados con respecto al tamaño de la cuenca.

Escala	Cantidad de proyectos	Clasificación
>81 Ha	7	Óptimo
41 Ha - 80Ha	2	Moderado
21 Ha- 40Ha	4	Crítico
<20 Ha	1	Muy Crítico

Longitud de estructura de descarga desde punto propuesto BAMA (m)

Dentro de las estructuras del BAMA está la estructura de descarga, la cual busca regular la estructura de rebose la cual maneja los excesos captados por la línea de aducción, así como controlar el sistema de descargue del vaso y manejo de los filtros de fondo, la estructura debe estar ubicado en un drenaje natural que garantice el flujo normal de las descargas y debe estar por debajo de la cota de fondo del BAMA, usando como la escala de la tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de las escalas para proyectos ejecutados con respecto a la longitud de la estructura de descarga

Escala	Cantidad de proyectos	Clasificación
<30m	5	Óptimo
31m -100m	4	Moderado
101m - 200 m	4	Crítico
>201m	1	Muy Crítico

3.2.2. Criterios financieros

Para la evaluación de los criterios financieros se tuvo en cuenta los presupuestos de los proyectos construidos en el 2017 (APIS, 2019; Componente Financiero) y los diseñados en el 2021 (CAR, 2021f) Y (CAR, 2021G), buscando definir cuales actividades afectan los presupuestos (Ver Anexo 2 Hoja electrónica financiero y escalas), ya que los presupuestos fueron desarrollados con 4 años de diferencia y que cada consultoría agrupo y nombro los capítulos de manera diferente, fue necesario agrupar la evaluación con respecto a la consultoría que los elaboro, permitiendo así determinar las actividades más representativas en cada presupuesto, los que se evidencian en la imágenes 1 y 2.

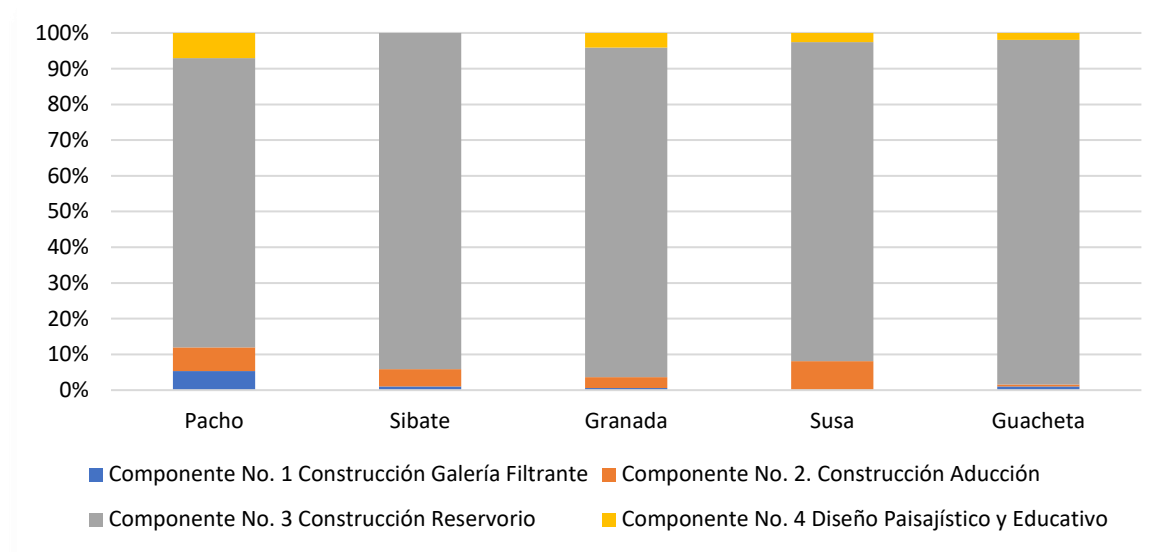


Imagen 1. Capítulos de proyectos ejecutados 2017.

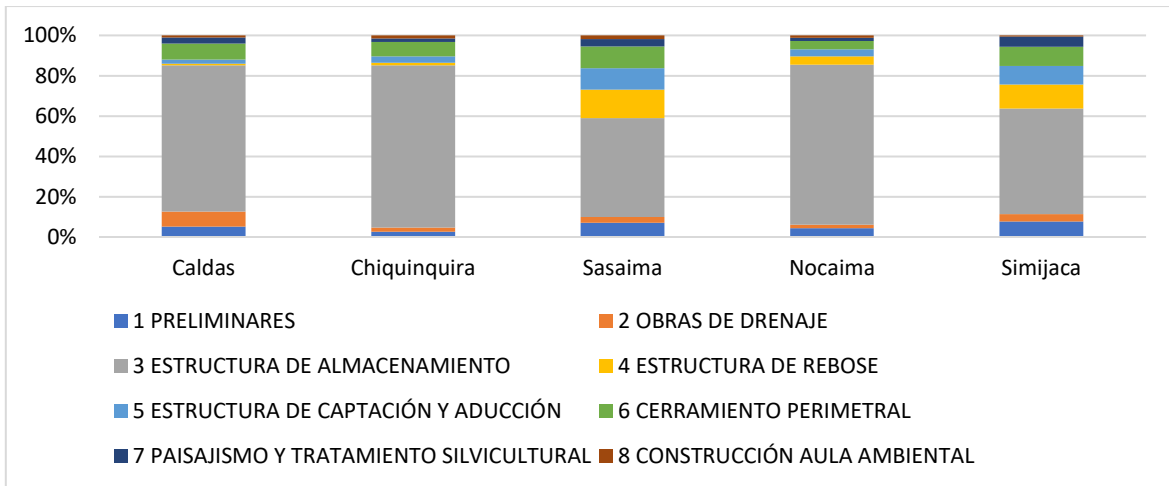


Imagen 2. Capítulos proyectos diseñados 2021.

En dichas graficas se observa que el componente que más peso tiene en el presupuesto son las actividades referentes a la construcción de vaso, así como el costo de la construcción de la línea de aducción, por lo que se considera relevante llevar a cabo una evaluación de estos componentes, por lo que a continuación se definen cada uno de los criterios propuestos para el componente financiero.

Costo Volumen de almacenamiento (m3)

Este componente hace referencia a la relación que existe entre el costo total del proyecto y compararlo con el volumen de agua almacenada, debido a que los proyectos construidos en el 2017 tiene un volumen de almacenamiento igual y que los criterios generales de estos proyectos cambiaron de manera notoria, con respecto a los proyectos diseñados en el 2021, se definió únicamente hacer este análisis con los proyectos de vigencia del 2021 permitiendo así comparar proyectos con características similares y con presupuestos contemporáneos, dicha evaluación da como resultado la imagen 3.

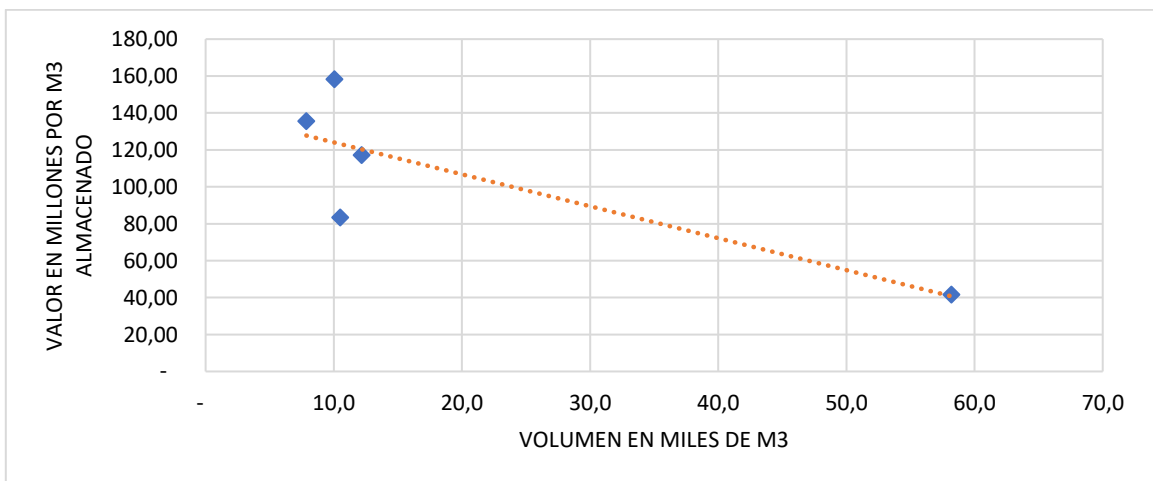


Imagen 3. Costo de m3 almacenado vs Volumen

De acuerdo con la línea de tendencia se puede determinar que a mayor volumen almacenado menor el valor por m³, por lo que se consideró que este criterio es relevante para el presente proceso de evaluación definiendo como escala de acuerdo con la tabla 6.

Tabla 6. Clasificación de las escalas para proyectos ejecutados con respecto al volumen de almacenamiento

Escala	Cantidad de proyectos	Clasificación
>20,1 km ³	1	Óptimo
10, km ³ -20 km ³	9	Moderado
5 km ³ - 9.9km ³	2	Crítico
<5 km ³	2	Muy Crítico

Costo de la línea de aducción

Para calcular valor de la línea de aducción por ml de tubería, se trabajó con el costo de las actividades relacionadas en el capítulo de línea de captación de todos los presupuestos de referencia, la cual dio como resultado la imagen 4.

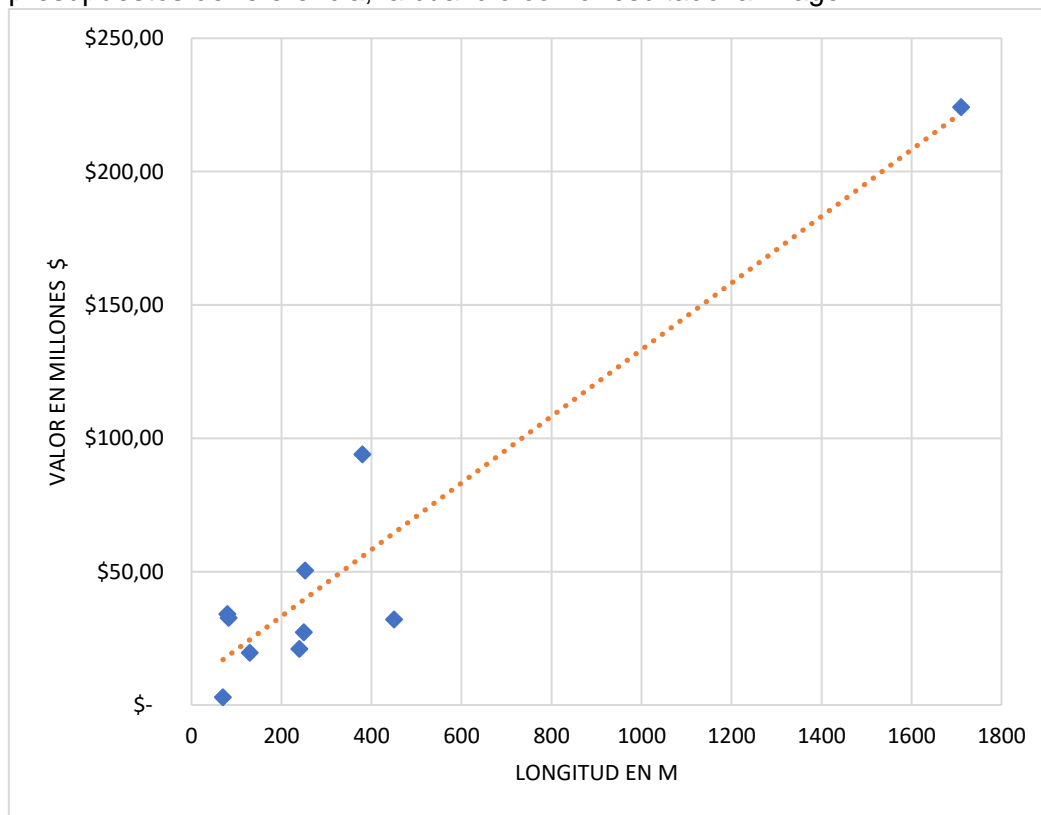


Imagen 4. Valor de la línea de aducción Vs Longitud.

Lo que evidenció de acuerdo con la línea de tendencia que a mayor longitud mayor es el valor de este capítulo en el presupuesto, razón por la cual se definió la escala de acuerdo con la tabla 7.

Tabla 7. Clasificación de las escalas para proyectos ejecutados con respecto a la longitud de la línea de aducción.

Escala	Cantidad de proyectos	Clasificación
<100m	5	Óptimo
101m-300m	5	Moderado
300m-1000m	2	Crítico
>1000m	2	Muy Crítico

Costo de acuerdo con la profundidad a capa de roca (m)

Una vez evaluado el capítulo de construcción del vaso el cual tiene como unos de los ítems más significativos las actividades propias de la excavación y adicionalmente que le diferencia entre el Val de m³ de excavación en material común está cerca del 80% del valor de excavación en roca, lo que indica que a mayor cantidad de roca a excavar mayor será su costo, y que a menor profundidad a la capa de roca mayor será el porcentaje de roca a excavar lo que afecta el presupuesto de manera directa, para definir la relación de los costos de excavación por proyectos se trabajó con los diseñados en el 2021 grupo 1, como se evidencia en la imagen 5.

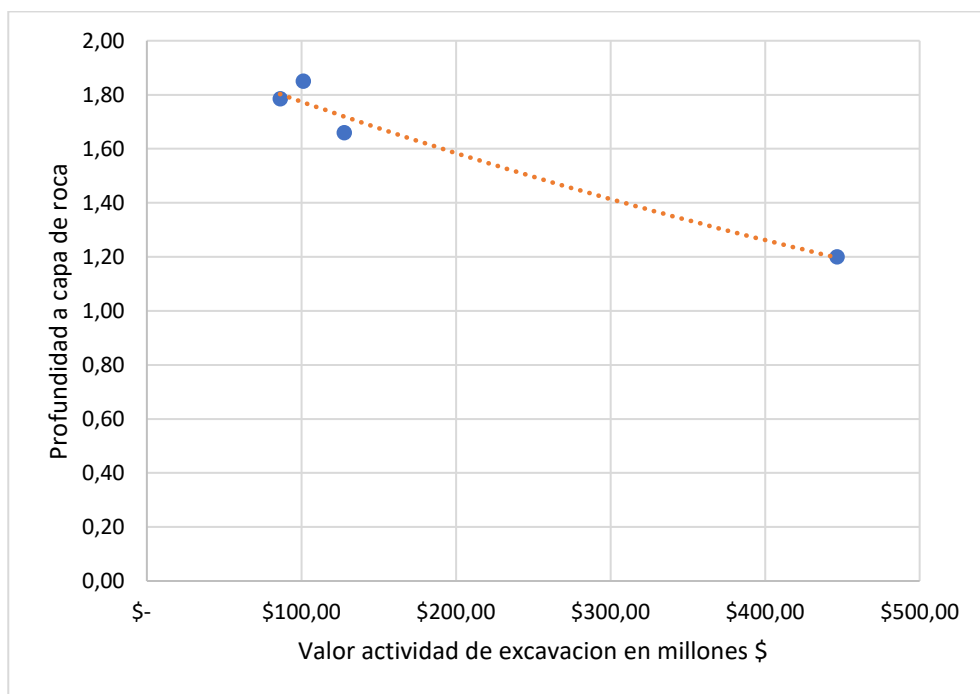


Imagen 5. Profundidad a capa de Roca Vs Valor excavación.

Al hacer una evaluación de la línea de tendencia se observó que a mayor profundidad a la capa de roca menor costo, razón por la cual se definió la siguiente escala de evaluación

con respecto a los proyectos de referencia definiendo la escala de acuerdo con la tabla 8.

Tabla 8. Clasificación de las escalas para proyectos ejecutados con respecto a la profundidad de la roca.

Escala	Cantidad de proyectos	Clasificación
>3.5	4	Óptimo
2,5 a 3,5 m	8	Moderado
1 a 2,5 m	2	Crítico
< 1 m	0	Muy Crítico

3.3. Evaluación Herramienta Multicriterio método AHP para componentes y criterios.

Para aplicar la herramienta propuesta para la evaluación y toma de decisiones mediante una herramienta multicriterio como es el método AHP (Osorio Y Orejuela, 2008), es necesario partir de la información suministrada por un panel de expertos.

Encuesta de expertos y resultados de la encuesta de expertos.

Se definió como uso de expertos al equipo que participó de manera directa en la evaluación de predios en el 2020 y en la elaboración de los diseños para BAMAS aprobados para su ejecución en el 2021, para lo cual se elaboró una encuesta haciendo uso de un formulario Google link, <https://forms.gle/CJd6mQiehVgKQdWu8>, la cual tenía como fin la evaluación específica predios propuesto BAMA, para municipios dentro de la jurisdicción de la CAR, la cual buscaba llevar a cabo una ponderación de los diferentes criterios propuestos para los componentes Ambiental, Social, Técnico y Financiero, La cual fue elaborada por La Ing. Barbara Rico y el Ing. John Navas.

A continuación, se lleva a cabo la evaluación a cada una de las preguntas con respecto al peso de los diferentes componentes, ver imagen 6 y el peso de los criterios con respecto a los componentes técnicos, imagen 9 y financieros, imagen 13. (Ver Anexos 1)

Pregunta No 5. Peso componentes

Evaluación Componentes: Jerarquice de acuerdo a su criterio cual de estos componentes tiene mayor relevancia siendo 1 el más relevante y 4 el de menor peso, tener en cuenta que ninguno de los criterios debe repetir el valor en la escala. *

	1	2	3	4
Tecnico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ambiental	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Social	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fianciero	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Imagen 6. Pregunta 5 Encuesta grupo de expertos.

Con la información recibida de la encuesta se llevó a cabo la siguiente tabulación como se muestra en la imagen 7 y la ponderación para cada componente en la imagen 8. (Ver Anexo 3 Hoja electrónica AHP Componentes).

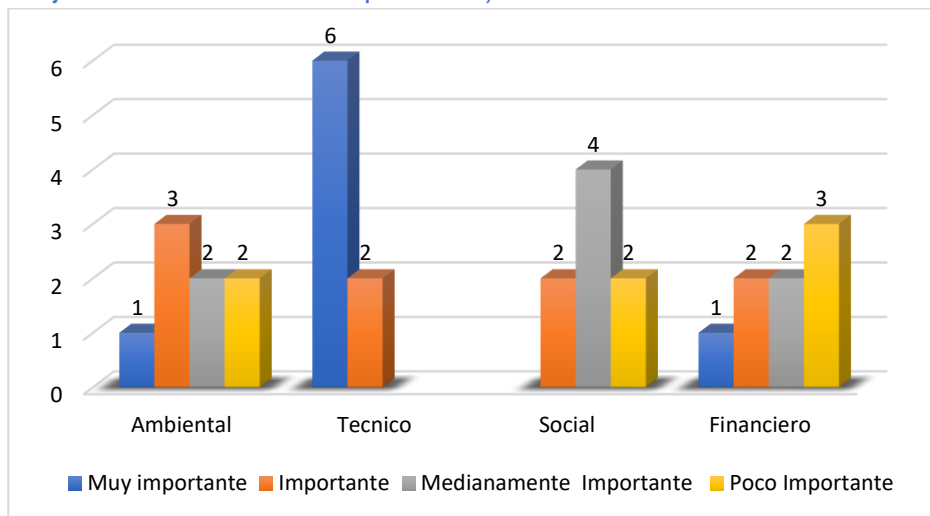


Imagen 7. Clasificación respuestas por componente de todos los encuestados.

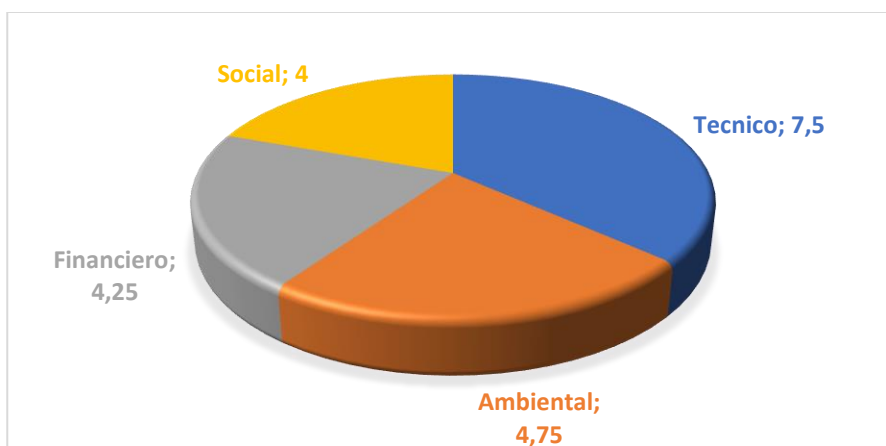


Imagen 8. Ponderado respuesta peso componentes

Una vez realizada la metodología AHP, se definió el peso de cada uno de los componentes para la evaluación del predio de acuerdo con la tabla 9

Tabla 9. Peso de componente de acuerdo con metodología AHP.

1	Ambiental	27,76%
2	Técnico	46,68%
3	Social	9,53%
4	Financiero	16,03%
		100%

Pregunta No 1, Peso Criterios Técnicos

Criterios Componente Técnico; A continuación se presenta Matriz la cual busca priorizar la importancia de cada uno de los criterios propuestos siendo 1 el más importante y 5 el que menor relevancia tiene entre las opciones, tener en cuenta que ninguno de los criterios debe repetir el valor en la escala.

	1	2	3	4	5
Distancia a vías...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pendiente prom...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pendiente prom...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Área Microcuen...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Longitud estruc...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Imagen 9. Pregunta No 1 encuesta grupo de expertos.

Con la información recibida de la encuesta se llevó a cabo la siguiente tabulación como se muestra en la imagen 10 y la ponderación para cada componente en la imagen 11. (Ver anexo 2 Hoja electrónica AHP Criterios)

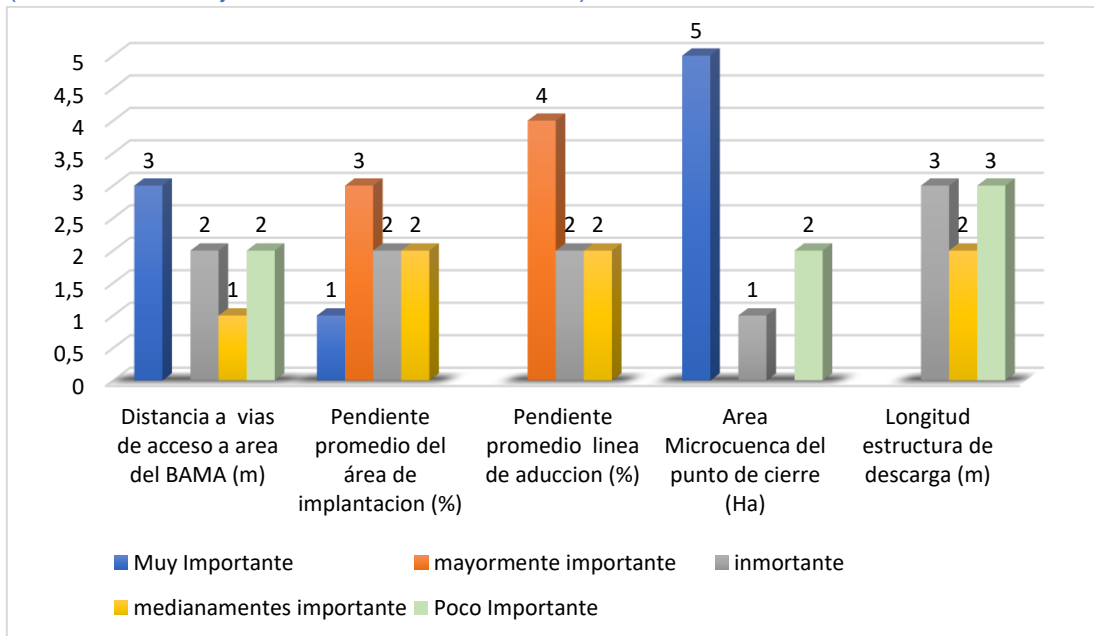


Imagen 10. Clasificación respuestas por criterio técnico de todos los encuestados.

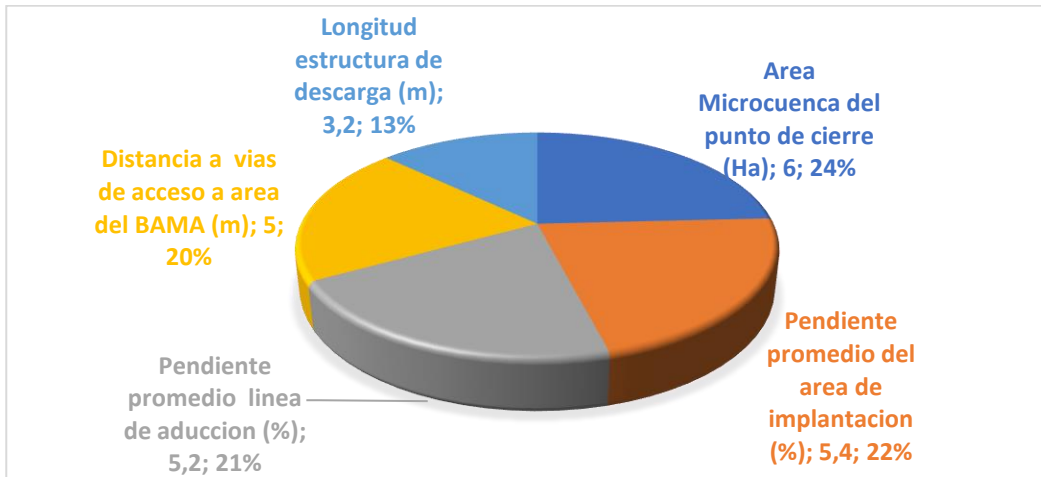


Imagen 11. Ponderado respuesta peso criterios técnicos

Una vez realizada la metodología AHP, se definió el peso de cada uno de los criterios para el componente técnico, de acuerdo con la tabla 10.

Tabla 10. Peso de criterio técnico de acuerdo con metodología AHP.

1	Distancia a vías de acceso a área del BAMA (m)	9,75%
2	Pendiente promedio del área de implantación (%)	26,34%
3	Pendiente promedio línea de aducción (%)	16,02%
4	Área Microcuenca del punto de cierre (Ha)	41,74%
5	Longitud estructura de descarga (m)	6,15%
		100%

Pregunta No 3, Pregunta peso criterios financieros.

Componente Financiero; A continuación se presenta Matriz la cual busca priorizar la importancia de cada uno de los criterios propuestos siendo 1 el mas importante y 3 el que menor relevancia tiene entre las opciones, tener en cuenta que ninguno de los criterios debe repetir el valor en la escala. *

	1	2	3
Volumen de almacenami...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Longitud línea de aducci...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Profundidad a la capa de...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Imagen 12. Pregunta No 3 encuesta grupo de expertos.

Con la información recibida de la encuesta se llevó a cabo la siguiente tabulación como se muestra en la imagen 14 y la ponderación para cada componente en la imagen 15. (Ver anexo 2 Hoja electrónica AHP Criterios).

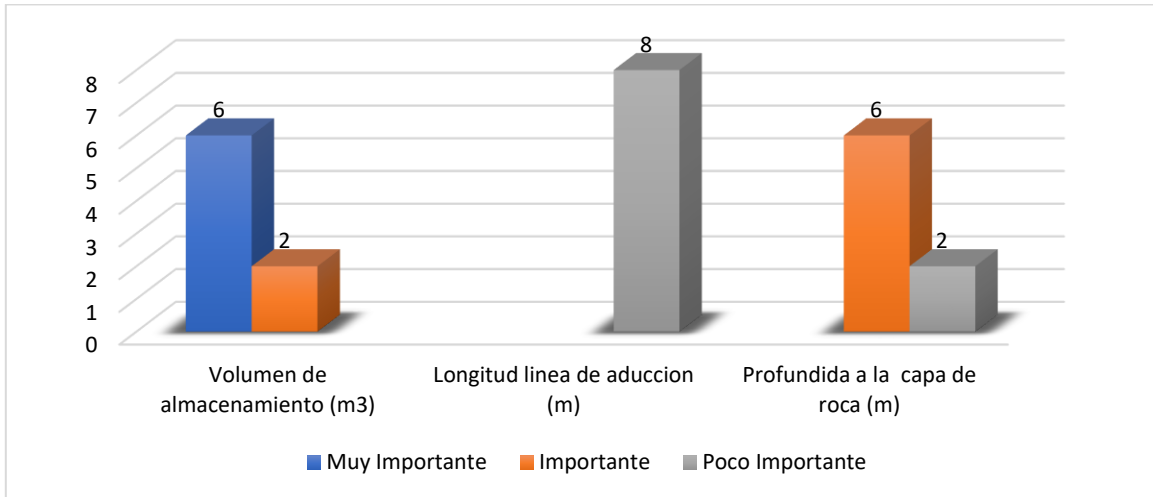


Imagen 13. Clasificación respuestas por criterios financieros de todos los encuestados

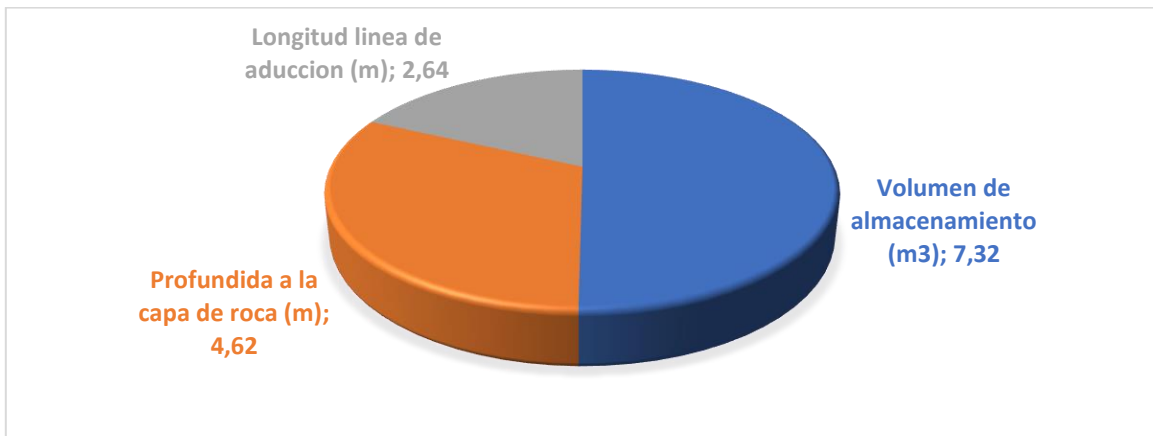


Imagen 14. Ponderado respuesta peso criterios Financieros.

Una vez realizada la metodología AHP, se definió el peso de cada uno de los criterios para el componente Financiero, de acuerdo con la tabla 11.

Tabla 11.. Peso de criterios financieros de acuerdo con metodología AHP.

1	Volumen de almacenamiento (m3)	54,72%
2	Longitud línea de aducción (m)	18,97%
3	Profundidad a la capa de roca (m)	26,31%
		100%

3.4. Verificación del modelo y escalas de los criterios propuestos.

Con el fin de verificar y ajustar las escalas propuestas en cada uno de los criterios definidos y su cuantificación, se utilizó la información de los proyectos de la siguiente manera:

Proyectos ejecutados mediante el contrato No 1913-2017 que tenía como objeto: “ESTUDIOS, DISEÑOS Y CONSTRUCCION DE LOS BANCOS MUNICIPALES DE AGUA. BAMA EN LOS MUNICIPIOS PRIORIZADOS DE LA JURISDICCION CAR-ETAPA II”. De acuerdo con la tabla 12. (APIS, 2019)

Tabla 12. Proyectos ejecutados 2017.

Municipio	Vereda	Predio
Pacho	Llano de la Hacienda	IED Instituto Agrícola
Sibaté	Aguas Claras	La florida
Granada	San José Bajo Sector Venecia	San Joaquín
Susa	Las Cascadas	La Esperanza
Guachetá	Peñas	Buenos Aires Lote 1

Proyectos Diseñados y en proceso de licitación mediante la licitación pública No. 10 de 2021 con objeto: “CONSTRUCCIÓN DE BANCOS MUNICIPALES DE AGUA “BAMAS” EN LOS MUNICIPIOS DE CALDAS, CHIQUINQUIRÁ, NOCAIMA Y SASAIMA PERTENECIENTES A LA JURISDICCION CAR” y la licitación pública No. 12 DE 2021 CUYO OBJETO CORRESPONDE A: CONSTRUCCIÓN DEL BANCO MUNICIPAL DE AGUA “BAMA” EN EL MUNICIPIO DE SIMIJACA, PERTENECIENTE A LA JURISDICCION CAR, de acuerdo con la tabla 13. (CAR, 2021c) Y (CAR,2021d)

Tabla 13. Proyectos diseñados 2021.

Licitación Publica No	Municipio	Vereda	Predio
LP-10-2021	Caldas	Vueltas	La estrella
	Chiquinquirá	Quiche	Santo Domingo
	Sasaima	La Victoria	La Victoria
	Nocaima	Centro	Zona 1 5 PTE
LP-12-2021	Simijaca	Aposentos	Sacuara

Predios visitados por parte de profesionales de la CAR de aquellos predios que se observó que a pesar de que el predio cuenta con un área para la implementación fueron descartados o están en proceso de ajuste para viabilizar los para su diseño y posible construcción, de acuerdo con la tabla 14. (CAR, 2021e)

Tabla 14. Proyectos evaluados 2021.

Municipio	Vereda	Predio	Estado
Pulí	Tabor	La Esperanza	Descartado
Guaduas	Totumal	San Pablo	Descartado

Nimaima	Cañadas	Lote 2	Descartado
Buena Vista			En ajuste

Definidos los predios que se usaron de referencia se procedió a buscar la información específica de cada uno de los criterios de selección, y graficarlos, este archivo se elaboró con la plataforma Google earth el cual cuenta con la totalidad de los proyectos, del cual se extrae la siguiente imagen 16. (Ver anexo 5)

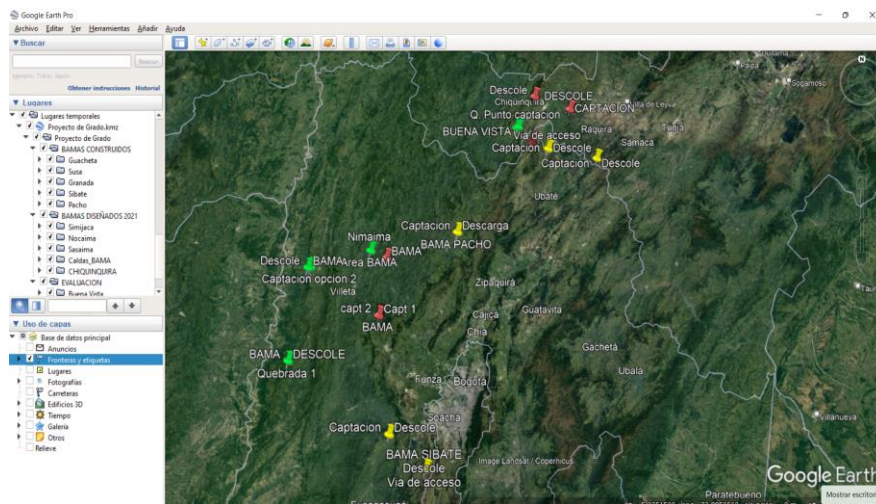
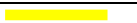




Imagen 15. Proyectos de referencia en Google Earth.

Tabla 15. Clasificación colores en archivo proyectos de referencia

Color	Tipo Proyecto
	Construido
	Diseñado y PL
	Descartado o Eval

Cada uno de los proyectos de este archivo está conformado con un bosquejo de los elementos necesarios para llenar los criterios solicitados, permitiendo así extraer la información necesaria para cuantificar cada uno de los criterios técnicos y financieros a continuación se presenta como ejemplo en la imagen 17.

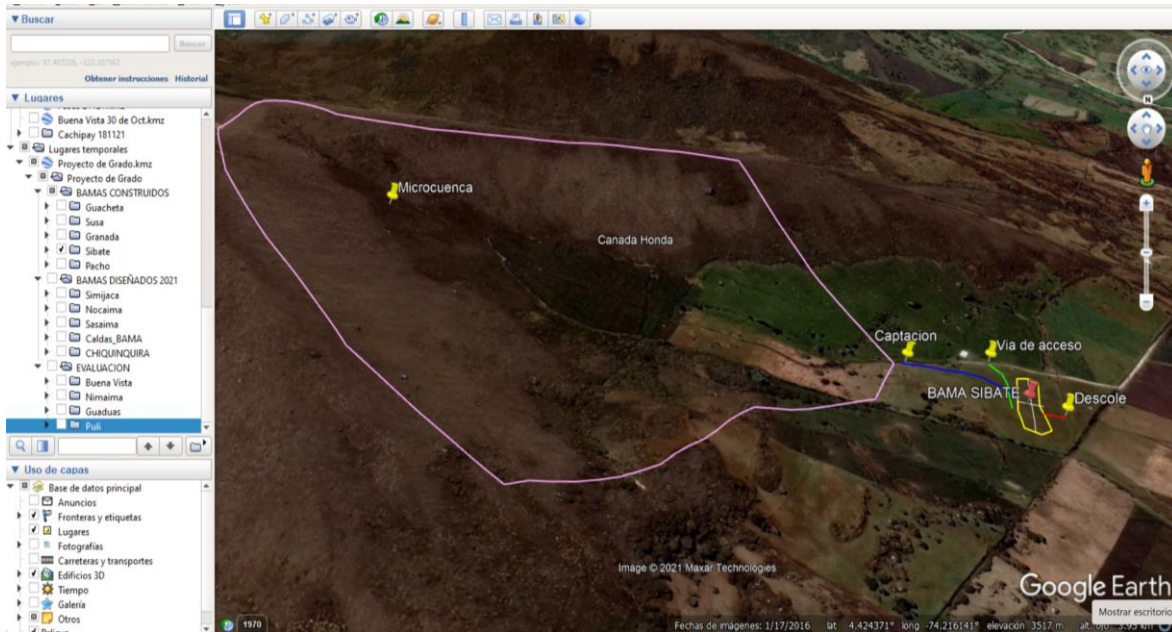







Imagen 16. Ejemplo Proyecto de Ubaté en archivo kmz.

Tabla 16. Clasificación colores elementos BAMA

Color	Tipo de elemento
	Vía de acceso
	Pendiente Terreno BAMA
	Línea de aducción
	Microcuencia
	Estructura de descarga

Una vez ubicada cada uno de los elementos que conforman cada BAMA se procede a tomar los datos de cada una de los criterios solicitadas con ayuda de las herramientas con las que cuenta Google Earth, tales como toma de longitudes, áreas y cálculo de perfiles, cabe aclarar que dicha información es aproximada pero genera la suficiente precisión para llevar acabo la evaluación preliminar de un predio junto con lo observado en la visita realizada y la experiencia de los profesionales que desarrollen el informe final. A continuación, se relacionan las tablas 17 y 18 con los datos calculados para cada uno de los proyectos evaluados con respecto a los componentes Técnicos y financieros respectivamente. (Ver Anexo 2 Hoja electrónica Escalas criterios)

Tabla 17. Evaluación técnica proyectos de referencia.

Municipio	Distancia a vías de acceso a área del BAMA (m)	Pendiente promedio del área de implantación (%)	Pendiente promedio línea de aducción (%)	Área Microcuenca del punto de cierre (Ha)	Longitud estructura de descarga (m)
	Longitud (m)	Pendiente %	Pendiente %	Hectareas	Longitud (m)
Pacho	111	5,00%	7,20%	6.400,00	110
Sibate	80	3,00%	11,67%	23,00	30
Granada	70	0,00%	2,50%	6.100,00	80
Susa	20	0,00%	0,22%	588.800,00	20
Guacheta	80	2,00%	5,71%	14.700,00	20
Caldas	276	9,50%	6,10%	26,40	40
Chiquinquirá	40	3,77%	13,75%	29,70	35
Sasaima	67	5,00%	19,21%	46,23	270
Nocaima	41	5,00%	6,79%	84,92	108
Simijaca	30	0,00%	7,31%	26,63	154
Pulí	376	3,33%	3,50%	50,00	30
Guaduas	718	8,64%	8,83%	151,98	128
Nimaima	850	13,04%	19,18%	7,96	50
Buena Vista	735	9,62%	12,42%	232,08	30

Tabla 18. Evaluación financiera proyectos de referencia.

Municipio	Volumen de almacenamiento (m3)	Longitud línea de aducción (m)	Profundidad a la capa de roca (m)
	Volumen (m3)	Longitud(m)	Profundidad (m)
Pacho	10.000	250	2,00
Sibate	10.000	130	5,00
Granada	10.000	240	2,50
Susa	10.000	450	5,00
Guacheta	10.000	70	5,00
Caldas	10.058	83	1,20
Chiquinquirá	7.866	80	1,85
Sasaima	10.505	380	1,66
Nocaima	12.173	253	1,79
Simijaca	58.193	1710	5,00
Pulí	4.500	66	1,20
Guaduas	11.678	1200	1,85
Nimaima	3.360	46	1,66
Buena Vista	6.219	153	1,79

Con los datos definido de cada uno de los proyectos y con ayuda de la herramienta de evaluación de predios se procede a llevar a cabo una valoración de cada uno de los criterios para cada uno de los componentes definidos en la metodología en los componentes Técnicos y financieros dando como resultado las tablas 19 y 20. (Ver anexo 3 Hoja Electrónica Eval. Comp. Técnico y financiero)

Tabla 19. Puntuación predios de referencia componente técnico.

Criterio	CONSTRUIDOS					DISEÑADO Y EN CONSTRUCCION					DESCARTADOS			EVALUACION
	Pacho	Sibate	Granada	Susa	Guacheta	Caldas	Chiquinquirá	Sasaima	Nocaima	Simijaca	Puli	Guaduas	Nimaima	Buena Vista
Distancia a vías de acceso a área del BAMA (m)	4,87%	7,31%	7,31%	9,75%	7,31%	4,87%	9,75%	7,31%	7,31%	9,75%	2,44%	2,44%	2,44%	2,44%
Pendiente promedio del área de implantación (%)	26,34%	26,34%	26,34%	26,34%	26,34%	19,75%	26,34%	26,34%	26,34%	26,34%	26,34%	19,75%	13,17%	19,75%
Pendiente promedio línea de aducción (%)	12,02%	16,02%	8,01%	4,01%	12,02%	12,02%	16,02%	16,02%	12,02%	12,02%	8,01%	12,02%	16,02%	16,02%
Área Microcuenca del punto de cierre (Ha)	41,74%	20,87%	41,74%	41,74%	41,74%	20,87%	20,87%	31,31%	41,74%	20,87%	31,31%	41,74%	10,44%	41,74%
Longitud estructura de descarga (m)	3,08%	6,15%	4,61%	3,08%	6,15%	4,61%	4,61%	1,54%	3,08%	3,08%	6,15%	3,08%	4,61%	6,15%
Total	88,05%	76,69%	88,01%	84,91%	93,56%	62,13%	77,59%	82,51%	90,48%	72,05%	74,24%	79,02%	46,68%	86,10%

Tabla 20. Puntuación predios de referencia componente financiero.

Criterio	CONSTRUIDOS					DISEÑADO Y EN CONSTRUCCION					DESCARTADOS			EVALUACION
	Pacho	Sibate	Granada	Susa	Guacheta	Caldas	Chiquinquirá	Sasaima	Nocaima	Simijaca	Puli	Guaduas	Nimaima	Buena Vista
Volumen de almacenamiento (m3)	41,04%	41,04%	41,04%	41,04%	41,04%	41,04%	41,04%	41,04%	41,04%	54,72%	27,36%	41,04%	27,36%	41,04%
Longitud línea de aducción (m)	14,23%	14,23%	14,23%	9,49%	18,97%	18,97%	18,97%	9,49%	14,23%	4,74%	18,97%	4,74%	18,97%	14,23%
Profundidad a la capa de roca (m)	13,15%	26,31%	13,15%	26,31%	26,31%	13,15%	13,15%	13,15%	13,15%	26,31%	13,15%	13,15%	13,15%	13,15%
Total	68,42%	81,58%	68,42%	76,83%	86,32%	73,17%	73,17%	63,68%	68,42%	85,77%	59,49%	58,94%	59,49%	68,42%

Una vez cuantificados los componente técnicos, financieros e incluidos los componentes ambientales y sociales para cada uno de los predios de referencia, se llevó a cabo la ponderación de acuerdo con el peso de cada componente definiendo así el valor total de evaluación resultado que se muestra en la Imagen 18. (Ver anexo 3, Hoja electrónica Validación y priorización)

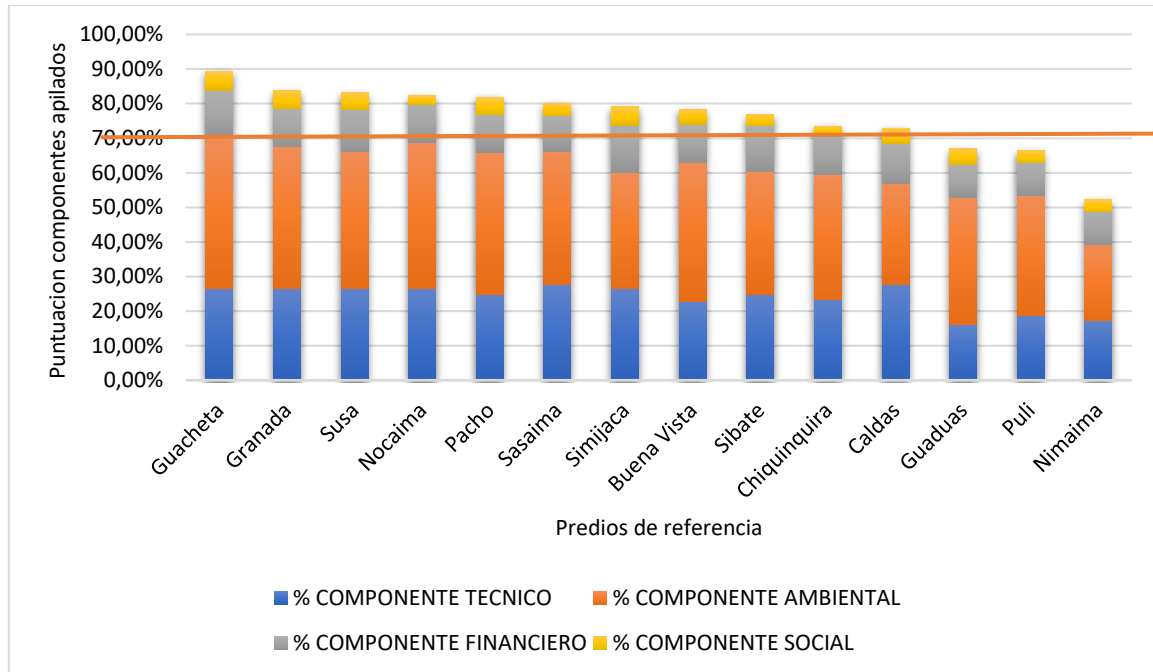


Imagen 17. Calificación predios de referencia con todos los componentes.

Debido a que los proyectos en su mayoría se encuentran ejecutados o en proceso de ejecución, y que en esta evaluación se incluyeron tres proyectos descartados por el equipo técnico que son los municipios de, Guaduas, Pulí y Nimaíma, cuyas puntuaciones fueron 66.92%, 66.39% y 52.17% respectivamente, nos muestra que aquellos proyectos que saquen un porcentaje menor al 70% pueden ser descartados, sin embargo se debe tener en cuenta que cada evaluación de predio es muy específico por lo que esta herramienta de evaluación es una guía para tener en cuenta los componentes anteriormente mencionados y lo único que busca es que sea una herramienta que sirve referencia para evaluar un predio siendo de total autonomía por parte de la Dirección de la Corporación definir la ejecución o no de un proyecto.

4. Manual de evaluación componente técnico y financiero (Herramienta Evaluación Predio)

Una vez se cuente con la carta de intención por parte de los municipios, y que dicha solicitud venga debidamente soportada de acuerdo con los requerimientos de la Corporación para participar en los proyectos BAMA, se da inicio al proceso de evaluación del predio propuesto, el cual se llevara a cabo por etapas como se define a continuación:

4.1. Etapa 1: Verificación preliminar de Criterios excluyentes.

Partiendo de la información presentada por el municipio para el predio en evaluación, se debe evaluar el cumplimiento a la totalidad de los criterios excluyentes con ayuda de las siguientes plataformas y su respectiva información. Ver tabla 21.

Tabla 21. Plataformas de apoyo para evaluación de predios.

Plataforma	Información
IGAC	Propietario y área del predio
Google Earth	Distancia entre vía existente y predio.
	Pendiente del terreno.
	Distancia de la posible fuente de captación
	Delimitación de la microcuenca del posible punto de cierre y cálculo del área.
Geo-Ambiental	Drenajes cercanos y zonas de Ronda requeridas.

Buscando verificar el cumplimiento a los criterios excluyentes de la tabla 22. ([Ver Anexo 4, Hoja electrónica Binario](#))

Tabla 22. Lista criterios excluyentes componentes Técnicos y Ambientales.

Componente	Criterios.
Evaluación preliminar técnica del predio (Clasificación Binaria)	Área Mayor a 1 Hectárea
	Vía de acceso menor a 1Km
	Pendiente del terreno menor al 20%
	Cota mayor entre el punto de Captación y el posible lugar de implantación con una pendiente mayor a 1%:
	Microcuenca (Área mayor a 2 Hectáreas del punto de captación posible)
Normatividad y Reglamentación Ambiental	El uso del suelo del predio es apto y permisible para la construcción del BAMA
	El predio cuenta con un área donde se pueda implementar el proyecto BAMA sin restricción ambiental
	El predio cuenta con un área para la construcción del BAMA fuera de zona de Paramo
	La construcción del BAMA está fuera de una Ronda Hidráulica.
	El predio cuenta con un área disponible para la construcción de un BAMA fuera de riesgo

Si se da cumplimiento a la totalidad y a cada uno de los criterios excluyentes, se debe continuar con la etapa de evaluación específica del predio de lo contrario se debe descartar el predio de manera directa, emitiendo un informe de dicha evaluación como respuesta al requerimiento inicial e informar el motivo de dicha determinación.

4.2. Etapa 2: Verificación específica del predio para los componentes técnicos y financieros

Para esta etapa será necesario a realizar una visita, de 2 profesionales de la Corporación y un representante del municipio, con el fin de recopilar datos de manera específica del predio y la posible área de implantación del BAMA la cual debe ser soportada con un registro fotográfico, toma de coordenadas de los diferentes elementos y demás información que se considere relevante para la evaluación del predio.

Para definir el área de la posible implantación se deben buscar la optimización de cada uno de los elementos que conforman el sistema de captación, almacenamiento, descarga, y como el acceso hasta el área propuesta, esta información debe quedar consignada en un informe de la visita donde se define si se continua con la evaluación del predio, o si existen requerimientos al municipio adicionales para continuar en el proceso de verificación del predio.

4.2.1. Componente técnico

A continuación, se lleva a cabo una descripción de la metodología a propuesta para determinar los criterios a evaluar de los respectivos componentes técnico, para lo cual es necesario en la visita definir los siguientes elementos:

- Punto de llegada en vehículo vs el área propuesta.
- Área propuesta para la implantación.
- Pendiente promedio del área propuesta.
- Posible punto de captación. con una cota mayor al área propuesta.
- Posible punto de descarga a una cota menor al área propuesta

Distancia desde vías de acceso a posible punto del BAMA (m)

Para definir la distancia que hay de la vía de acceso al área propuesta del BAMA, es necesario que en la visita de verificación se tomen las coordenadas del punto hasta dónde llega el vehículo y el área propuesta del BAMA, para posteriormente en el proceso de evaluación de la información tomada en campo se usen estas coordenada y una alineación propuesta de la vía, teniendo especial cuidado en no manejar pendientes pronunciadas debido a que esta vía será para vehículos pesados, datos que pueden ser

tomados con la ayuda de la plataforma Google Earth, u otra herramienta que permita tomar estos datos.

Pendiente promedio del área en el posible punto de implantación (%)

Para el cálculo de la pendiente promedio del área propuesta del BAMA será necesario usar la información tomada en la visita del campo, y llevar a cabo una implantación preliminar con la ayuda de una herramienta de Google Earth, buscando dar la forma de acuerdo a lo observado en campo, se estima que un are de 5000 m², tiene la capacidad para implementar un BAMA de 10.00 m³, sin embargo la toma de decisión con respecto al volumen se debe tener en cuenta la capacidad de la fuente propuesta como captación, el área libre del BAMA y la forma del terreno, una vez se defina el área se deben trazar líneas auxiliares que dividan longitudinalmente el área propuesta y proyectar el perfil de dicha línea, la cual sirve para definir la diferencia de cotas y la longitud, definiendo así la pendiente mayor como el dato para diligenciar en la tabla de evaluación.

Pendiente promedio del punto de captación al punto de llegada al BAMA para línea de aducción (%)

El método de cálculo para los predios en evaluación se recomienda determinar las coordenadas y cotas del punto de Captación propuesto y al definir el área aproximada del BAMA se puede estimar la cota máxima de llenado la cual será la cota de llenado, posteriormente trazar en Google Earth una línea que garantice una pendiente que en su promedio sea positiva con ayuda de la herramienta de perfil de la línea, y posteriormente calcular la pendiente mediante la siguiente ecuación $(\text{Cota Captación} - \text{Cota de llenado}) / \text{Longitud de la tubería}$.

Tamaño cuenca desde punto de captación desde el punto de cierre (Ha)

Definido el punto de cierre de la cuenca y ubicado dentro de la plataforma que permita evaluar los criterios generales de la zona (Google Earth), se debe trazar la microcuenca de manera aproximada, donde se evidencie que puede captar y transportar agua por escorrentía hasta el punto de cierre, permitiendo así medir el área de la microcuenca la cual se debe tener en unidades de hectáreas.

Longitud de estructura de descarga desde punto propuesto BAMA (m)

Una vez definida el área y la fuente donde se llevará acabo la descarga de los excesos de aguas captadas, así como el manejo de las aguas captadas por los filtros de fondo y sistema de descarga de vaso, se debe trazar la posible implantación de la estructura de descarga, verificando el funcionamiento del drenaje a descargar, evitando así que existan riesgos de afectación a predios aledaños y su correcto funcionamiento hidráulicos a un drenaje mayor y bien definido.

4.2.2. Componente Financiero

Definidos los criterios técnicos los cuales servirán de insumo para definir los criterios financieros tales como:

- Volumen almacenamiento del BAMA.
- Longitud línea de aducción.
- Profundidad a la capa de roca.

Volumen de almacenamiento

Para estimar el volumen de almacenamiento es necesario llevar a cabo una reunión entre los especialistas de geotecnia, hidráulico e hidrólogo, como mínimo, esto debido a que para definir este volumen es necesario tener en cuenta cada uno de los componentes relacionados, esta evaluación es preliminar debido a que el volumen definitivo será definido una vez se cuente con los estudios específicos tales como topografía, evaluación hidrológica de la zona.

Longitud línea de aducción

Para el cálculo de la pendiente de la línea de aducción el cual es uno de los requerimientos del componente técnico, se debe extraer el dato de la longitud de la línea propuesta de acuerdo con el trazado anteriormente mencionado.

Profundidad a capa de roca (m)

para esta evaluación se debe hacer una estimación de la profundidad de la capa de roca mediante lo evidenciado en la zona, la búsqueda de cortes o apique cercanos a la zona de implantación del BAMA y con la ayuda de clasificación de los suelos de la zona, permitiendo así estimar el grosor de la capa de terreno antes de llegar a la roca.

4.3. Herramienta de evaluación predios

Para facilitar la evaluación de cada uno de los criterios de los predios viabilizados para visita se presenta la hoja electrónica Herramienta de evaluación ver imagen 19, la cual se encuentra diseñada para ponderar el puntaje del predio de acuerdo con las escalas respecto a los componentes Técnicos, Financieros, para los componentes Ambientales y Sociales se encuentra implementada en el proyecto de grado de la Ing. Barbara Rico ([Ver Anexo 4, Hoja electrónica Eval. Predio](#)), para lo cual será necesario elaborar un bosquejo preliminar del proyecto, donde se pueda dimensionar cada uno de los elementos que conforman el criterio a evaluar teniendo como guía las coordenadas tomadas en campo y los alineamientos propuestos preliminarmente, datos que pueden ser cuantificados y

relacionados de manera directa a la hoja electrónica de acuerdo a sus unidades propuestas, la Hoja electrónica lleva acabo la valoracioj y ponderación del predio a evaluar, ponderación que ofrece un criterio técnico para la priorización de predios de acuerd a los componentes planteados.

Fecha Solicitud: _____
 Fecha evaluación Preliminar _____
 Fecha Visita de campo _____
 Fecha Evaluación Final _____

Municipio: _____
 Vereda: _____
 Predio: _____

Componente	Criterio	Unidad	Cantidad predio a evaluar	Clasificación	Puntuación
TECNICO	Distancia a vías de acceso a área del BAMA (m)	Longitud (m)		0	0,00%
	Pendiente promedio del área de implantación (%)	Pendiente (%)		0	0,00%
	Pendiente promedio línea de aducción (%)	Pendiente (%)		0	0,00%
	Área Microcuenca del punto de cierre (Ha)	Área (m2)		0	0,00%
	Longitud estructura de descarga (m)	Longitud (m)		0	0,00%
FINANCIERO	Volumen de almacenamiento (m3)	Volumen (m3)		0	0,00%
	Longitud línea de aducción (m)	Longitud (m)		0	0,00%
	Profundidad a la capa de roca (m)	Altura (m)		0	0,00%
AMBIENTAL	Tipo de vegetación predominante				
	Nivel de intervención de vegetación para vías de acceso				
	Calidad del agua PH				
	Calidad del agua Carga Orgánica DQO				
	Condición del ecosistema en el área del BAMA				
SOCIAL	Categorización del municipio				
	Distancia a zona poblada (comunidad)				
	El municipio ha tenido emergencia por desabastecimiento de agua				
Calificación					

OPTIMO
MODERADO
CRITICO
MUY CRITICO

Imagen 18. Herramienta evaluación predio visitado.

5. Conclusiones

- Una vez evaluadas las características de los proyectos ya ejecutados y diseñados por la Corporación, se definieron 5 criterios para el componente técnico y 3 para el componente financiero, los cuales permitieron evaluar de forma apropiada dichos componentes.
- Mediante el uso del método AHP se definieron las ponderaciones, el componente técnico tiene un mayor peso con respecto al componente financiero, lo cual se sustenta en los resultados de la encuesta a expertos.
- De acuerdo con la evaluación de los proyectos de referencia se determinó que la herramienta de ponderación corresponde a los criterios de evaluación, lo que permite cuantificar y comparar varios proyectos para la priorización de los proyectos de acuerdo con los componentes establecidos.
- Se cuenta con la herramienta de evaluación de predios de acuerdo con las dos etapas propuestas, la cual puede apoyar estos procesos en la CAR.

6. Referencias bibliográficas.

1. Corporación Autónoma regional de Cundinamarca CAR (2018). *Términos de referencia, medidas de compensación, Bancos Municipales de Agua BAMA.*
2. Corporación Autónoma regional de Cundinamarca CAR (2021a). *Guía metodológica para proyectos de sistemas de almacenamiento tipo BAMA.*
3. Corporación Autónoma regional de Cundinamarca CAR (2021b). *Procedimiento para Bancos Municipales de Aguas- BAMAS.*
4. Corporación Autónoma regional de Cundinamarca CAR (2021c). *Informe técnico DIA No 039 de 11 Jun 2021. Informe Técnico bancos Municipales de Agua Municipio de Caldas, Chiquinquirá, Nocaima y Sasaima.*
5. Corporación Autónoma regional de Cundinamarca CAR (2021d). *Informe técnico DIA No 055 de 14 Sep. 2021. Informe Técnico bancos Municipales de Agua Municipio de Simijaca.*
6. APIS SAS. (2019). *Estudios y diseños del banco municipal de Aguas en el municipio de Pacho, Sibaté, Granada, Susa y Guachetá.*
7. Osorio Gómez Juan Carlos; Orejuela Cabrera Juan Pablo (2008). *El proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y la toma de decisiones Multicriterio Ejemplo de Aplicación.*
8. Corporación Autónoma regional de Cundinamarca CAR (2021e); *Informes de visitas, municipios Guaduas, Buenavista, Nimaima y Pulí.*
9. Corporación Autónoma regional de Cundinamarca CAR (2021f); *Presupuesto oficial proyectos Caldas, Chiquinquirá, Nocaima, Sasaima.*
10. Corporación Autónoma regional de Cundinamarca CAR (2021g); *Presupuesto proyecto Simijaca.*

7. Anexos

1. Encuesta. .xlsx
2. Criterios de Selección BAMAS .xlsx
3. Validación y Priorización. .xlsx
4. Herramienta Evaluación Predios .xlsx
5. Elementos proyectos de referencia .kmz