

RESOLUCIÓN No. 1909

14 NOV. 2023

**“Por medio del cual se otorga un permiso de Concesión de Aguas Superficiales”**

**EL DIRECTOR GENERAL DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA EL  
DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCÓ – CODECHOCO EN USO DE SUS FACULTADES  
LEGALES Y EN ESPECIAL LAS CONFERIDAS POR LA LEY 99 DE 1993, 1076 DE 2015,  
RESOLUCIÓN 1023 DE 2005 Y**

### **CONSIDERANDO**

Que a la Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó CODECHOCO le fue asignado el manejo, administración y fomento de los recursos renovables dentro del territorio de su jurisdicción.

Que el numeral 9 del artículo 31 de la ley 99 de 1993, establece como función de las Corporación Autónoma Regional y de Desarrollo Sostenible: *“Otorgar concesiones, permisos, autorizaciones y licencias ambientales requeridas por la ley para el uso, aprovechamiento o movilización de los recursos naturales renovables o para el desarrollo de actividades que afecten o puedan afectar el medio ambiente. Otorgar permisos y concesiones para aprovechamientos forestales, concesiones para el uso de aguas superficiales y subterráneas y establecer vedas para la caza y pesca deportiva”*.

Que el decreto 1076 de 2015 dispone que:

Artículo 2.2.3.2.5.3: *“Toda persona natural o jurídica, pública o privada, requiere concesión o permiso de la Autoridad Ambiental competente para hacer uso de las aguas públicas o cauces”*.

Artículo 2.2.3.2.8.6: *“Toda concesión implica para el beneficiario, como condición esencial para su subsistencia, la inalterabilidad de las condiciones impuestas en la respectiva resolución. Cuando el concesionario tenga necesidad de efectuar cualquier modificación en las condiciones que fija la resolución respectiva, deberá solicitar previamente la autorización correspondiente comprobando la necesidad de la reforma”*.

Artículo 2.2.3.2.9.1: *“Las personas naturales o jurídicas y las entidades gubernamentales que deseen aprovechar aguas para usos diferentes de aquellos que se ejercen por ministerio de la Ley requieren concesión”*.

Artículo 2.2.3.2.7.1.: *“Toda persona natural o jurídica, pública o privada, requiere concesión para obtener el derecho al aprovechamiento de las aguas para los siguientes fines: a. Abastecimiento doméstico en los casos que requiera derivación; b. Riego y silvicultura; c. Abastecimiento de abrevaderos cuando se requiera derivación; d. Uso industrial; e. Generación térmica o nuclear de electricidad; f. Explotación minera y tratamiento de minerales; g. Explotación petrolera; h. Inyección para generación geotérmica; i*

RESOLUCIÓN No 1909

(1909/2023)

minerales y sustancias tóxicas; m. Acuicultura y pesca; n. Recreación y deportes; o. Usos medicinales, y p. Otros usos minerales”.

Artículo 2.2.3.2.7.2: “El suministro de aguas para satisfacer concesiones está sujeto a la disponibilidad del recurso, por tanto, el Estado no es responsable cuando por causas naturales no pueda garantizar el caudal concedido. La precedencia cronológica en las concesiones no otorga prioridad, y en casos de escasez todas serán abastecidas a prorrata o por turnos, conforme al artículo 122 de este Decreto”.

Que mediante solicitud presentada por el señor **PABLO AGUDELO RESTREPO**, identificado con cédula de ciudadanía No71.786.836, en calidad de representante legal de **AGUAS DEL SUR OESTE S.A.S ESP**, identificado con NIT 900731686-3, solicitó permiso de Concesión de Aguas Superficiales, para la ejecución del proyecto denominado “**PEQUEÑA CENTRAL HIDROELECTRICA PCH MARTEJA**” ubicada en el Municipio de Carmen de Atrato - Departamento del Chocó.

Que con base en las Resoluciones 1280 de 2010, por medio de la cual el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, estableció la escala tarifaria para el cobro de los servicios de Evaluación y seguimiento de las licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y demás instrumentos de manejo y control ambiental para proyectos cuyo valor sea inferior a 2.115 SMMV, se liquidó el valor a pagar por concepto de Evaluación de dicho acto administrativo en el boletín oficial de la Corporación **DIECISEIS MILLONES DE PESOS (\$16.000.000)** y por concepto de publicación **CINCUENTA Y CINCO MIL OCHOCIENTOS PESOS**, Valor que fue cancelado por el solicitante.

Que, mediante el Auto 212 del 14 de julio de 2023, la entidad inicio el trámite de la solicitud en mención, por considerar que reunía los requisitos establecidos en el decreto 1076 de 2015 y la ley 99 de 1993.

Se realiza revisión de documento técnico de concesión de aguas superficiales, presentado por la empresa **AGUAS DEL SUR OESTE - S.A.S ESP**, para el proyecto denominado Pequeña Central Hidroeléctrica PCH MARTEJA, previa visita al campo de inspección ocular en la cual se verifica las condiciones antrópicas y ambientales que se puedan evidenciar en el proceso de captación del agua, así como sus características hidrológicas que permitan o no conocer la concesión de aguas solicitada. Esto con el fin de verificar el cumplimiento a la normatividad ambiental vigente decreto 1076 de 2015 y la ley 99 de 1993 y demás normas ambientales vigentes.

#### ANTECEDENTES

El municipio del Carmen de Atrato se encuentra dentro de las Zonas que no se encuentran Interconectadas Eléctricamente a nivel nacional. Las Zonas no Interconectadas están definidas en Colombia por el artículo 11 de la ley 143 de 1994 y delimitadas y categorizadas por la Resolución 40239 de la GRE en 2022 como las zonas “donde no se presta el servicio público de electricidad a través del sistema Interconectado Nacional”<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ministerio de Minas y Energía (2022). la Resolución 40239 “Por la cual se establece el procedimiento y los criterios para la distribución y giro de subsidios para el servicio público de energía eléctrica en las Zonas No Interconectadas (ZNI) , y se deroga la resolución numero 182138 de 2007 y otras disposiciones”.

RESOLUCIÓN No. 1909

(14 NOV 2023)

Desde lo normativo, el decreto único 1076, en su artículo 2.2.2.3.2.3, numeral 4, literal c, exige trámite de licencia ambiental únicamente a los proyectos de construcción y operación de centrales generadoras de energía a partir del recurso hídrico con una capacidad menor a 100 MW; excepto las pequeñas centrales hidroeléctricas destinadas a operar en Zonas No Interconectadas (ZNI) y cuya capacidad sea igual o menor a 10 MW. En este sentido, este pequeño proyecto hidroeléctrico, no alcanza la capacidad instalada referida y la generación de energía a través del aprovechamiento del movimiento del agua no se considera virtualmente contaminante, dado que se encuentra catalogada como fuente de energía limpia, por lo tanto, no se requiere de licencia Ambiental.

Teniendo en cuenta lo anterior, mediante Formulario de Actuaciones Ambientales, el señor PABLO AGUDELO RESTREPO identificado con cédula de ciudadanía número 71.786.836 de Medellín, en calidad de representante legal de AGUAS DEL SUR OESTE S.A.S ESP, identificada con el NIT°900731686-3, presentó ante CODECHOCÓ, permiso de Concesión de Aguas Superficiales, para el desarrollo del proyecto denominado " PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH MARTEJA", ubicado en el Municipio de Carmen de Atrato- Departamento del Chocó.

Que, mediante Auto No. 0212 del 14 de julio de 2023, la entidad inicio el trámite de la solicitud en mención, por considerar que reunía los requisitos establecidos en el decreto 1076 de 2015 y la ley 99 de 1993

### MARCO NORMATIVO

*Según la política nacional de medio ambiente relacionada con el uso del recurso hídrico, residuos líquidos y trámite de solicitud de permiso de vertimientos, se debe tener en cuenta la siguiente Legislación:*

**Constitución Política de Colombia, Artículo 79** establece que "todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo."

**Artículo 80** establece que el Estado tiene la obligación de planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración y sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

**Decreto 2811 de 1974** "Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

**Artículo 59 del Decreto 2811 de 1974**, "las concesiones se otorgarán en los casos expresamente previstos por la ley". La misma norma en sus artículos 88 a 97, regula lo concerniente a las concesiones de agua como uno de los modos de adquirir el derecho a su uso.

**Ley 99 de 1993**, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el SINA, y se dictan otras disposiciones.

**Artículo 31. Funciones.** Las Corporaciones Autónomas Regionales ejercerán las siguientes funciones:

### Oportunidad y Desarrollo Sostenible para las Subregiones

NIT: 899999238-5

Quibdó Carrera 1° N° 22-96 Tels.: 6711510 | contacto@codechoco.gov.co

[www.codechoco.gov.co](http://www.codechoco.gov.co)

GD-PR-01-FR-01 V.122-01-13



**RESOLUCIÓN No. 1903**

( 14 NOV. 2023 )

12) Ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, lo cual comprenderá el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos, a las aguas en cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos. Estas funciones comprenden la expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos.

**Ley 99 de 1993**, en su artículo 43 establece: "Tasas por Utilización de Aguas. La utilización de aguas por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, dará lugar al cobro de tasas fijadas por el ministerio del Medio Ambiente, que se destinarán equitativamente a programas de inversión en: conservación, restauración y manejo Integral de las cuencas hidrográficas de donde proviene el agua..."

**Artículo 31 de la Ley 99 de 1993, numeral 12**, se establece como funciones de las Corporaciones Autónomas Regionales, la evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, suelo, aire y demás recursos naturales renovables, lo cual comprende la expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos.

**Ley 373 de 1997** Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del Agua, la cual en su artículo primero, define el programa para el uso eficiente y ahorro del agua, como "(...) el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborarse y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico".

Que de igual forma, se establece en el artículo segundo de la citada norma, que "(...) El programa de uso eficiente y ahorro de agua, será quinquenal y deberá estar basado en el diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de agua, y contener las metas anuales de reducción de pérdidas, las campañas educativas a la comunidad, la utilización de aguas superficiales, lluvias y subterráneas, los incentivos y otros aspectos que definan las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales, las entidades prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, las que manejen proyectos de riego y drenaje, las hidroeléctricas y demás usuarios del recurso, que se consideren convenientes para el cumplimiento del programa. (...)".

**Decreto 1076 de 2015** "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible".

**Artículo 2.2.3.2.5.3 del Decreto 1076 de 2015**, toda persona natural o jurídica, pública o privada, requiere concesión o permiso de la Autoridad Ambiental competente para hacer uso de las aguas públicas o sus cauces, salvo en los casos previstos en los artículos 2.2.3.2.6.1 y 2.2.3.2.6.2.

**ARTÍCULO 2.2.3.2.8.5. Obras de captación.** En todo caso las obras de captación de aguas deberán estar provistas de los elementos de control necesarios que permitan conocer en cualquier momento la cantidad de agua derivada por la bocatoma, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 121 del Decreto - Ley 2811 de 1974.

**RESOLUCIÓN No 1809**

**14 NOV. 2023**

**ARTÍCULO 2.2.3.2.8.2. Concesiones y reglamentación de corrientes.** Las concesiones otorgadas no serán obstáculo para que la Autoridad Ambiental competente con posterioridad a ellas, reglamente de manera general la distribución de una corriente o derivación teniendo en cuenta lo dispuesto en el artículo 93 del Decreto - Ley 2811 de 1974.

**Artículo 2.2.3.2.9.1. Solicitud de concesión.** Las personas naturales o jurídicas y las entidades gubernamentales que deseen aprovechar aguas para usos diferentes de aquellos que se ejercen por ministerio de la ley requieren concesión, para lo cual deberán dirigir una solicitud a la Autoridad Ambiental competente en la cual expresen:

- a) Nombre y apellidos del solicitante, documentos de identidad, domicilio y nacionalidad. Si se trata de una persona jurídica, pública o privada, se indicará su razón social, domicilio, los documentos relativos a su constitución, nombre y dirección de su representante legal.
- b) Nombre de la fuente de donde se pretende hacer la derivación, o donde se desea usar el agua.
- c) Nombre del predio o predios, municipios o comunidades que se van a beneficiar, y su jurisdicción.
- d) Información sobre la destinación que se le dará al agua.
- e) Cantidad de agua que se desea utilizar en litros por segundo.
- f) Información sobre los sistemas que se adoptarán para la captación, derivación, conducción, restitución de sobrantes, distribución y drenaje, y sobre las inversiones, cuantía de las mismas y término en el cual se van a realizar.
- g) Informar si se requiere establecimiento de servidumbre para el aprovechamiento del agua o para la construcción de las obras proyectadas.
- h) Término por el cual se solicita la concesión.
- i) Extensión y clase de cultivos que se van a regar.
- j) Los datos previstos en la sección 10 de este capítulo para concesiones con características especiales.
- k) Los demás datos que la Autoridad Ambiental competente y el peticionario consideren necesarios."

"Artículo 2.2.3.2.9.2. Anexos a la solicitud. Con la solicitud se debe allegar:

- a) Los documentos que acredite la personería del solicitante.
- b) Autorización del propietario o poseedor cuando el solicitante sea mero tenedor, y
- c) Certificado actualizado expedido por la Oficina de Registro de Instrumentos Públicos y Privados sobre la propiedad del inmueble, o la prueba adecuada de la posesión o tenencia."

Que para tal efecto la documentación presentada por el peticionario, reúne los requisitos establecidos en la Ley.

**Artículo 2.2.3.2.13.9 del Decreto 1076 de 2015** estipula que, para efecto de la distribución, reglamentación o reparto de aguas de uso público, todo predio que esté atravesado por una derivación se presume gravado con servidumbre de acueducto.

**Artículo 2.2.3.2.9.11. Construcción de las obras hidráulicas.** Para que se pueda hacer uso de una concesión de aguas se requiere que las obras hidráulicas ordenadas en la resolución respectiva hayan sido construidas por el titular de la concesión y aprobadas por la Autoridad Ambiental competente de acuerdo con lo previsto en este Decreto.



**RESOLUCIÓN No 1909**

(14 de junio de 2022)

**Artículo 2.2.3.2.19.5.** Aprobación de planos y de obras, trabajos o instalaciones. Las obras, trabajos o instalaciones a que se refiere la presente sección, requieren dos aprobaciones:

a. La de los planos, incluidos los diseños finales de ingeniería, memorias técnicas y descriptivas, especificaciones técnicas y plan de operación; aprobación que debe solicitarse y obtenerse antes de empezar la construcción de las obras, trabajos e instalaciones.

b. La de las obras, trabajos o instalaciones una vez terminada su construcción y antes de comenzar su uso, y sin cuya aprobación éste no podrá ser iniciado.

**Artículo 2.2.3.2.19.6.** Obligaciones de proyectos de obras hidráulicas, públicas o privadas para utilizar aguas o sus cauces o lechos. Los proyectos de obras hidráulicas, públicas o privadas para utilizar aguas o sus cauces o lechos deben incluir los estudios, planos y presupuesto de las obras y trabajos necesarios para la conservación o recuperación de las aguas y sus lechos o cauces, acompañados de una memoria, planos y presupuesto deben ser sometidos a aprobación y registro por la Autoridad Ambiental competente.

**Decreto 1090 del 28 de junio de 2018** adicionado al Decreto 1076 del 2015, cuyo objeto es reglamentar la Ley 373 de 1997 en lo relacionado con el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua y aplica a las Autoridades Ambientales, a los usuarios que soliciten una concesión de aguas y a las entidades territoriales responsables de implementar proyectos o lineamientos dirigidos al uso eficiente y ahorro del agua; que la anterior norma fue desarrollada por la Resolución 1257 del 2018 estableciendo lineamientos del contenido básico para la formulación y aprobación de los Programas de Uso Eficiente y Ahorro de Agua (PUEAA).

**Ley 1333 del 2009. Artículo 39. SUSPENSIÓN DE OBRA, PROYECTO O ACTIVIDAD.** Consiste en la orden de cesar, por un tiempo determinado que fijará la autoridad ambiental, la ejecución de un proyecto, obra o actividad cuando de su realización pueda derivarse daño o peligro a los recursos naturales, al medio ambiente, al paisaje o la salud humana o cuando se haya iniciado sin contar con la licencia ambiental, permiso, concesión o autorización o cuando se incumplan los términos, condiciones y obligaciones establecidas en las mismas.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 1.1. LOCALIZACIÓN

El proyecto PCH Marteja se encuentra ubicado entre las veredas El Siete y El Ocho del municipio de El Carmen de Atrato, el cual se sitúa en las estribaciones de la Cordillera Occidental, en el costado Oriental del Departamento del Chocó y pertenece a la zona de Central o del Atrato conformada además por los municipios de Bojayá, Lloró, Acandí, Bagadó, Unguía y Río Sucio. Su cabecera municipal dista 123 Km de la ciudad de Medellín y a 111 Km de Quibdó. Sus coordenadas corresponden a 2205970.493 Norte y

**Oportunidad y Desarrollo Sostenible para las Subregiones**

NIT: 899999230-5

Quibdó Carrera 1ª N° 22-96 Tels.: 6711510 | contacto@codechoco.gov.co

[www.codechoco.gov.co](http://www.codechoco.gov.co)

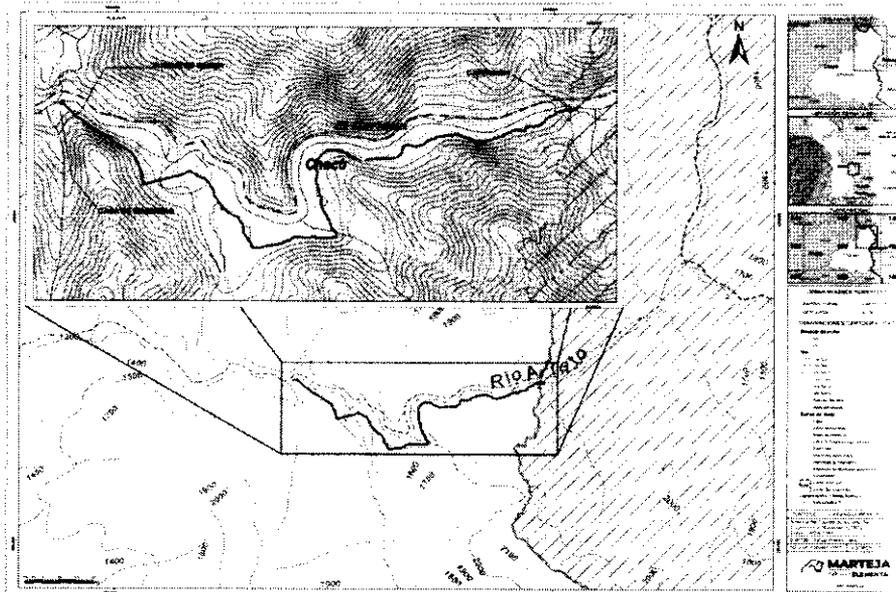
GD-PR 01-FR 7.122-01-13

RESOLUCIÓN No. **1909**

(14 NOV. 2023)

4649883.351 Este. A continuación, se presenta la localización del proyecto.

Mapa 1. Localización del proyecto Hidroeléctrico PCH Marteja



Fuente: PCH Marteja

Al proyecto se puede acceder a través de una ruta que comunica el municipio de Medellín con las poblaciones de San Jerónimo, Anzá, Bolombolo, Ciudad Bolívar y El Carmen de Atrato, con un recorrido de 139 km. También se presenta una ruta desde Medellín con las poblaciones de Caldas, Amagá, Bolombolo, Ciudad Bolívar y El Carmen de Atrato. Estas vías se encuentran transitables la mayor parte del año y presentan un buen estado de conservación, con algunos tramos aún sin asfaltar pero que evidencian trabajos de mantenimiento permanente.

La PCH Marteja se encuentra localizada en jurisdicción del municipio de El Carmen de Atrato, departamento de Caldas. El sitio propuesto está ubicado sobre el Río Atrato, entre las cotas de 1512 m.s.n.m. y 1440 m.s.n.m., las cuales corresponden a las obras de derivación y obras de descarga, respectivamente. El Proyecto estará conformado por las obras de derivación (azud, estructura de captación, vertedero de crecientes, canal de aducción, desarenador conducción a flujo libre y tanque de carga), tubería de conducción a presión, la casa de máquinas y la estructura de descarga. Dichas obras estarán dispuestas en la margen izquierda del río, permitiendo aprovechar un salto bruto de 56,54 m aproximadamente y un caudal de diseño de 5,00 m<sup>3</sup>/s, con lo cual se proyecta obtener una capacidad instalada 2,36 MW, con una capacidad de la turbina de 2,5 MW, con una generación media anual de aproximadamente 12,40 GWh/año.

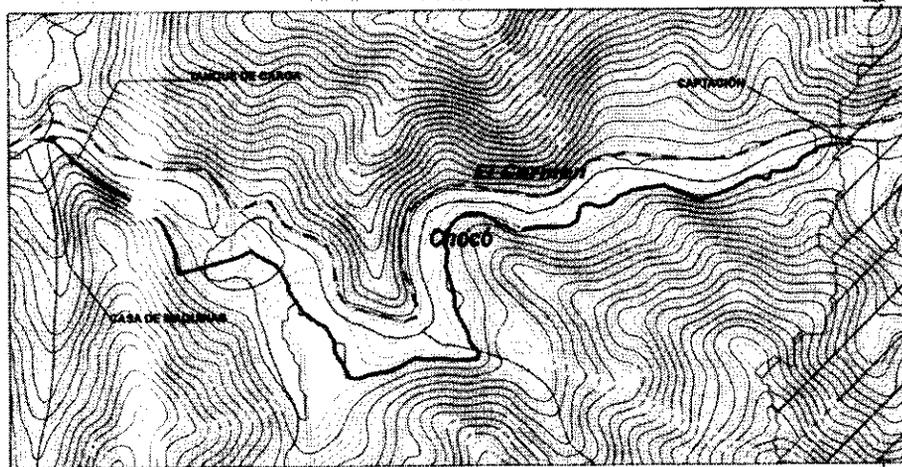
14 NOV 2023

Tabla 1. Coordenadas

Punto	Coordenadas	
	Norte	Este E
P1	2205977.042	4649904.553
P2	2205914.917	4649906.165
P3	2205138.437	4648500.730
P4	2205075.289	4647764.276
P5	2205850.728	4646964.044
P6	2206028.106	4647059.424

Fuente: PCH Marteja

Mapa 2. Esquema general de la PCH Marteja



Fuente: PCH Marteja

## 1.2. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La PCH Marteja se ha planteado como una central hidroeléctrica a filo de agua, es decir sin embalse. Tampoco tiene trasvase. En general estas centrales aprovechan la energía potencial que posee la masa de agua de un cauce natural en virtud de un desnivel, también conocido como salto geodésico o topográfico. El agua en su caída entre dos niveles del cauce se hace pasar por una turbina hidráulica, la cual trasmite la energía a un generador donde se transforma en energía eléctrica.

RESOLUCIÓN No. 100024  
( 14 NOV. 2023

Las centrales a filo de agua utilizan parte del flujo de un río para generar energía eléctrica. Operan en forma continua porque no tienen capacidad para almacenar agua, no disponen de embalse. Turbinan el agua disponible en el momento, limitadamente a la capacidad instalada. En estos casos las turbinas pueden ser de eje vertical cuando el río tiene una pendiente fuerte, u horizontal cuando la pendiente del río es baja.

Este proyecto tiene involucradas las siguientes obras:

- Captación (incluye descarga de fondo, aducción y desarenador)
- Conducción a flujo libre
- Tanque de carga
- Conducción con flujo a presión
- Casa de máquinas
- Canal de descarga
- Zonas de depósito de material excavado, (ZODME)
- Obras de desvío

La siguiente figura ilustra un típico aprovechamiento hidroeléctrico "a filo de agua".

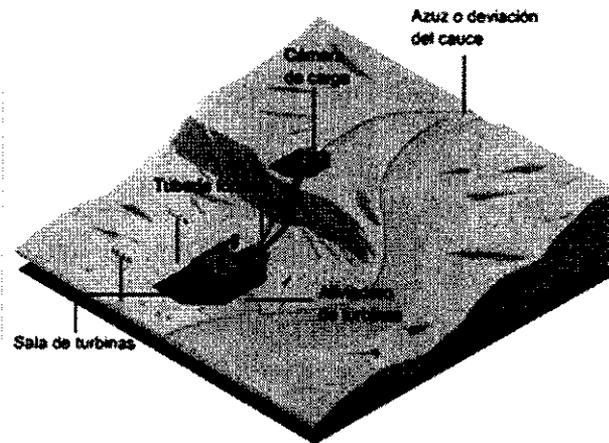


Ilustración 1. Esquema de una central hidroeléctrica

Fuente: <http://vam.org.es/blog/xpost.php?id=minihidraulica>.

En la etapa de diseños, construcción y operación, se plantean un azud de concreto con captación de fondo con canal by pass, la operación será a filo de agua (sin embalse), un tanque desarenador, canal de conducción a flujo libre, tanque de carga, tubería de presión, casa de máquinas y canal de descarga superficiales.

**RESOLUCIÓN No 1909**

14 de mayo de 2023

En la tabla 2, y en el mapa 2, se presenta la localización de las estructuras de captación, conducción y generación del proyecto hidroeléctrico Marteja. A continuación, se presenta la localización de las estructuras de la línea de evacuación que finaliza en la Casa de Maquinas.

Tabla 2. Coordenadas de localización de las estructuras de captación, conducción y generación del Proyecto

ESTRUCTURA	SISTEMA DE REFERENCIA MAGNA SIRGAS, ORIGEN OESTE		ALTURA (m.s.n.m)
	ESTE	NORTE	
Bocatoma / Azud	4649888.070	2205950.111	1512
Desarenador	4649846.261	2205957.112	
Tanque de Carga	4647139.538	2205904.063	1505
Turbina			1443
Casa de maquinas	4647078.314	2205971.945	1440
Canal de descarga	4647035.954	2205986.395	

A partir de los diseños de las obras, se delimita el área de intervención, que corresponde al polígono que contiene las obras de la PCH Marteja y que ocupa un área total de 59,53 ha; en dicha área se incluye un buffer de distancia de retiro del río Atrato de 30 metros a lado y lado de la misma, la línea de conducción cuenta con un ancho de 30 metros que incluye la franja donde se contempla realizar el aprovechamiento forestal y los cimientos respectivos para soportar la dicha estructura y se toma un buffer de 100 metros para las obras civiles correspondientes a campamento, talleres, bocatoma, desarenador, casa de máquinas, plataforma (caseta de operaciones y concretadora) y tres (3) ZODME (Zona de Disposición de Material de Excavación) con su respectivo acceso (3) de 65 metros lineales aproximadamente. Se identifican las actividades a desarrollar, considerando las fases y etapas del mismo.

En la estructura de captación será localizada en las coordenadas 1.139.648,80 N y 769.054,23 E, la toma de aguas se hará mediante una captación de fondo con rejilla metálica de 5 cm de espaciamiento y con barrotes de 3 cm de diámetro, la cual permite la entrada del caudal de diseño (5,00 m<sup>3</sup>/s), anexo a esta estructura se encuentra el orificio diseñado para la descarga libre del caudal ecológico. Adicionalmente, se proyectó un azud de crecientes, localizado sobre el río, el cual garantizará en todo momento el nivel del agua sobre la estructura de captación y permitirá la evacuación de los posibles crecientes máximas.

**RESOLUCIÓN No 1909**

14 NOV. 2023

Posterior a la estructura de captación se encuentra una compuerta deslizante, que permite controlar el ingreso del agua al sistema. El caudal captado será conducido hacia el desarenador, por medio del canal de aducción.

El desarenador permite que el caudal captado llegue en óptimas condiciones al tanque de carga luego de pasar por el canal de conducción, reteniendo y removiendo las partículas en suspensión. Está compuesto por una celda, la cual dispone de una compuerta deslizante. Los sedimentos retenidos son descargados nuevamente al Río Atrato, por medio de un canal de purga controlado con compuertas deslizantes. Posteriormente, el canal de conducción conecta el desarenador con el tanque de carga que tiene a su lado izquierdo otro vertedero de excesos, allí se descarga el agua libre de sedimentos, para ser transportada hacia la tubería a presión.

Posterior al tanque de carga, se inicia el sistema de conducción que sale desde el tanque de carga, el cual transporta el flujo presurizado por medio de una tubería en GRP a presión de  $\varnothing = 1,40$  m. En la tubería en GRP se implementaron silletas cada 6 m en los tramos con pendiente superior o igual al 50%.

La tubería conecta con la turbina. La casa de máquinas superficial cuenta con equipos hidromecánicos, entre estos; una turbina tipo Francis de eje horizontal, con una potencia nominal 2,50 h W, el eje de la turbina está definido en la cota 1.443,18 m.s.n.m., permitiendo alcanzar una potencia total de generación de 2,36MW. Finalmente, el flujo de agua turbinado es llevado al Río Atrato por medio de un canal de descarga, de L= 54,60 m aproximadamente, ubicado en las coordenadas 1.139.645,05 N y 766.192,43 E.

Tabla 3. Características generales de la PCH Marteja.

Tipo de captación	Fondo- Filo de agua
Área de la cuenca	215,64 km <sup>2</sup>
Caudal de diseño para generación	5,00 m <sup>3</sup> /s
Cota de captación (vertedero de crecientes)	1512 m.s.n.m.
Caudal ecológico	7,12 m <sup>3</sup> /s
Nivel mínimo tanque de carga	1.499,34 m.s.n.m.
Salto bruto	51,34
Salto neto	47,75
Cota eje turbinas	1443,185 m.s.n.m.
Casa de máquinas	Superficial

RESOLUCIÓN No. 1906

14 NOV. 2023

Tipo de turbina	1 Francis/eje horizontal
Capacidad instalada	2,00 MW

Fuente: PCH Marteja, 2023

Para la selección del sitio de construcción y operación de la Pequeña Central Hidroeléctrica Marteja se identificaron varios aspectos entre ellos, se tuvo en cuenta en primera instancia, el potencial hidroenergético de Colombia y, como segundo parámetro, el potencial propio de la cuenca del Río Atrato.

El proyecto está localizado en la zona hidrológica Atrato-Darién (11) en la sub zona hidrográfica del Alto Atrato (1102), dicha zona es un área especial de Colombia, ya que se presenta la precipitación total anual del departamento del Chocó. El potencial energético del país fue evaluado teniendo en cuenta la pluviosidad y la pendiente longitudinal de las corrientes hídricas variables, que tienen altos valores en las zonas mencionadas.

### 1.3. HIDROLOGÍA

Mediante el estudio hidrológico del Río Atrato, en el sitio de localización del proyecto, se pretende caracterizar la climatología y la hidrología de la zona de estudio, y su respectiva área de influencia hidrológica (cuenca del río Atrato hasta el sitio de captación y tramo afectado). Se estudiará el comportamiento espacio-temporal de las principales variables que modulan el clima local, se estimará el régimen de los caudales medios, máximos y mínimos y se estimará el caudal ecológico que garantice unas condiciones ecológicas aceptables en el río durante la operación del proyecto. Con base en los caudales esumados se determinarán los caudales de diseño (medios y máximos) de la central.

En la presente sección se caracterizan los aspectos físicos y morfológicos que permitirán identificar y clasificar los tipos de sistemas existentes en la zona de interés del proyecto, así como la determinación los patrones de drenaje con especial enfoque en el Río Atrato.

Luego se realizará un análisis hidrológico para la obtención de los caudales característicos del río, en especial se presenta la metodología para el establecimiento del caudal ecológico, la determinación del caudal de diseño y los caudales medios y máximos dentro de los periodos de recurrencia establecidos y aplicables a este tipo de proyectos.

### MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES

Con el objetivo de definir las cuencas hidrográficas sobre las que se realizaron los análisis de este trabajo, se utilizó la información del MDE del satélite ALOS ("Advanced Land Observation Satellite"). Esta información tiene una cobertura espacial global con una resolución de píxel de 12,5 m. La información se encuentra disponible en la página <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>.

RESOLUCIÓN No. 1906

(14 NOV. 2023)

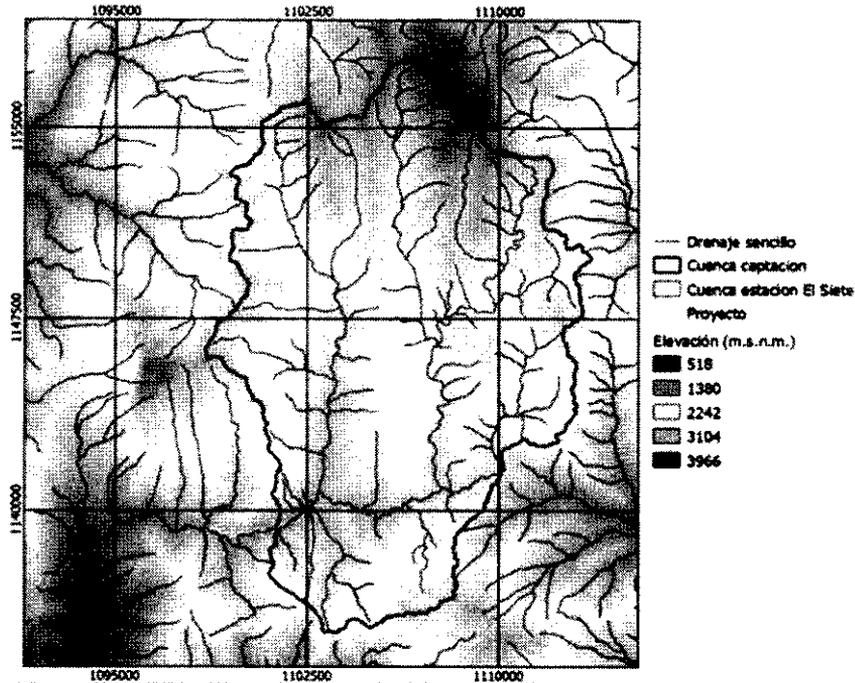


Ilustración 2. Modelo Digital de Elevación ALOS PALSAR. Sistema de coordenadas: Magna Sirgas Bogotá – West Zone (3115)

Fuente: Advanced Land Observation Satellite

### RED DE MONITOREO DEL IDEAM: ESTACIONES HIDROLÓGICAS

Se realizó la búsqueda de las estaciones de medición de caudal del IDEAM presentes en la zona del proyecto. El Río Atrato posee varias estaciones de medición de caudal en su cauce, cerca al sitio de captación del proyecto se tiene la estación El Siete localizada aguas arriba del sitio de captación, la estación se encuentra actualmente activa y posee registros desde el año 1979. Aguas abajo del proyecto se cuenta con la estación Puente Las Sánchez suspendida en el año 2001 y con registros desde el año 1972.

Esta información se considera suficiente para llevar a cabo un estudio hidrológico apropiado de la cuenca de interés para esta etapa del desarrollo del proyecto. Se presenta el análisis de transposición de caudales considerando precipitación media de las cuencas y área aferente.

A continuación, se evidencia la localización de las estaciones con respecto a la cuenca de proyecto PCH Marteja. Los registros originales de la serie se presentan en los anexos

RESOLUCIÓN No 1909

(1/4 de 1909)

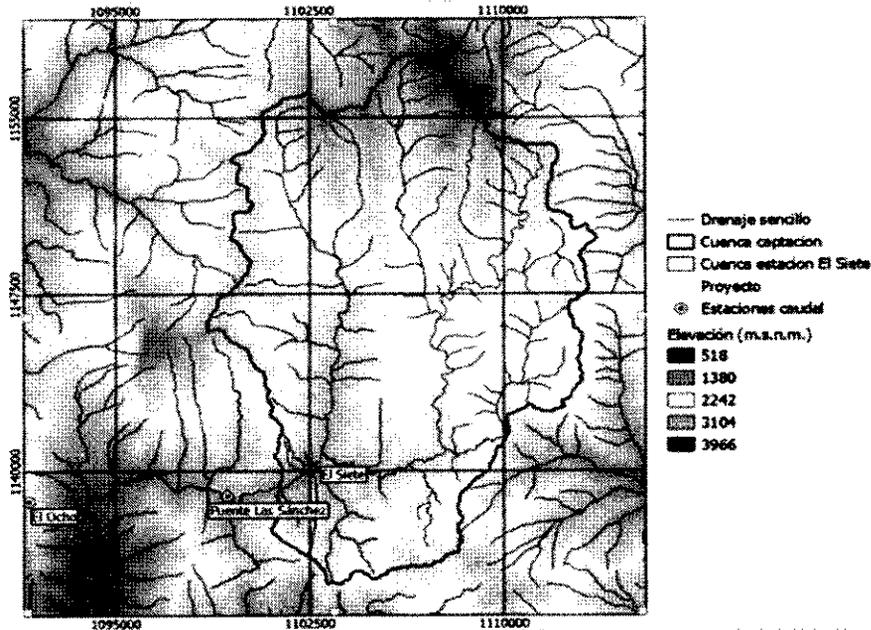


Ilustración 3. Localización de la estación de caudal. Sistema de coordenadas: Magna sirgas - Origen: Oeste.

Fuente: Advanced Land Observation Satellite

A continuación, se presenta la información general de la estación El Siete y la estación Puente Las Sánchez, con los caudales y capacidad de la fuente.

Tabla 4. Información de las estaciones de caudal utilizadas.

Nombre	Dpto.	Tipo	Coordenadas		Municipio	Longitud de registros (años)	Caudal promedio multianual (m³/s)	Corriente
			Latitud	Longitud				
El Siete	Chocó	LM	5.862	-76.152	El Carmen	43	11,71	Atrato
11027030								
Puente La Sánchez	Chocó	LM	5.852	-76.181	El Carmen	25	13,24	Atrato
11027010								

Fuente: PCH Marteja, 2023

\*Nota: LM se refiere a las estaciones limnimétricas

➤ CAUDALES MEDIOS MENSUALES

RESOLUCIÓN No. 1909

(14 NOV. 2023)

A continuación, se muestran los caudales mensuales, así como los caudales medios mensuales multianuales estimados a partir de los registros diarios de caudal de la estación El Siete.

En el siguiente gráfico, se observa un comportamiento bimodal de los caudales con dos períodos secos: enero-marzo y julio-septiembre y dos períodos húmedos: abril-junio y octubre-diciembre. Sin embargo, los períodos húmedos y secos muestran un rezago temporal, el cual se le puede atribuir al efecto del amortiguamiento de la cuenca en el proceso de transformación de lluvia en escorrentía.

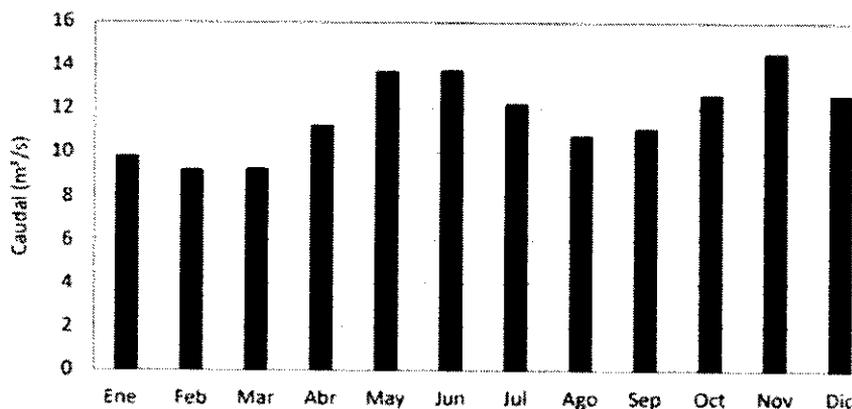


Ilustración 4. Caudal medio mensual multianual del río Atrato en la estación El Siete.

Fuente: Estación El Siete IDEAM y PCH Marteja, 2023

➤ CAUDAL PROMEDIO MULTIANUAL

El caudal promedio multianual se calcula como el promedio aritmético de los caudales medios mensuales multianuales. A continuación, se muestra el caudal medio multianual los sitios de localización de la estación El Siete.

Tabla 5. Caudal medio mensual multianual y caudal medio multianual en la estación El Siete

Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
9,82	9,20	9,23	11,23	13,73	13,77	12,23	10,76	11,10	12,65	14,57	12,64	11,75

Fuente: Estación El Siete IDEAM, 2023

➤ DATOS ESTACIÓN PUENTE LAS SÁNCHEZ

En la siguiente tabla se presentan los datos de la estación Puente Las Sánchez. Como se observa en dicha tabla, el período de medición de los caudales de la corriente se ha realizado entre 01/01/1976 y el 21/09/2001; obteniendo como resultado un caudal medio de 13,24 m³/s.

RESOLUCIÓN No. 190000000000

14 NOV. 2023

Tabla 6. Datos estación Puente Las Sánchez.

<b>Código estación</b>	11027010
<b>Nombre</b>	Puente Las Sánchez
<b>Categoría</b>	Limnimétrica
<b>Departamento</b>	Chocó
<b>Municipio</b>	El Carmen
<b>Latitud</b>	5.852
<b>Longitud</b>	-76.181
<b>Altitud</b>	2000
<b>Corriente</b>	Atrato
<b>Fecha instalación</b>	15/08/1972
<b>Período de medición</b>	25
<b>Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)</b>	219,77
<b>Caudal medio (m<sup>3</sup>/s)</b>	13,24

Fuente: Estación La Sánchez, 2023

❖ **HIDROLOGÍA REGIONAL**

Se ha consultado la información sobre estudios hidro-meteorológicos realizados en el país y particularmente en el departamento de Chocó, donde se logró identificar principalmente en los estudios auspiciados por el IDEAM características generales y regionalizadas en el Atlas Climatológico de Colombia. En el presente documento se describirá la información consultada realizando un símil con la información evidenciada en campo.

El Municipio de El Carmen de Atrato se localiza en la zona Oriental del departamento de Chocó, en el noroeste del país, en la región Pacífico, en las estribaciones de la cordillera Occidental. Por el municipio de El Carmen de Atrato corren diferentes cauces siendo la cuenca del río Atrato la principal. Se tiene el aporte de afluentes como el río Diamante, río Claro, río Grande, río Guaduas, río Habita y río Toro.

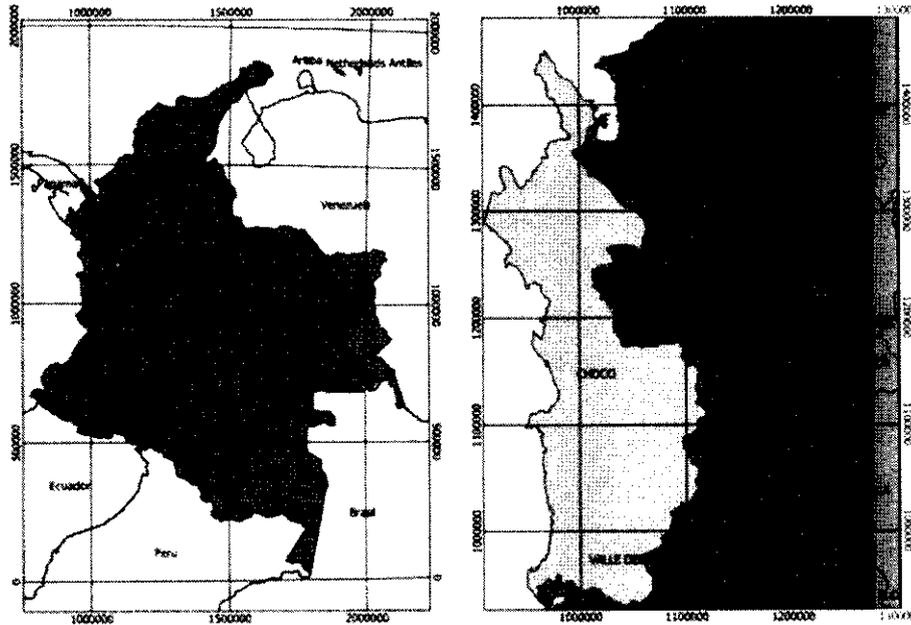
➤ **DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA RED HIDROGRÁFICA**

El Proyecto Hidroeléctrico se localiza en el departamento de Chocó, dentro de la jurisdicción del municipio de El Carmen de Atrato, el cual se encuentra ubicado al oriente del departamento. La localización geográfica del proyecto se observa a continuación.



RESOLUCIÓN No. 180317

(14 NOV. 2023)



*Ilustración 5. Localización geográfica del proyecto, Sistema de coordenadas: Magna sirgas - Origen: Oeste*

*Fuente: PCH Marteja, 2023*

*El Río Atrato nace en el Cerro del Plateado en el municipio de Carmen de Atrato departamento Chocó, descarga sus aguas en el golfo de Urabá, en el mar Caribe, cerca de la frontera con Panamá. Recorre gran parte del departamento del Chocó y en dos tramos de su curso sirve como frontera departamental entre Chocó y Antioquia.*

*El Río Atrato es considerado el río más caudaloso de Colombia y uno de los ríos más caudalosos del mundo. Nace en el cerro de Caramanta entre en los Altos de la Concordia y los Farallones de Citará a una altura de 3900 metros sobre el nivel del mar. El Atrato recorre gran parte del departamento del Chocó y en dos tramos de su curso sirve como frontera departamental entre Chocó y Antioquia y por su navegabilidad constituye uno de los medios de transporte de la región. Asimismo, hace parte del Chocó biogeográfico, considerada la zona con más biodiversidad del planeta y una de las más lluviosas, de ahí el alto caudal que muestra este río. Cuenta con una profundidad media de 11 metros y 282 metros de ancho en promedio.*

*A lo largo de los 750 kilómetros de su curso el río Atrato riega cuatro secciones con características geomorfológicas distintas. Se puede dividir en tres partes, la cuenca alta, que va desde su nacimiento hasta la ciudad de Quibdó, la cuenca media, que va desde la ciudad de Quibdó hasta la población de Bellavista y la cuenca baja, que va desde la población de Bellavista hasta su desembocadura en el golfo*

RESOLUCIÓN No **1909**

(14 NOV. 2022)

de Urabá. El río Atrato atraviesa el Parque Nacional Natural de Los Katíos y luego se divide en siete bocas, cuyas aguas desembocan en el golfo de Urabá y sirven además como acceso al mencionado parque.

El río después de la desembocadura del río Bojayá, se bifurca en dos brazos, llamados Murindó y Montaña, formando lo que se denomina la Isla Grande, para unirse nuevamente en las cercanías de la población de Domingodó. En sus cuecas media y baja, presenta pendientes relativamente bajas, que permiten su navegación hasta la ciudad de Quibdó, la capital del departamento de Chocó.

El río Atrato en la cuenca hasta el sitio de captación está conformada por el río Carmen, el río Hábito, quebrada El Español, entre otros afluentes de los cuales no se encontraron registros documentales o nombres establecidos sobre cartografía oficial ya que no son representativos en cuanto a sus aportes hídricos.

#### ➤ **SISTEMAS LÉNTICOS Y LÓTICOS**

Dentro del área en estudio se caracterizan hidrológicamente los principales sistemas lénticos y lóticos que se pueden ver afectados, tanto en su dinámica fluvial como en variaciones del régimen hidrológico, a causa de las alteraciones (climáticas, morfodinámicas, cambios en los usos del suelo, etc.) a nivel regional que pueda generar la entrada en operación del proyecto.

Los sistemas lénticos se caracterizan por ser cuerpos de agua cerrados, con poco o escaso movimiento, generalmente de grandes profundidades (a excepción de las lagunas) y con vegetación acuática emergente. A estos sistemas pertenecen ambientes de aguas continentales y marinas, como, mares, océanos, lagos, lagunas, ciénagas, pantanos, esteros y charcas.

Los sistemas lóticos se caracterizan porque tienen un flujo unidireccional, que albergan multiplicidad de hábitats, según el tipo de solutos que transportan, y la flora y fauna características del área donde ingresan. Entre estos sistemas se encuentran: ríos, arroyos, canales.

A continuación, se presenta una identificación de los sistemas lénticos y lóticos de la zona de estudio.

- **SISTEMA LÉNTICO** Las características morfométricas de la cuenca del río Atrato hasta el sitio del proyecto constituye un paisaje de topografía montañosa cordillerana, donde se configuran riachuelos y quebradas de alta pendiente por lo que resulta poco probable la configuración de sistemas lénticos relevantes, los cuales, dada su naturaleza, requieren de zonas de pendientes y velocidades de flujo bajas para su desarrollo.

Sin embargo, es posible que se configuren pequeños estancamientos o charcos en algunas zonas de la parte alta de la cuenca que no conforman sistemas permanentes por lo que la dependencia de vida de dichos estancamientos resulta poco viable.

RESOLUCIÓN No. **1909**

(14 NOV. 2023)

• **SISTEMA LÓTICO** La cuenca del río Atrato está conformada por una serie de corrientes de escorrentía superficial y nacimientos que tienen su origen entre las cotas 3500 msnm y 3900 msnm, estos integran claramente un sistema lótico donde el agua drena hasta el río Atrato.

El río Atrato es la principal vertiente del municipio por la calidad de afluentes y la riqueza agrícola y ganadera de sus cuencas.

➤ **PATRONES DE DRENAJE**

A lo largo del tiempo, un sistema de flujo logra un patrón de drenaje para su red de corrientes y afluentes determinado por factores geológicos locales. Los patrones de drenaje o redes se clasifican en función de su forma y textura; Su forma o patrón se desarrolla en respuesta a la topografía y la geología sub-superficial local. A continuación, se muestran los posibles patrones de drenaje que puede exhibir un sistema de drenaje natural.

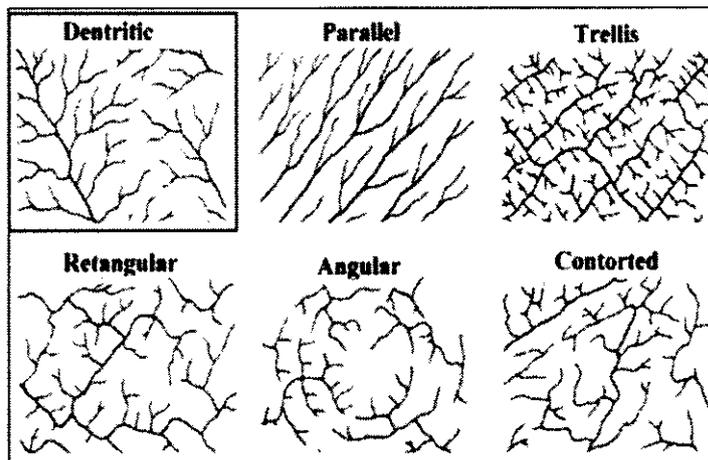


Ilustración 6. Patrones de una red.

Fuente: <http://w3.salemstate.edu>

En el ámbito regional se puede definir claramente que presentan un patrón dendrítico de múltiples cañadas y quebradas que se unen sobre una vertiente principal (El río Atrato). Este tipo de patrón es denominado patrón sub-dendrítico.

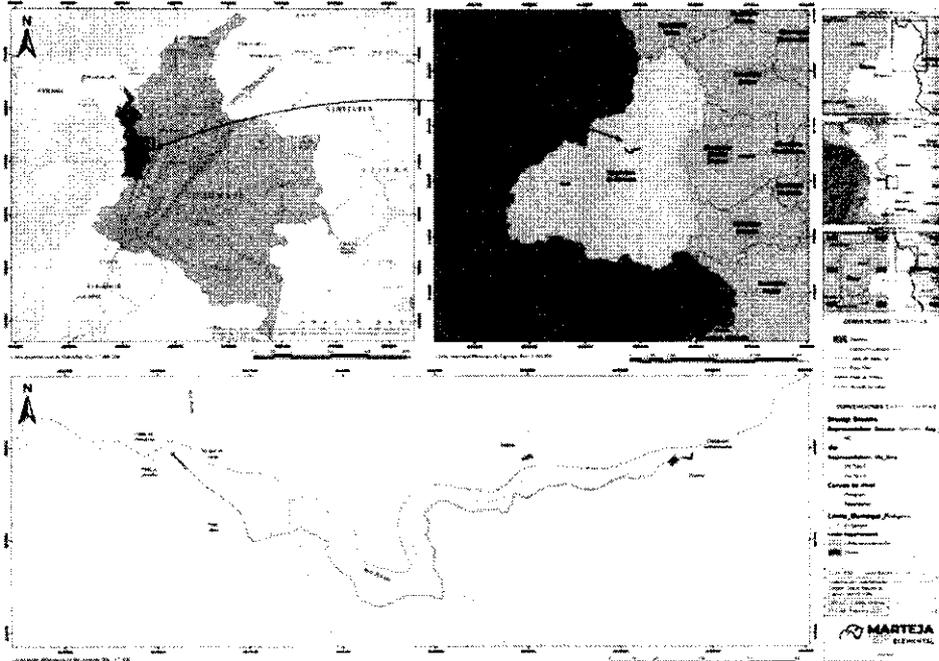




RESOLUCIÓN No. 1900

(14 NOV. 2023)

*Farallones del Citará (Municipio de El Carmen de Atrato) a los 37° 10' de latitud W del Meridiano de Bogotá; atraviesa el municipio de Norte a Sur.*



*Ilustración 8. Localización proyecto y Cuenca Río Atrato hasta el sitio de captación y red de conaje., Sistema de coordenadas: Magna sirgas - Origen: Oeste*

*Fuente: PCH Marteja, 2023*

*Con la implementación del proyecto hidroeléctrico PCH Marteja, no se afectan afluentes diferentes al requerido ya que los lugares seleccionados para la ubicación de la bocatoma y lugares de descarga para las diferentes alternativas se encuentran sobre el río Atrato garantizando que no existen trasvases generados por el proyecto.*

*El proyecto hidroeléctrico no presentará alteración alguna en el régimen fluvial de la zona ya que se considera una tecnología de producción energética limpia, no requiere del embalsamiento de agua para la generación. A continuación, se destaca el área de influencia del proyecto y la cuenca de interés.*

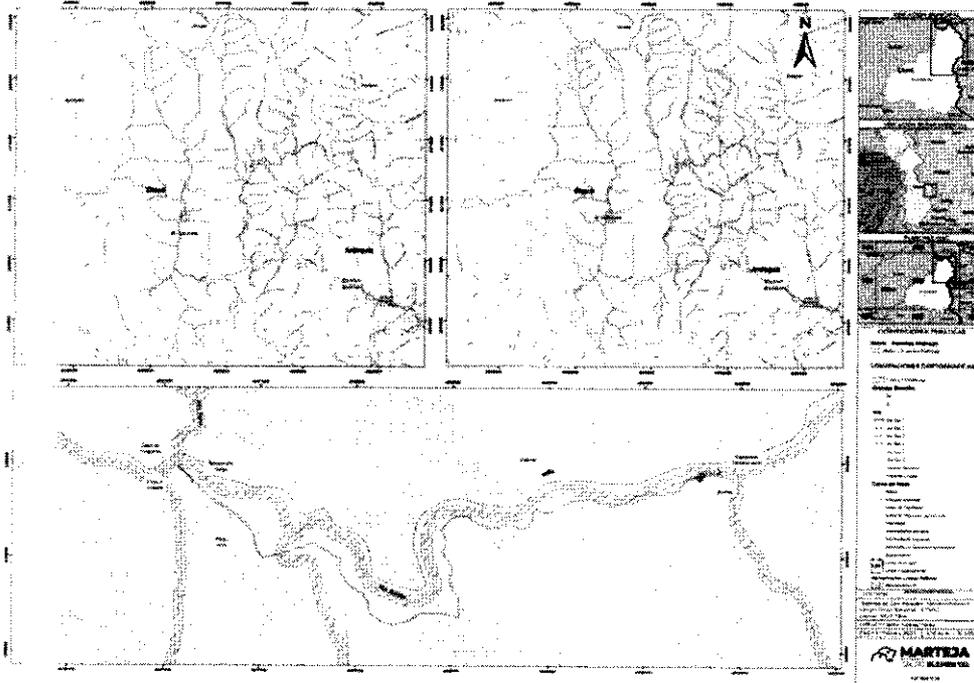


Ilustración : Cuenca Río Atrato hasta el sitio de captación y red de drenaje., Sistema de coordenadas: Magna sirg. - Origen: Oeste

Fuente: PCH Marteja, 2023

### ➤ MORFOLOGÍA DE LAS CUENCAS ESTUDIADAS

Las condiciones geomorfológicas fueron definidas por medio de la síntesis de información tanto secundaria como primaria y su operación en software para el manejo de información geográfica. Utilizando el MDE ALOS PALSAR se trazó la cuenca del Río Atrato hasta el sitio de aprovechamiento de la PCH Marteja.

Las diferentes características descritas a continuación se estimaron a partir del modelo de elevación digital de resolución 12,5 x 12,5 metros por ello se observan características muy generales, como información complementaria se utilizó la cartografía disponible de la zona.

A continuación, se presentan los principales parámetros morfométricos de las cuencas asociadas al proyecto y de la cuenca correspondiente a la estación El Siete utilizada para el análisis y transposición de caudales medios.

RESOLUCIÓN No. **1909**

(14 NOV. 2023)

Tabla 7. Parámetros morfométricos de la cuenca asociada al proyecto

Cuenca	Coordenada sitio de control	Área	Perímetro	Cota mínima	Cota máxima
	MAGNA Colombia Bogotá West Zone	(km <sup>2</sup> )	(km)	(msnm)	(msnm)
PCH Marteja	2205949.771– 4649887.388	215,64	86,14	1535	3741
Estación El Siete	2206719.638– 4651044.763	209,98	85,82	1560	3741

Fuente: PCH Marteja

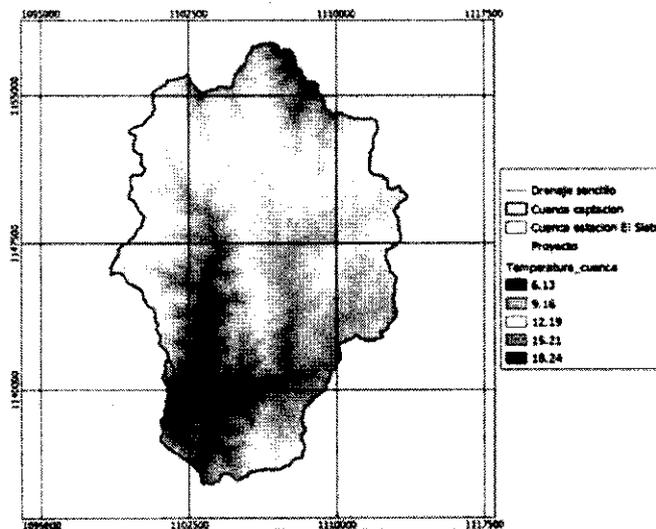
El parámetro más relevante es el área de la cuenca, la cual define el volumen de control donde se desarrollan los procesos biogeofísicos que dan lugar a la generación de la escorrentía.

➤ **CLIMATOLOGÍA GENERAL**

• **Temperatura**

La temperatura de la Región Pacífica colombiana varía de acuerdo con la altitud y el relieve. Utilizando la Ecuación 4 y el Modelo Digital de Terreno, teniendo en cuenta que las cuencas se encuentran en su totalidad en dicha región, se estimó la temperatura media multianual de las cuencas de interés que se muestran a continuación.

<b>Región Pacífica</b>	$T = 27,05 - 0,0057 \cdot H$	Ecuación 0-1
------------------------	------------------------------	--------------



RESOLUCIÓN No. 18081

14 NOV. 2023

Ilustración 10. Mapa de temperatura en la cuenca del Río Atrato hasta el sitio de captación., Sistema de coordenada: Magna sirgas - Origen: Oeste  
Fuente: PCH Marteja, 2023

Tabla 8. Temperaturas medias en las cuencas asociadas al proyecto.

	Cuenca PCH MARTEJA	Cuenca El Siete
Temperatura media (°C)	13,55 °C	13,47 °C

Fuente: PCH Marteja

• Precipitación

La precipitación es una de las tres principales variables utilizadas en el balance hídrico de largo plazo (siendo las otras dos la evapotranspiración y el área de la cuenca).

La Región Pacífica se caracteriza por tener un régimen unimodal que consiste en una temporada seca y una temporada húmeda, sin embargo, la zona de interés se encuentra en el límite entre las regiones pacífica y Andina por lo que el régimen de precipitación de la zona se caracteriza por tener un período con menor cantidad de días lluviosos en enero y febrero y un segundo período, menos pronunciado, en julio y agosto, esto debido al paso de la Zona de Convergencia Intertropical, mayor modulado de la hidrología intraanual colombiana.

A continuación, se muestra el mapa de precipitación total multianual interpolados aplicando el método CKCM. Este mapa fue obtenido de la de la base de datos de HidroSIG 4.0. (Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, 2011).

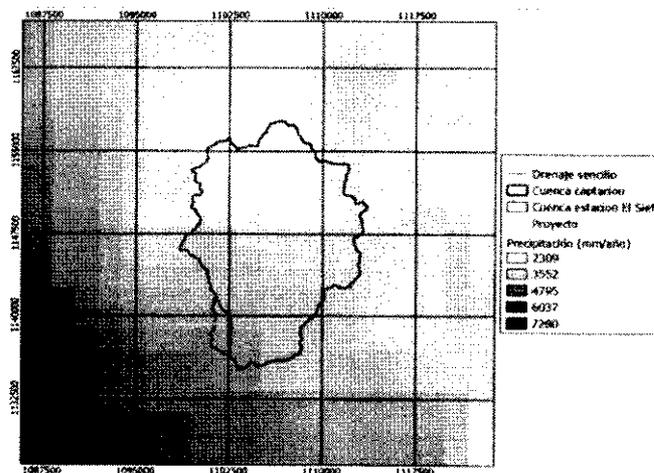


Ilustración 11. Precipitación total multianual sobre las cuencas de estudio utilizando el método de interpolación CKCM, Sistema de coordenadas: Magna sirgas - Origen: Oeste

Oportunidad y Desarrollo Sostenible para las Subregiones

NIT: 899999238-5

Quibdó Carrera 1° N° 22-96 Tels.: 6711510 | contacto@codechoco.gov.co

[www.codechoco.gov.co](http://www.codechoco.gov.co)

GD-PR-01-FR 7-122-01-13

RESOLUCIÓN No. 1909

(14 NOV. 2023

Fuente: PCH Marteja, 2023

Con base en la información descrita se estimaron los valores de precipitación total multianual para la cuenca El Siete y la cuenca asociada al proyecto. Estos valores se muestran a continuación.

Tabla 9. Precipitaciones Medias Multianuales en las cuencas de interés.

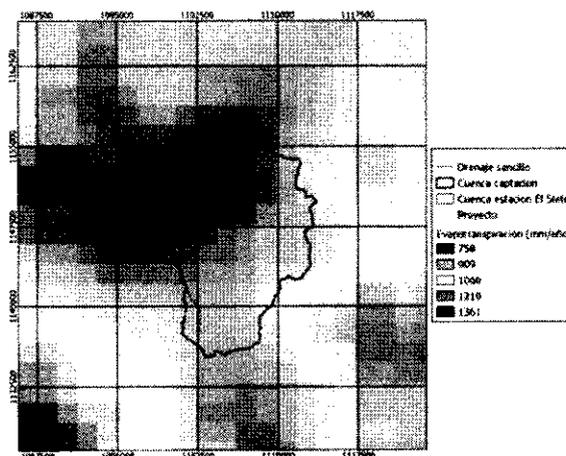
Cuenca	PCH MARTEJA	El Siete
Precipitación (mm/año)	3268,839	3244,183

Fuente: PCH Marteja

• Evapotranspiración

La evapotranspiración es una componente fundamental en el balance hidrológico, aunque es, a su vez, la variable con mayores incertidumbres en su medición y estimación. Está compuesta por la evaporación desde superficie y por la transpiración de las plantas. La dinámica de la evapotranspiración está condicionada por tres factores fundamentales: disponibilidad de agua, disponibilidad de energía para cambio de estado del agua y condiciones aerodinámicas propicias para asimilación y transporte de vapor de agua. En síntesis, la evapotranspiración resume la interacción entre la disponibilidad hídrica y la disponibilidad energética, interacción que se ve afectada por las condiciones ambientales existentes, siendo la vegetación uno de los factores determinantes en su comportamiento.

A partir del estudio realizado por Barco y Cuartas (1998) se demostró que los métodos más confiables para estimar la evapotranspiración en Colombia se basan en las ecuaciones propuestas por Cenicafé y Turc. La información de evapotranspiración utilizada en este estudio fue obtenida por el método de Turc y se extrajo de la base de datos de HidroSIG 4.0. (Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, 2011).



**RESOLUCIÓN No. 1909**

**1 (A NOV. 2023)**

*Ilustración 12. Evapotranspiración Potencial estimada por la ecuación de Turc para las cuencas asociadas al proyecto, Sistema de coordenadas: Magna sirgas - Origen: Central  
Fuente: PCH Marteja, 2023*

### **1.3. CLIMA**

*El Municipio de El Carmen Atrato se localiza en la zona oriental del departamento de Chocó, en el occidente del país, en el límite de la región Pacífica y Andina, sobre la Cordillera occidental.*

*La caracterización climatológica tiene por objeto definir el régimen de los principales parámetros climáticos, por medio de su distribución espacial y temporal, tales como precipitación, evaporación, temperaturas, humedad relativa, brillo solar y velocidad del viento.*

*La precipitación en la cuenca del río Atrato se rige básicamente por la Zona de Confluencia Intertropical, que es una banda de baja presión, que se desplaza de sur a norte en el primer semestre del año, alcanzando aproximadamente los 7° de latitud Norte, para luego desplazarse hacia el sur del país.*

*Esta zona de confluencia, por la influencia de los vientos Alisios, se desplaza por la cuenca del río Atrato, durante los meses de abril a junio, durante el primer semestre del año y de septiembre a noviembre durante el segundo, siendo este último el más lluvioso del año.*

*Como la cuenca del río Atrato se encuentra entre la serranía del Baudó y la cordillera Occidental de Colombia, se logra que los vientos del Pacífico, que entran al continente cargados de humedad, asciendan en la atmósfera y descarguen grandes volúmenes de agua.*

*La climatología de la zona fue analizada con base a registros de estaciones cercanas a la zona de estudio y mapas hidroclimatológicos, resultado de relaciones teóricas de las variables climáticas y la altura. A continuación, se muestran las estaciones con información que fueron utilizadas para el estudio así como su localización.*

*El Relieve del territorio aguadeño está comprendido en uno de los ramales de la cordillera central, denominado la cordillera de "Santa Rita", que entra al municipio desde lo alto del galápagu y va a morir en la confluencia del río de Arma con el Cauca. Las principales alturas del municipio de Aguadas son: San Ignacio (la más elevada), Alegrías, Oso, Mal abrigo, Monserrate (2231 m), la Virgen, la montaña, Buenos Aires, Tumbabarreto, el Espinal.*

RESOLUCIÓN No **1909**

14 NOV 2023

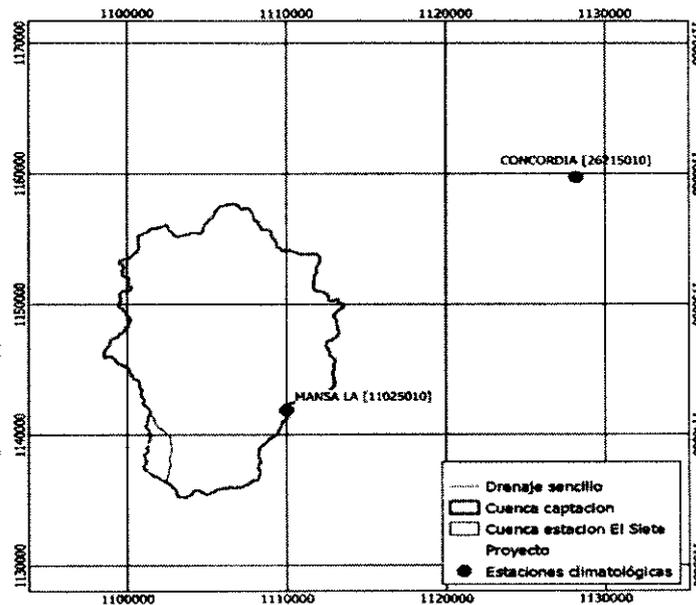


Ilustración 13. Localización de las estaciones cercanas a la zona de estudio, Sistema de coordenadas: Magna Sirgas Bogotá Origen: Oeste  
Fuente: PCH Marteja

Tabla 10. Localización de las estaciones

CÓDIGO	ESTACION	LONGITUD	LATITUD	COTA
11025010	La Mansa	4658594.439	2208449.653	2018
26215010	Concordia	4676970.620	2226164.389	26

Fuente: PCH Marteja

En los numerales siguientes se hace una caracterización general del comportamiento espacial y temporal de la climatología del municipio a través de un enfoque descriptivo, presentando aquellos aspectos de mayor relevancia en los procesos hidrodinámicos de la cuenca.

**- TEMPERATURA**

El municipio de El Carmen de Atrato presenta gran diversidad climática debido a su composición geográfica, sus suelos van desde el piso térmico cálido súper-húmedo hasta climas fríos súper - húmedos con áreas consideradas como clima de paramo.

Por otra parte, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales desarrolló un modelo de temperatura para Colombia basado en la temperatura promedio multianual en el periodo 1971 2000. Los



14 NOV. 2023

resultados se presentan a continuación, en donde se puede observar que de acuerdo con el modelo la temperatura multianual la cuenca del proyecto se encuentra entre 12 °C y 20 °C.

La cuenca del río Atrato posee una estación climatológica donde se lleven registros de temperatura. Para este caso se pudo contar con la serie de temperatura media a nivel mensual de la estación La Mansa la cual es administrada por el IDEAM. A continuación, se muestran los registros obtenidos.

Tabla 11. Serie de temperatura media anual estación La Mansa.

Temperatura media (°C)												
Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago,	Sep,	Oct	Nov	Dic	Anual
16,7	16,9	17,0	17,0	17,1	17,0	16,8	16,8	16,6	16,4	16,4	16,6	16,8

Fuente: Estación La Mansa IDEAM, 2023

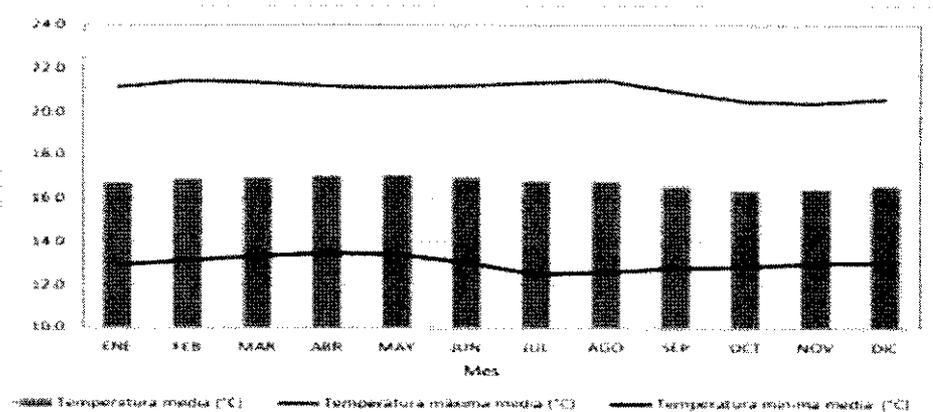


Ilustración 14. Temperatura media en la estación La Mansa.

Fuente: Estación La Mansa IDEAM, 2023

## - PRECIPITACIÓN

De acuerdo a los registros y modelos hechos por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – IDEAM- la precipitación Total Anual Promedio Multianual en el municipio de El Carmen de Atrato presenta lluvias promedio anuales que varían desde los 3000 mm/año hasta los 7000 mm/año.

Por otra parte, se tomó la información disponible de precipitación de la estación La Mansa. A continuación, se muestran los registros obtenidos.

Tabla 12. Serie de precipitación estación La Mansa.

**Oportunidad y Desarrollo Sostenible para las Subregiones**

NIT: 899999238-5

Quibdó Carrera 1° N° 22-96 Tels.: 6711510 | contacto@codechoco.gov.co

[www.codechoco.gov.co](http://www.codechoco.gov.co)

GD PR-01-FR / 122-01-13

RESOLUCIÓN No. 18097

14 NOV 2023

Precipitación (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
124,6	139,2	177,3	236,5	290,4	241,1	230,4	219,8	245,7	230,0	198,4	141,3	124,6

Fuente: Estación La Mansa IDEAM, 2023

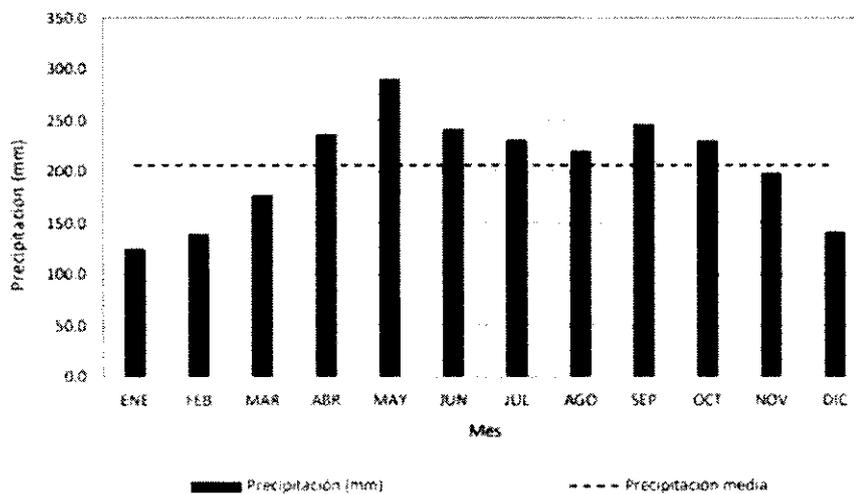


Ilustración 15. Precipitación en la estación La Mansa.

Fuente: Estación La Mansa IDEAM

### - HUMEDAD RELATIVA

La humedad de la atmósfera se relaciona con la cantidad de vapor de agua presente en el aire, su tensión y la relación de esta con la tensión de vapor en las condiciones de saturación. La humedad relativa según la información de la estación La Mansa, es de un promedio del 88%. A continuación, se muestran los registros obtenidos.

Tabla 13. Serie de Humedad relativa estación La Pelada

Humedad relativa (%)												
Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anua l
79,5	79,3	81,2	83,2	84,3	82,6	77,9	77,5	81,0	83,7	85,7	83,5	81,6

Fuente: Estación La Pelada IDEAM, 2023

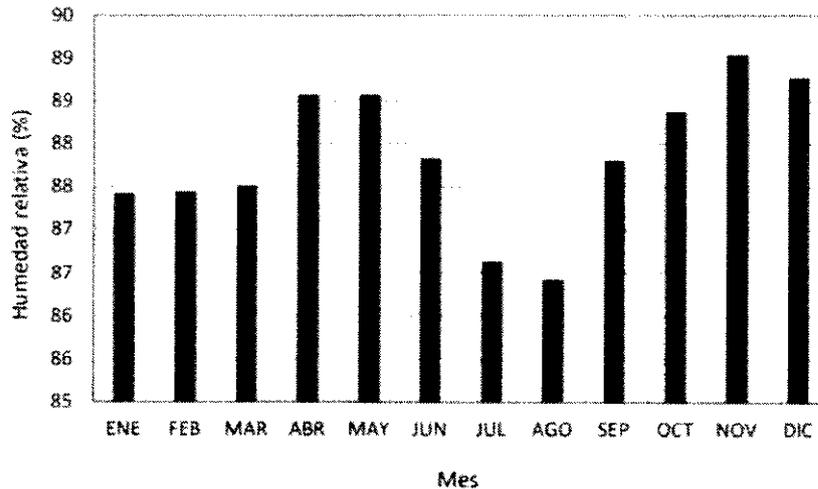


Ilustración 16. Humedad relativa en la estación La Mansa  
Fuente: Estación La Mansa IDEAM, 2023

**- VIENTO**

Las estaciones correspondientes no poseen datos de vientos en la zona. El atlas de viento de Colombia es una colección sistemática de mapas sobre el comportamiento del viento en el territorio nacional. Éste sirve como insumo de primera aproximación para localizar lugares propicios para el aprovechamiento de la energía eólica; lo que contribuiría al desarrollo tecnológico y económico del país y como una alternativa de mitigación frente al cambio climático. Teniendo en cuenta esta información, dada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM -, se observa que se encuentra que a nivel multianual el municipio tiene en promedio una magnitud del viento media de 2-3 m/s.

**- RADIACIÓN SOLAR**

Las estaciones correspondientes no poseen datos de brillo solar en la zona. Teniendo en cuenta la información del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM -, como se observa a continuación, el municipio de El Carmen de Atrato tiene una distribución de brillo solar medio diario anual de un rango de 4-5 h/día.

**- EV. VORACIÓN**

RESOLUCIÓN No. 1909

14 NOV. 2023

Teniendo en cuenta la información del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM -, como se observa a continuación, el municipio de Carmen de Atrato tiene una distribución de la evapotranspiración potencial total media anual de un rango de 1000-1400 mm.

#### **1.4. LÍNEA BASE DE OFERTA DE AGUA**

*El departamento de Chocó y dentro de él la Cuenca del Río Atrato ubicados en una zona denominada Chocó Biogeográfico, en la cual se registran las mayores precipitaciones del país en gran parte del año y catalogada como la zona más húmeda del territorio nacional, producto de la influencia dada por las barreras naturales (cordillera occidental), la influencia del océano Pacífico y demás factores geográficos. Condiciones que presentan una serie de incrementos en los caudales del río Atrato en forma súbita posicionándolo como uno de los Ríos más caudalosos del planeta. (Ortega, 2014)*

*La cuenca del Río Atrato, presenta una alta variabilidad en sus niveles, presentado fuertes fluctuaciones que generan un riesgo sobre los habitantes de la región. Estos fuertes cambios sobre los niveles de la cuenca, donde en ocasiones cambia drásticamente de 2m a 6m en menos de 24 horas; son producto de la intensidad de lluvia y de las condiciones del suelo principalmente. Además de otros factores que aumenta el riesgo a inundaciones como las actividades antrópicas que se realizan en la región. (Ortega, 2014)*

*De acuerdo con lo anterior se presentan diferentes riesgos, principalmente asociados a eventos por inundaciones las cuales pueden afectar al proyecto mediante el daño a equipos e infraestructura debido a su cercanía con el río; generado así posibles pérdidas de equipos, socavaciones de terrenos aledaños o movimientos de masa aguas arriba que generen arrastre de sedimento y afecten la infraestructura construida.*

*De igual manera siendo esta una zona con alto potencial hídrico debido a las altas precipitaciones, es posible lograr para diferentes procesos, teniendo una evaluación previa, un aprovechamiento de aguas lluvias.*

##### **1.4.1. Obras de captación**

*La PCH Marteja se diseñó como una central hidroeléctrica "a filo de agua", este sistema de captación no requiere regulación de caudales, es decir; no es necesario la construcción de embalses ni trasvase desde otras cuencas, permitiendo que el agua captada sea descargada aguas abajo del Río Atrato, una vez esta sea turbina. Por lo tanto, una de las principales características de este esquema, es la alteración mínima del régimen de caudales del Río y la utilización de una fuente renovable de energía sin que se contamine el recurso aprovechado, por lo que su uso actual tendría una baja afectación por el proyecto.*



RESOLUCIÓN No **18**

(14 NOV. 2023)

Para lograr un óptimo funcionamiento de la central hidroeléctrica, se requiere de un sistema completo de captación, el cual consistirá en:

- Azud de concreto.
- Estructura de captación de fondo constituida por una rejilla metálica de 5 cm de espaciamiento y con barrotes de 3 cm de diámetro.
- Canal recolector.
- Estructura de paso para el caudal ecológico.
- Canal de aducción, un vertedero lateral de excesos.
- Desarenador de una celda.
- Vertedero de control.

Al ser una corriente de agua con caudales bajos, es posible hacer la construcción del azud de derivación y la captación de fondo en dos partes: se divide la captación por la mitad de su longitud, de tal forma que se construye primero la mitad izquierda (en la que está el canal de descarga de fondo) desviando el agua por la otra y, posteriormente la otra (en la que está el azud y el desarenador) desviando el agua por la primera (exactamente por el canal de descarga de fondo construido previamente en la margen izquierda). Hasta la cota 1507,0 msnm se construirá la ataguía de aguas arriba. El desvío se hace con sacos de suelo impermeabilizadas.

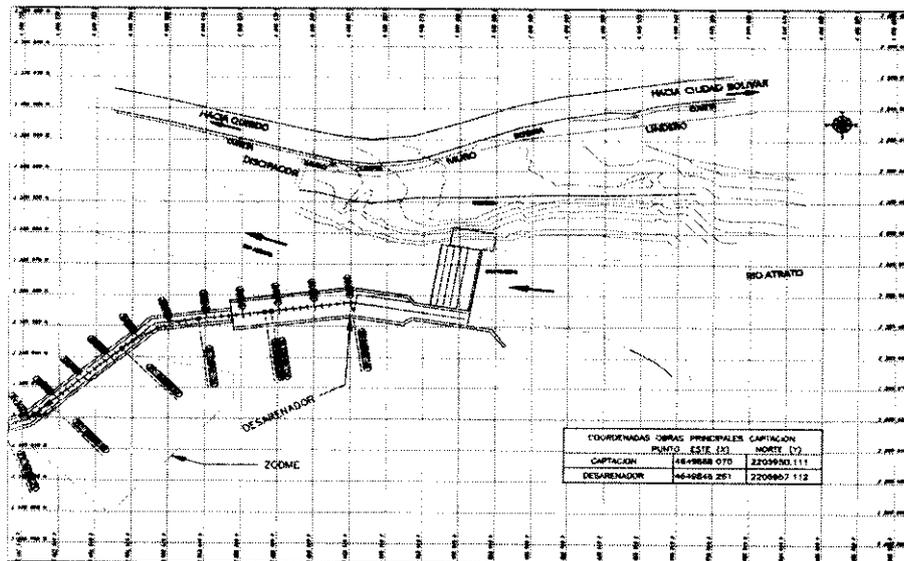


Ilustración 17. Zona de captación  
Fuente: PCH Marteja, 2023

RESOLUCIÓN No. 190812

14 NOV. 2023

El azud funcionará como vertedero de crecientes y de manera simultánea, permitirá captar el agua por medio de una estructura de captación de fondo con rejas metálicas. Contiguo al azud se encuentra el canal de aducción, el cual se encuentra separado al desarenador por una única compuerta. El desarenador, permitirá recoger las partículas de sedimentos en suspensión y transportarlas nuevamente al río por medio de un canal de purga. En la parte final del desarenador se diseñó un vertedero de pared delgada que funcionará como control hidráulico, permitiendo el paso de agua hacia el canal de conducción para llevar el agua al tanque de carga, donde se presurizará el sistema posteriormente por medio de una tubería que trabaja a presión hasta la casa de máquinas.

Adicionalmente, se requiere el diseño e implementación de un sistema que permita desviar el Río Atrato durante construcción, el cual requiere la construcción de una ataguía aguas arriba de la captación, y una contraataguía aguas abajo.

- **Caudal de diseño**

Cada una de las obras que conforman el sistema de captación tiene una función diferente, por tal motivo, cada una de las obras está diseñada para el caudal crítico que se presenta en determinadas situaciones. En la siguiente tabla, se muestran los caudales críticos utilizados para el diseño hidráulico de las obras del sistema de captación.

Tabla 14. Caudal de diseño utilizado para las obras del sistema de captación

Obra	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Descripción
Vertedero de excesos	106,15	Caudal máximo de 100 años de periodo de retorno
Estructura de paso del caudal ecológico	7,12	Caudal ecológico
Bocatoma/Aducción	5,00	Caudal máximo turbinable

Fuente: PCH Marteja, 2023

➤ **VERTEDERO DE CRECIENTES**

El vertedero de crecientes, está compuesto por un azud en concreto y dos muros laterales de protección, ubicados a cada margen del río.

La altura del azud de concreto está diseñada para cumplir dos funciones principales; elevar el nivel de las aguas en el cauce del río, tal manera que ingrese a la captación el caudal de diseño estimado para la central hidroeléctrica (5,00 m<sup>3</sup> /s), y evacuar por encima de este, caudales de hasta 106,15 m<sup>3</sup> /s, correspondiente al caudal máximo de 100 años de periodo de retorno (creciente de diseño). La altura estimada para el azud, es de 5,00 m respecto a la llave del mismo y el ancho será de 20,00 m, con el cual se aprovecha al máximo el cauce de la quebrada. De esa manera, la cresta estará en la cota 1512 m.s.n.m., a partir de la cual se espera un nivel máximo de crecientes 1,02 (TR 100 años), para este

cálculo se utilizó la ecuación empírica sugerida por el "U.S. Bureau of Reclamation" para flujos supercríticos en canales (United States Department of the Interior, 1987).

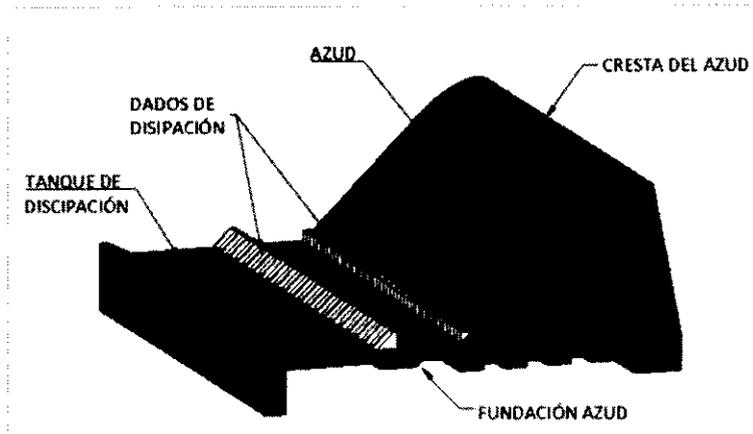


Ilustración 18. Vista lateral del azud de concreto y de la piscina de disipación

Fuente: PCHM, Hoja

Los muros laterales del azud se han previsto para mantener el flujo dentro de la estructura, la cota en el punto más alto (1514,13m.s.n.m.) se planteó para que la creciente de diseño no sobrepase la estructura. A partir del nivel máximo que se espera se desarrolle en la creciente de diseño (1,02 m), se consideró un borde libre de 1,11 m, obteniendo así, una altura total 2,13 m para los muros laterales, tomados desde la cresta del azud. A continuación, se muestra el esquema del azud con los respectivos muros laterales.

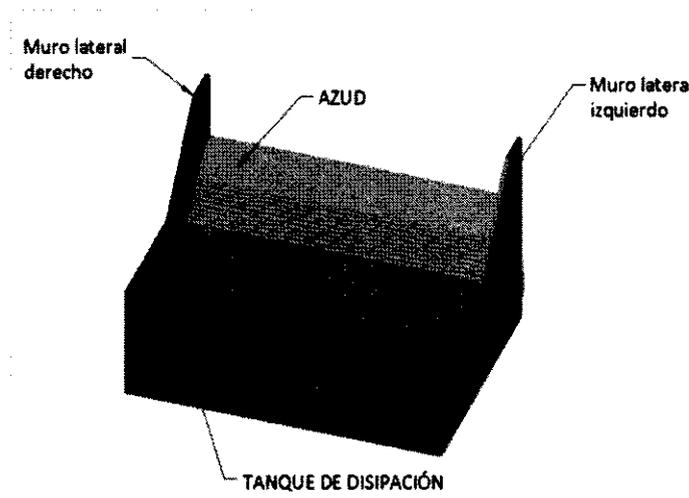


Ilustración 19. Muros laterales del azud para crecientes.

**14 NOV. 2023**

Fuente: PCH Marteja

A continuación, se presentan las principales características geométricas del azud y de la piscina de disipación, respectivamente.

Tabla 15. Características del azud.

Parámetro	Dimensión	Unidad
Ancho	20	m
Paramento	5,00	m
Longitud	11,25	m
Capacidad de descarga del vertedero (Corresponde a TR= 100 años)	106,15	m <sup>3</sup> /s
Cota superior del azud (cresta)	1512	m.s.n.m.
Cota superior de muros	1514,30m	m.s.n.m.

Fuente: PCH Marteja

Tabla 16. Dimensiones de la piscina de disipación.

Parámetro	Dimensión	Unidad
Ancho	20	m
Longitud	10	m
Cota superior de la piscina	1507	m.s.n.m.

Fuente: PCH Marteja

➤ **ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN (BOCATOMA)**

La toma de aguas se hará mediante una captación de fondo con rejilla metálica cuadradas de 5 cm de espaciamiento y con barrotes de 3 cm de diámetro con malla metálica soldada. La función de la reja será impedir la entrada de material grueso mayor (rocas y gravas, maderos, material vegetal, basuras y otros) hacia el sistema de conducción. Las dimensiones de esta obra son aquellas con las que se puede captar el caudal de diseño (5,00 m<sup>3</sup>/s).



RESOLUCIÓN N° 90

14 NOV. 2023

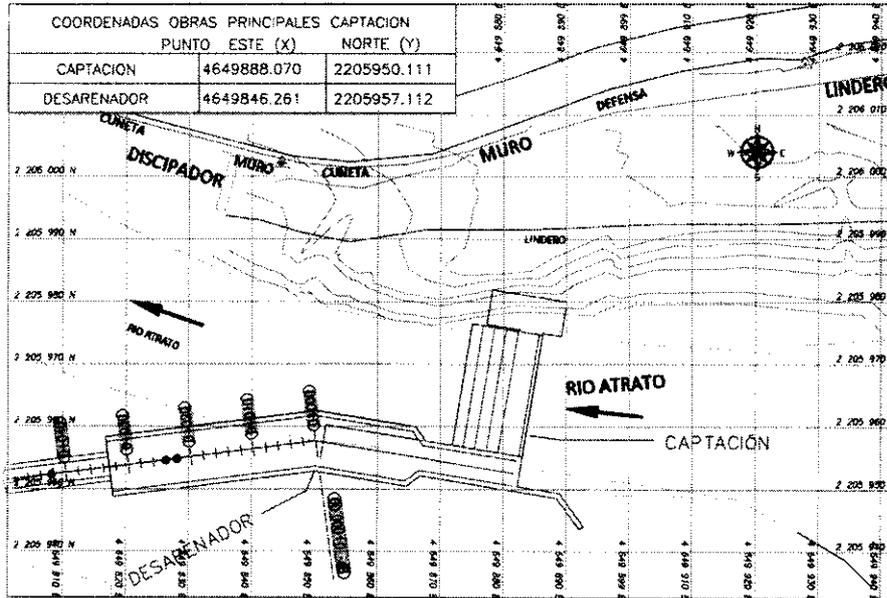


Ilustración 20. Estructura de Captación del proyecto PCH Marteja

Fuente: PCH Marteja

En la siguiente figura se muestra la captación de fondo que se construirá para la PCH Marteja

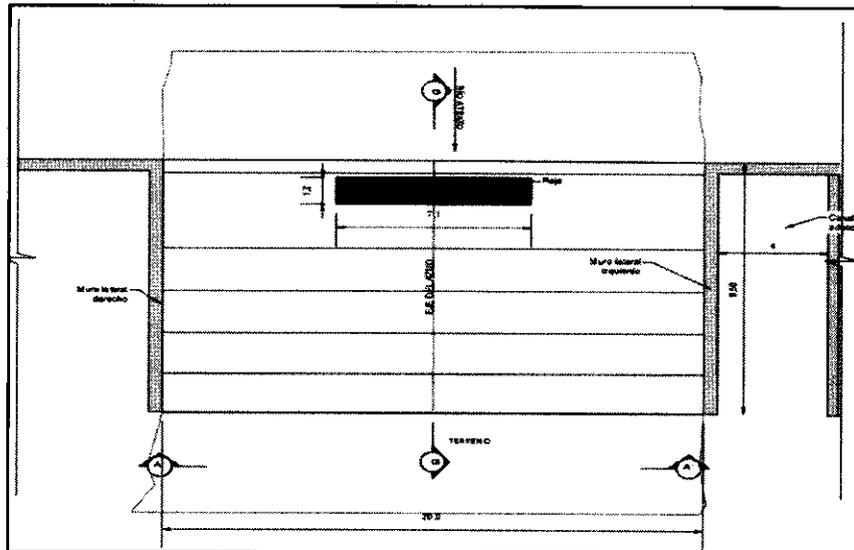


Ilustración 21. Planta general captación

Fuente: PCH Marteja

**RESOLUCIÓN No 180059**  
 (14 NOV 2023)

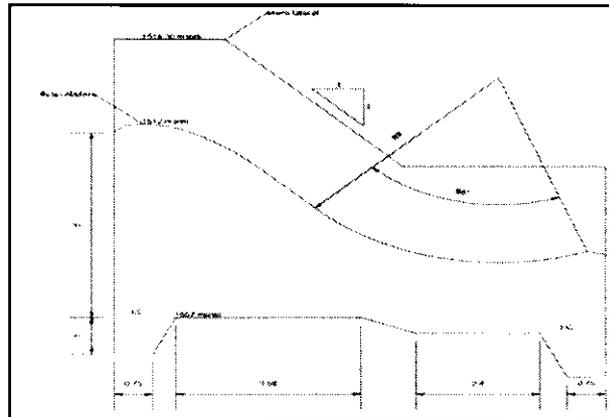


Ilustración 22. Sección Azud de captación

Fuente: PCH Marteja, 2023

A continuación, se muestran las dimensiones de la reja de captación:

Tabla 17. Dimensiones de la reja de captación.

Parámetro	Dimensión	Unidad
Longitud reja	7,10	m
Separación entre barras (s)	0,05	m
Espesor de las barras (t)	0,03	m
Porcentaje de obstrucción (f)	33	%

Fuente: PCH Marteja, 2023

La estructura será construida en concreto, en la parte superior se dispondrán de losas o plataformas para la operación de las compuertas que contralarán el sistema y el mantenimiento de la reja.

Los criterios utilizados para el diseño de la bocatoma son:

Se debe garantizar una capacidad hidráulica mínima que permita el ingreso del caudal de diseño de la central (5,00 m<sup>3</sup> /s).

Existen dos alternativas técnicas para el diseño de la captación de aguas, toma de fondo o toma lateral. En el sitio de captación del proyecto, se adoptó la alternativa de toma fondo.



RESOLUCIÓN No **1909**

(14 JUN 2022)

Cuando el caudal en la quebrada sea mayor al caudal de diseño más el caudal ecológico, se captará un caudal mayor al requerido por la central, en ese momento entrará en funcionamiento el vertedero de excesos, el cual devolverá a la quebrada el caudal excedente y estará localizado en la margen izquierda de la canal de aducción.

Para el dimensionamiento de la reja se utilizó la metodología propuesta por Garcia (2012), en la cual se adapta la ecuación de un vertedero convencional para tener en cuenta las pérdidas generadas por la reja de captación, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

$$Q = K \cdot C_d \cdot S \cdot L \cdot H^{3/2} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$Q$  : es el caudal descargado sobre el vertedero, en m<sup>3</sup>/s.

$K$  : es el coeficiente de pérdidas generado en la reja (0,85).

$C_d$  : es el coeficiente de descarga sobre el vertedero.

$S$  : es el factor de sumergencia del vertedero.

$H$  : es la carga sobre el vertedero, en metros.

El nivel de la reja está dado por la cota de la cresta del azud.

Para facilitar el manejo de las rejas y su instalación, se configuraron la reja de un módulo de 7,10 m de longitud y una pendiente de 25% de aguas arriba hacia aguas abajo.

#### **- ESTRUCTURA DE PASO DEL CAUDAL ECOLÓGICO**

Todos los proyectos de aprovechamiento de recursos hídricos deben considerar la conservación de un caudal mínimo sobre el río, con el fin de evitar la alteración de los corredores constituidos naturalmente por los mismos y preservar de esta manera el ecosistema entorno al proyecto.

Con el propósito de garantizar en todo momento el paso del caudal ecológico a través de la estructura de captación, se propone la construcción de un orificio sumergido de 0,50 m de ancho por 0,50 m de altura.

Las dimensiones se calcularon utilizando la metodología descrita para la descarga de fondo. Criterios y metodología de diseño

Los siguientes criterios de diseño fueron tenidos en cuenta para el diseño de descarga de fondo:

(14 NOV. 2023)

En condiciones normales de operación tendrá la capacidad de evacuar 0.25 m<sup>3</sup>/s. La obra debe estar anexa al canal de aducción.

Para definir el caudal que pasa por el orificio de la compuerta se siguieron dos aproximaciones expuestas en Sotelo (2002). La primera asume que el comportamiento de la estructura de paso del caudal ecológico es el de un orificio incompleto y en la segunda se asume que su comportamiento es el de una compuerta sumergida, situación ilustrada en la siguiente ilustración.

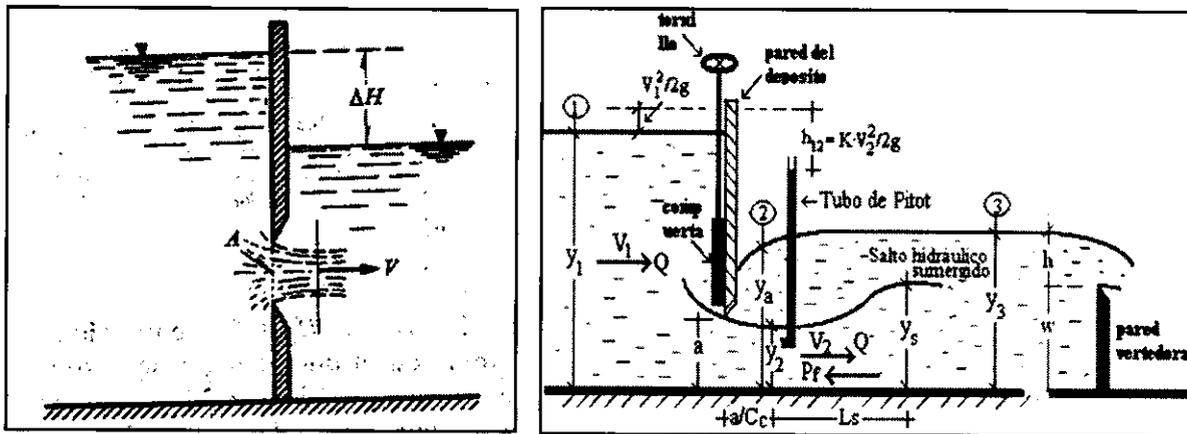


Ilustración 23. Comportamiento del flujo a través de un orificio (izquierda) y a través de una compuerta (derecha).

Fuente: Sotelo Ávila

Mediante la siguiente ecuación, se puede estimar el caudal que pasa a través de un orificio o compuerta (Sotelo, 2002).

$$Q = C_d \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H} \quad \text{Ecuación 3}$$

El caudal ecológico siempre pasara por el orificio garantizando el caudal aprobado en el plan de manejo ambiental y plan de ahorro y uso eficiente del agua - PUEAA. Sin embargo, cuando el nivel del agua es mayor que el nivel de diseño del orificio, pasará más caudal a través de este, reduciendo considerablemente (para ciertos casos) el caudal disponible para la generación de la central. Por lo tanto, se propone la instalación de una compuerta deslizante para limitar el caudal máximo que puede salir a través del orificio. En la siguiente tabla se muestran las dimensiones del orificio.

RESOLUCIÓN No. 000000000000

14 NOV. 2023

Para poder registrar el valor del caudal descargado a través de la compuerta, se debe implementar aguas abajo un vertedero debidamente calibrado, en el cual se registra el caudal y permite que un ajuste en la apertura de la compuerta, pueda ajustar el caudal acorde con el valor correspondiente al obtenido en la evaluación ambiental y siguiendo la metodología indicada.

Tabla 18. Dimensiones de la estructura de paso del caudal ecológico.

Parámetro	Dimensión	Unidad
Ancho del orificio	0,50	m
Altura del orificio	0,50	m

Fuente: PCH Marteja

➤ **DESCARGA DE FONDO**

El canal de descarga de fondo tiene como función principal permitir el vaciado del embalse cuando se requiera hacer mantenimiento por alguna razón. Este tendrá una sección transversal de 3,00m de ancho por 3,00 m de altura con una compuerta radial a la entrada del mismo. La longitud del canal será la misma del azud.

Tabla 19. Dimensiones de la estructura de paso del caudal ecológico.

Parámetro	Dimensión	Unidad
Ancho	3,00	m
Altura	3,00	m
Longitud	9,50	m

Fuente: PCH Marteja

➤ **CRITERIOS DE DISEÑO DEL VERTEDERO DE CRECIENTES**

Para el diseño del azud se utilizó la siguiente metodología y criterios: La altura del paramento eleva el nivel de las aguas en la quebrada, hasta un nivel tal que, en la bocatoma sea posible captar el caudal de diseño de la central hidroeléctrica (5,00 m<sup>3</sup> /s).

Se maximizó el salto disponible para la generación, elevando el paramento del azud, de acuerdo con las condiciones topográficas en la zona de captación. De igual manera, se analizó que la elevación de la lámina de agua durante el evento de creciente de 100 años de período de retorno no generará afectación alguna sobre las estructuras.

RESOLUCIÓN No. 1308

14 NOV 2023

La geometría del azud se definió siguiendo las recomendaciones del U.S. Bureau of Reclamation, como un vertedero de pared gruesa conocido como "Cresta de Ogee", la cuya forma es similar al perfil de la lámina de agua, de un vertedero de cresta delgada. A partir de esta geometría, se definió la capacidad de descarga del vertedero, la profundidad y cota del flujo, mediante un proceso iterativo.

Aguas abajo de la "Cresta de Ogee", se le dará continuidad al concreto hasta la piscina de disipación, este enlace está planteado con una pendiente 1H:1V y está diseñado de acuerdo con el tipo de estructura de disipación seleccionado, descrito más adelante en esta misma sección. Para la estructura de disipación, según lo expuesto por Elevatorski (1959), se determinó que, dadas las características del sitio de captación (lecho en roca sana), la estructura adecuada para la disipación de los excesos de energía producida por la caída hidráulica en el azud de captación, es un "Roller Bucket".

Para el funcionamiento del "Roller Bucket", se determinó que para caudales menores a 550 m<sup>3</sup>/s, en la estructura se generará un resalto hidráulico sumergido y para caudales mayores, funcionará como un "Trajectory Bucket" o salto de esquí. Se considera que, dada la baja probabilidad de ocurrencia del caudal de diseño durante la vida útil del proyecto, la disipación de energía en este tipo de estructura, no genera una socavación significativa en el lecho del río. Para determinar las dimensiones y la elevación desde el fondo de la estructura, se realizó un análisis de ensayo y error, en el cual se varía la elevación y se calcula la altura del resalto hidráulico, comparándola con la cota del nivel de flujo en el río, hasta que la elevación del resalto coincida con la del nivel de flujo en el río.

- **TANQUE DE DISIPACIÓN** Para el diseño de la estructura de disipación se utilizó la metodología descrita en Elevatorski (1959), como se muestra a continuación, se plantea que la profundidad de flujo a la salida es función de las condiciones de flujo en la cresta del vertedero y el desnivel entre los niveles de flujo aguas arriba y aguas debajo de la estructura.

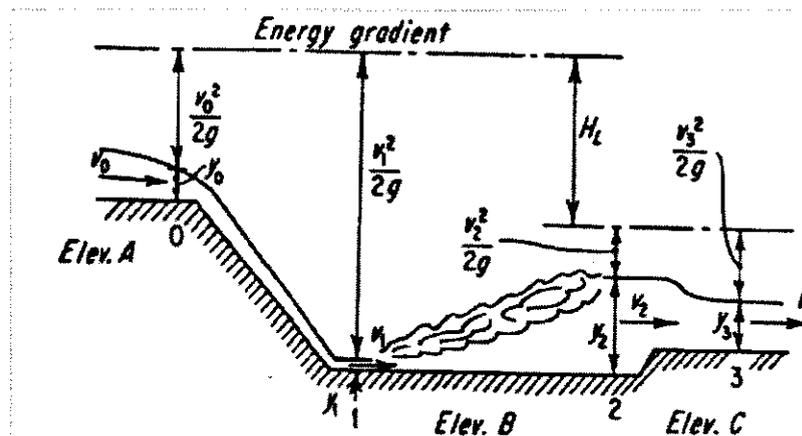


Ilustración 24. Esquema general de una obra de disipación.

RESOLUCIÓN No 1909

( 14 de Julio 2023 )

Fuente: Sotelo Ávila

$$H_L = \left( \text{elev. A} + y_0 + \frac{v_0^2}{2g} \right) - \left( \text{elev. C} + y_3 + \frac{v_3^2}{2g} \right) \quad \text{Ecuación 4}$$

$$\text{elev. B} = \left( \text{elev. A} + y_0 + \frac{v_0^2}{2g} \right) - \left( y_1 + \frac{v_1^2}{2g} \right) \quad \text{Ecuación 5}$$

$$\text{elev. B} = \left( \text{elev. C} + y_3 + \frac{v_3^2}{2g} \right) - \left( y_2 + \frac{v_2^2}{2g} \right) \quad \text{Ecuación 6}$$

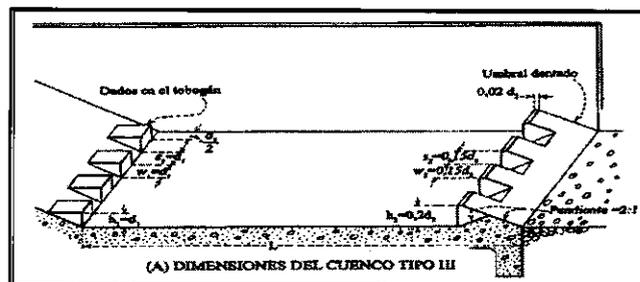
Mediante un proceso iterativo se determinó la elevación del fondo de la estructura de disipación requerida para que los costos de la excavación de la estructura no fuesen excesivos y que la probabilidad de ocurrencia de eventos iguales o superiores a las condiciones normales, no superen un valor crítico considerado adecuado para el proyecto. El nivel del fondo de la estructura de disipación determinado fue 1507 m.s.n.m. para la cual se construyó la curva de operación de la estructura. Para determinar el diámetro del "Roller Bucket" se utilizó la ecuación expuesta en Khatsuria (2005):

$$3 \cdot y_1 \leq R_{min} \leq 7 \cdot y_1 \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde  $y_1$  es la profundidad de flujo a la entrada de la estructura y  $R_{min}$  es el radio mínimo del "Roller Bucket". Seleccionando un factor de ponderación promedio, entre 3 y 7, se determinó que el radio mínimo requerido es de 5,00m.

La geometría del estanque se determinó con base al U, S, Bureau of Reclamation, donde se determina el tipo de estanque dependiendo del número de Froude, en nuestro caso, el número de Froude correspondiente en el punto de entrada al estanque para un caudal con  $T_r=100$  años, es de 2,75 m, en este caso de acuerdo a la clasificación dada, se adopta un estanque tipo III como se muestra a continuación.

En este tipo de estanque se utilizan bloques amortiguadores y un umbral terminal para acortar la longitud del resalto y para disipar la elevada velocidad de circulación dentro del estanque acortado, tanto los amortiguadores como la turbulencia del resalto disipan la energía y aseguran su eficiencia.



(14 NOV. 2023)

Ilustración 25. Estanque tipo III.

Fuente: Sotelo Ávila

### 1.5. Línea base de demanda de agua

#### 1.5.1. Consumos de agua

Para la generación de energía se utilizarán las aguas del Río Atrato, el caudal medio estimado de la fuente en este sitio es 12,12 m<sup>3</sup>/s.

En las siguientes tablas, se presenta la relación de caudales requeridos concesiones para el uso y aprovechamiento del agua.

Tabla 20. Caudal requerido para uso doméstico

Fase	Campaño	Población atendida	Dotación (l/d)	Caudal total requerido (l/s)	Coordenadas	
					Este	Norte
Operación	Casa de máquinas	6	150	0,0125	766.238,244	1.139.493,993
Operación	Captación	6	150	0,0125	769.059,845	1.139.633,905

Fuente: PCH Marteja, 2023

Tabla 21. Demanda para fase de construcción

Sitios	Caudal (l/s)	Coordenadas*	
		Este	Norte
Captación	0,085	769.059,845	1.139.633,90

\*Sistema de coordenadas: Magna Sirgas, origen: central.

Fuente: PCH Marteja 2023

Tabla 22. Demanda para fase de operación

Sitios	Caudal (l/s)	Coordenadas*	
		Este	Norte
Captación - Generación	5000	769050.7	1139649.5
Captación (caseta de control)	0,0125	769050.7	1139649.5
Casa de máquinas	0,0125	766238.244	1.139.493.993

RESOLUCIÓN No. 0082

14 NOV. 2023

Casa de máquinas - Red de incendios	0,2	766238.244	1139493.993
-------------------------------------	-----	------------	-------------

\*Sistema de coordenadas: Magna Sirgas, origen: central.

Fuente: PCH Marteja 2023

### 1.5.2. Proyección de la demanda anual de agua

De acuerdo con los caudales requeridos, se estima una demanda de agua para la fase de construcción de 0,17 l/s cada mes, para el tiempo de duración de dicha etapa.

Para la etapa de operación, esta será de 5,00022 l/s durante toda la vida útil del proyecto o por el tiempo concesionado por la autoridad ambiental competente.

#### ➤ Método de medición de caudal

A continuación, se presenta en la siguiente tabla, los métodos bajo los cuales se llevará a cabo la medición de los caudales usados para los cálculos y el caudal concesionado.

Tabla 23. Obras para medición de caudal.

Obra	Caudal (m³/s)	Descripción
Vertedero de excesos	106,15	Caudal máximo de 100 años de período de retorno
Estructura de paso del caudal ecológico	0,38	Caudal ecológico
Bocatoma/Aducción	5,00022	Caudal máximo turbinable (caudal concesionado)

Fuente: PCH Marteja 2023

### 1.5.3. Balance de agua

#### ➤ Régimen Hidrológico

Los caudales característicos de la corriente identificada dentro del área de influencia se obtuvieron mediante balance hídrico de largo plazo y transposición de caudales desde una estación pivote ubicado sobre el mismo cauce.

El río Atrato posee varias estaciones sobre su cauce. Cerca de la zona del proyecto se encuentran dos estaciones limnimétricas; la estación El Siete ubicada aguas arriba del sitio de captación y la estación Puente Las Sánchez ubicada aguas arriba del sitio de casa de máquinas.

RESOLUCIÓN No. 1903

( 14 NOV. 2023

- **Caudal medio**

A continuación, se presentan los métodos utilizados para el cálculo de los caudales medios de la cuenca en estudio:

- **Balance hídrico de largo plazo**

Esta metodología permite estimar caudales medios multianuales partiendo de datos de precipitación y evapotranspiración media sobre la cuenca. El estudio del balance hídrico se basa en la aplicación del principio de conservación de masa, también conocido como ecuación de continuidad, la cual establece que, para cualquier volumen arbitrario y durante un intervalo de tiempo definido, la diferencia entre las entradas y las salidas estará condicionada por la variación del volumen de agua almacenada.

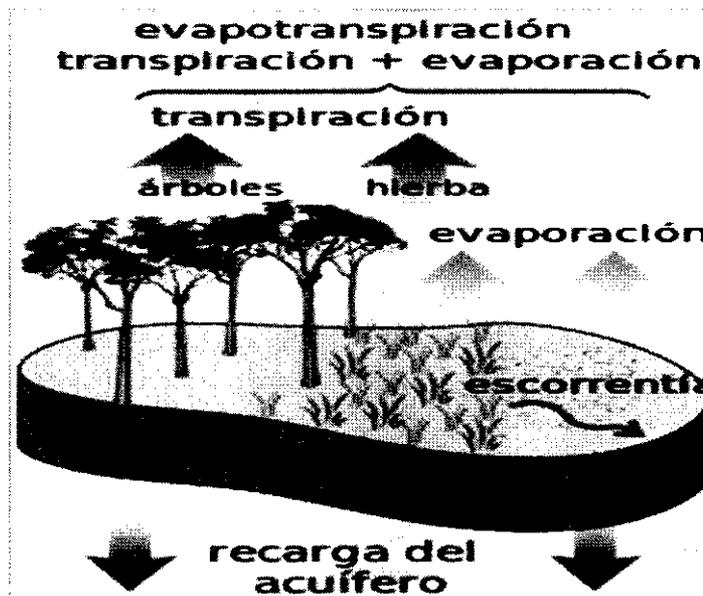


Ilustración 26. Balance hídrico en el volumen de control "suelo"

Fuente: PCH Marteja

La ecuación del balance hídrico, para cualquier zona o cuenca natural (tal como la cuenca de un río) o cualquier masa de agua, indica los valores relativos de entrada y salida de flujo y la variación del volumen de agua almacenada en la zona o masa de agua.

En general, las entradas en la ecuación del balance hídrico comprenden la precipitación (P), en forma de lluvia o nieve, en la superficie del suelo, y las aguas superficiales y subterráneas recibidas dentro de la cuenca o masa de agua desde fuera (Q<sub>SI</sub>). Las salidas en la ecuación incluyen la evaporación (en realidad evapotranspiración) desde la superficie de la masa de agua (E) y la salida de corrientes de agua

RESOLUCIÓN N° 1909

(19/07/2023)

superficial y subterránea desde la cuenca o masa de agua considerada ( $Q_{SO}$ ). Cuando las entradas superan a las salidas, el volumen de agua almacenada ( $DS$ ) aumenta y cuando ocurre lo contrario, disminuye. Todos los componentes del balance hídrico están sujetos a errores de medida o estimación, y la ecuación del balance deberá incluir, por tanto, un término residual o de diferencia ( $W$ ).

Por tanto, el balance hídrico para cualquier masa de agua y cualquier intervalo de tiempo, en su forma más general, es representado por la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 0-7} \quad (P+Q_{SI})-(E+Q_{SO})=DS+W$$

Donde:

$P$ : es la precipitación

$E$ : es la evapotranspiración

$Q_{SI}$ : Es el caudal de aguas superficiales que entra al volumen de control

$Q_{SO}$ : Es el caudal de aguas superficiales que sale del volumen de control

$DS$ : es el volumen de agua dentro del volumen de control

$W$ : representa la acumulación de las incertidumbres generada en la estimación de las variables de la ecuación

Para su aplicación a ciertos cálculos, la ecuación del balance hídrico (Ecuación 8) podrá simplificarse o hacerse más compleja, dependiendo de los datos disponibles, del objeto del cálculo, del tipo de masa de agua (cuenca de un río, lago o embalse, etc.), de las dimensiones de la masa de agua, de sus características hidrográficas e hidrológicas, de la duración del balance, y de la fase del régimen hidrológico (crecida, baja crecida) para el cual se calcula el balance hídrico.

En una cuenca de un río con una divisoria de cuencas bien definida, las aportaciones superficiales son prácticamente despreciables (suponiendo que no haya trasvases artificiales desde otras cuencas) y, por lo tanto,  $Q_{SI}$  no figura en la ecuación del balance para una cuenca de un río. Por esto, la ecuación del balance para una cuenca de un río queda como sigue:

$$\text{Ecuación 0-5} \quad P-E-Q=DS+W$$

Donde:

$Q$  representa la descarga del río desde la cuenca.

Características especiales de la ecuación del balance hídrico para intervalos de tiempo diferentes

El balance hídrico se puede calcular para cualquier intervalo de tiempo, pero deberá hacerse una distinción entre balances medios y balances para períodos determinados (tales como un año, una

RESOLUCIÓN No. **1909**

(14 NOV. 2023)

estación, un mes o un número de días), llamados algunas veces corrientes, comunes o balances operacionales.

Los balances hídricos para valores medios se calculan para un ciclo anual (año calendario o año hidrológico), aunque también pueden hacerse para cualquier estación o mes. La determinación del balance hídrico para un año medio es el caso más simple, ya que se puede desprestigiar la variación del volumen de agua almacenada en la cuenca (DS), que es difícil de medir y calcular. Para un largo período los incrementos del agua almacenada, positivos y negativos, la escala anual, tienden a equilibrarse y su valor neto al final puede considerarse igual a cero. La situación contraria ocurre cuando se calculan los balances hídricos para períodos cortos, para los cuales  $DS \neq 0$ .

Cuanto más corto es el intervalo de tiempo, más precisos deberán ser la medida y determinación de los componentes del balance hídrico, y más subdivididos estarán los valores de DS y de otros elementos. Esto da como resultado una ecuación del balance compleja, que es difícil de ajustar aceptablemente. El término DS deberá, también, tenerse en cuenta en la determinación de balances medios estacionales o mensuales.

- **Ecuación del balance hídrico de largo plazo**

La ecuación del balance hídrico de largo plazo, en el volumen de control "suelo", está explicada claramente en la literatura clásica, y se puede representar matemáticamente por la siguiente expresión (Brutsaert, 2005; Poveda et al., 2007):

$$dS / dt = P(t) - E(t) - R(t)$$

Donde  $dS/dt$ ,  $P(t)$ ,  $E(t)$  y  $R(t)$  representan el almacenamiento de agua en el suelo, precipitación, evapotranspiración real y escorrentía superficial, respectivamente. En el largo plazo (períodos de tiempo > 20 años):

$$1/T [S(T) - S(0)] = 1/T \int_0^T [P(t) - E(t) - R(t)] dt = \bar{P} - \bar{E} - \bar{R}$$

Donde las barras "—" representan el promedio en el tiempo cada una de las variables. En el largo plazo  $[S(T) - S(0)]/T = 0$ , dado que S es finito y T tiende a infinito. Por lo tanto, la ecuación del balance hídrico en el largo plazo es:

$$\bar{R} = \bar{P} - \bar{E}$$

Si consideramos una cuenca de área A, el caudal medio de largo plazo en cualquier punto de la red de drenaje embebida en esta puede calcularse mediante la integración de los campos  $\bar{P}$  y  $\bar{E}$  sobre el dominio espacial de la cuenca. Matemáticamente puede expresarse así:

$$Q = \iint_A [P(x,y) - E(x,y)] dx \cdot dy$$



**RESOLUCIÓN N° 100927**

(14 NOV. 2023)

**• Validación del balance hídrico de largo plazo en la cuenca del río Atrato**

En las secciones anteriores se estimó la precipitación y evapotranspiración en la cuenca del río Atrato con base en diferentes fuentes de información y metodologías. De esta manera, es posible estimar mediante la metodología del balance hídrico de largo plazo el caudal medio multianual en el sitio de localización de la estación El Siete y los puntos de captación del proyecto, para todas las combinaciones de P y E disponibles. La información necesaria para llevar a cabo estos cálculos se aprecia a continuación.

**Tabla 24. Datos de las cuencas de interés**

Cuenca	Área (Km <sup>2</sup> )	Altura promedio (msnm)	T (C°)	P- CKCM (mm)
El Siete	209,98	2382,89	13,47	3244,18
PCH MARTEJA	215,64	2368,77	13,55	3268,84

Fuente: PCH Marteja

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para la cuenca asociada a la estación El Siete y estos valores son comparados con el caudal medio multianual estimado a partir de los datos registrados en la estación.

**Tabla 25. Datos de las cuencas de interés**

Evapotranspiración	Precipitación	Q	Q (estación)	Error relativo (%)
		m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	
882,38	3244,18	15,73	11,72	25,5%

Fuente: PCH Marteja

Esta misma metodología fue empleada para estimar los caudales medios de largo plazo en el sitio de aprovechamiento de la PCH., logrando los resultados que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 26. Caudal medio estimado por la metodología de balance hídrico de largo plazo para el sitio de aprovechamiento.**

Evapotranspiración	Precipitación	Qm
		m <sup>3</sup> /s
		Cuenca
		PCH MARTEJA
885,06	3268,84	16,30

**RESOLUCIÓN No 1909**

(74 NOV 2023)

Fuente: PCH Marteja

**• Transposición de caudales**

El Método de transposición de caudales consiste en estimar el caudal desconocido de una cuenca a partir del caudal conocido de otra, suponiendo que las condiciones hidrológicas de ambas son semejantes a gran escala, por lo que su producción hídrica sería proporcionalmente la misma teniendo en cuenta los parámetros mencionados. El método asume que la relación entre un caudal conocido y un caudal desconocido puede aproximarse con un factor que se basa en la relación de áreas de la cuenca y la precipitación efectiva según la siguiente ecuación:

Ecuación 0-9

$$Q_{\text{desconocido}} = Q_{\text{conocido}} \cdot P_{\text{ed}} / P_{\text{ec}} \cdot A_{\text{d}} / A_{\text{c}}$$

Donde:

*QDesconocido*: es el caudal en la cuenca sin información de caudales (m3/s)

*QConocido*: es el caudal en la cuenca con registros de caudales (m3/s).

*Ped*: es la precipitación efectiva estimada para la cuenca sin información de caudales (mm).

*Pec*: es la precipitación efectiva estimada para la cuenca con registros de caudales (mm).

*Ad*: es el área de la cuenca sin información de caudales (km2).

*Ac*: es el área de la cuenca con registros de caudales (km2).

Utilizando el mapa de precipitación y el caudal medio multianual estimado a partir de los registros de la estación El Siete y Puente Las Sánchez, se estimó el caudal medio multianual en el sitio de aprovechamiento. De esta manera, se muestra el caudal medio estimado por el método de transposición de caudales y las respectivas variables empleadas.

Tabla 27. Caudales medios estimados mediante la metodología de transposición de caudales para los sitios de aprovechamiento empleando registros de estación El Siete.

Cuenca	Área	P	Q conocido	Q estimado
	(km <sup>2</sup> )	(mm)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
El Siete	209,98	3244,18	11,72	
PCH MARTEJA	215,64	3268,84		12,12

Fuente: PCH Marteja

Tabla 28. Caudales medios estimado mediante la metodología de transposición de caudales para los sitios de aprovechamiento empleando registros de estación Puente Las Sánchez

RESOLUCIÓN No 1909

( 14 NOV. 2023 )

Cuenca	Área	P	Q conocido	Q estimado
	(km <sup>2</sup> )	(mm)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
Puente Las Sánchez	219,77	3295,47	13,24	
PCH MARTEJA	215,64	3268,84		12,88

Fuente: PCH Marteja

• Selección del caudal medio para la cuenca del proyecto

Considerando las diferentes metodologías empleadas para la estimación del caudal medio en el sitio de aprovechamiento de la PCH Marteja, se definió que el caudal medio que debe ser tenido en cuenta para el diseño corresponde al obtenido mediante la transposición desde la estación El Siete.

Tabla 29. Caudal medio definido para el sitio de aprovechamiento de la PCH Marteja utilizando la estación El Siete.

Caudal medio balance hídrico	Caudal medio transposición de caudales	Caudal medio seleccionado
(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
16,30	12,12	12,12

Fuente: PCH Marteja

A continuación, se observa la serie de caudales de la estación El Siete y posteriormente, se presentan los caudales de la serie transpuesta al sitio de captación de PCH Marteja

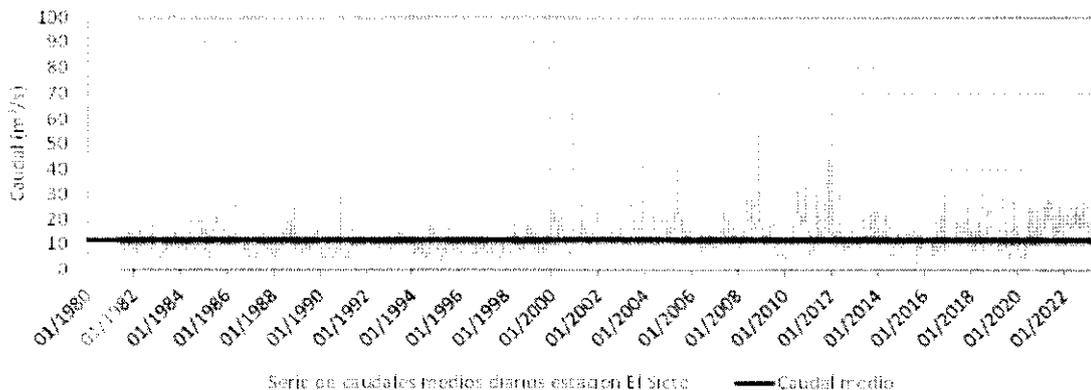
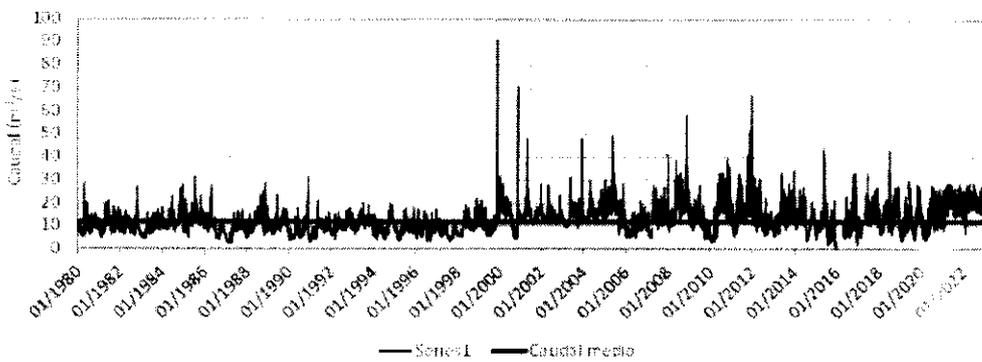


Ilustración 27. Serie de caudales de la estación El Siete.

Fuente: Estación El Siete IDEAM

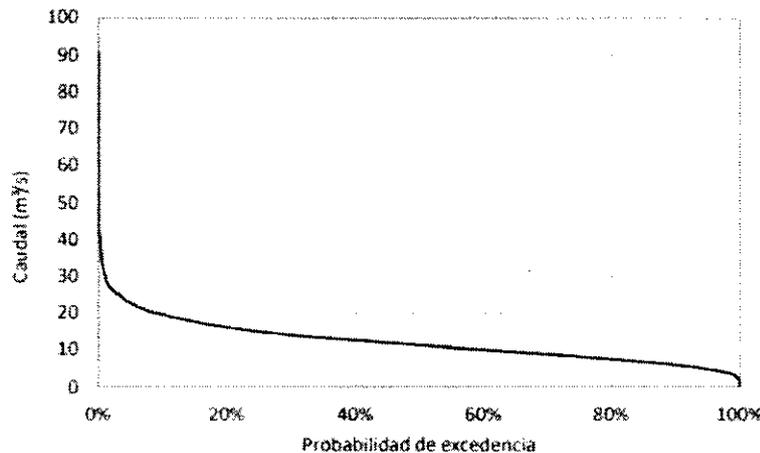
RESOLUCIÓN No. \_\_\_\_\_

14 NOV. 2023



**Ilustración 28. Serie de caudales en el sitio de captación de la PCH MARTEJA transponiendo los caudales de la estación El Siete**  
 Fuente: Estación El siete IDEAM

Adicionalmente, se elabora la curva de duración de caudales diarios, CDC, donde se pueden identificar características como caudal máximo, caudal medio, caudal mínimo, la permanencia de los caudales para la generación de energía, entre otras.



**Ilustración 29. Curva de duración de caudales**  
 Fuente: PCH Marteja, 2023

**• Estimación del caudal ecológico**

Considerando los siguientes aspectos:

- El análisis de todas las metodologías descritas en los apartados anteriores



RESOLUCIÓN No **1000**

( 14 NOV. 2023

- El régimen de caudales asociado con una climatología de trópico.
- La poca presencia de fauna acuática.

Se ha seleccionado una metodología hidrológica, puramente estadística, y aplicable en Colombia para la estimación del caudal ecológico: La recomendación del ENA, que plantea que el caudal ecológico puede ser estimado como el 25% del mínimo de los caudales medios mensuales multianuales.

A continuación, se muestra los caudales medios mensuales multianuales en el sitio de captación del proyecto hidroeléctrico PCH Marteja.

Tabla 30. Caudales medios mensuales multianuales en el sitio de captación de la PCH Marteja

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Caudal mensual</b>	10,16	9,52	9,55	11,62	14,20	14,25	12,66	11,14	11,49	13,09	15,08	13,08

Fuente: PCH Marteja, 2023

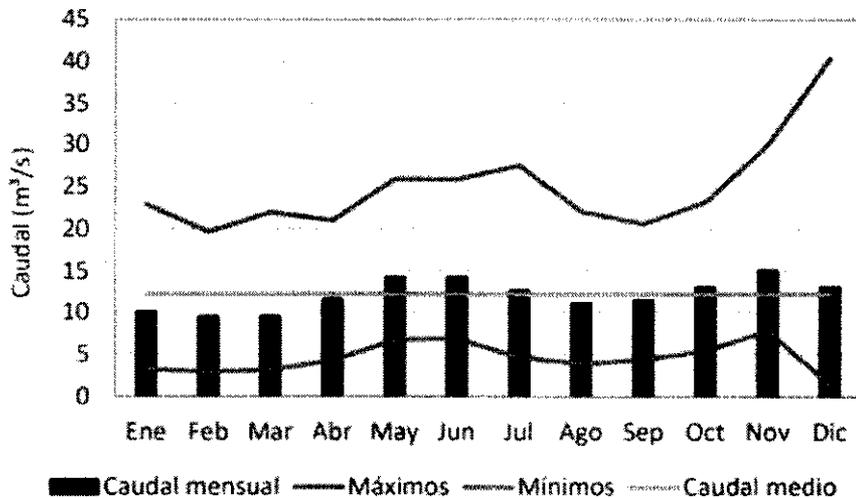


Ilustración 30. Caudales medios mensuales multianuales en el sitio de captación de la PCH Marteja  
 Fuente: PCH Marteja, 2023

Como se observa en la figura anterior, la serie tiene un comportamiento bimodal. Se presentan dos periodos de lluvia, uno entre abril y junio, y el otro entre septiembre y noviembre. Los periodos de sequía se encuentran entre enero y marzo, periodo más seco, y julio y agosto, conocido como el veranillo de San Juan.

RESOLUCIÓN No. 1909

( 14 NOV. 2023

En la siguiente tabla se presentan los valores de caudales máximos y mínimos que pueden ocurrir mensualmente.

Tabla 31. Caudales máximos y mínimos mensuales en el sitio de captación de la PCH Marteja

Mes	Caudal máximo (m³/s)	Caudal mínimo (m³/s)
Ene	3,28	22,92
Feb	2,91	19,65
Mar	3,12	21,98
Abr	4,28	21,00
May	6,73	25,96
Jun	6,91	25,90
Jul	4,65	27,53
Ago	3,85	22,05
Sep	4,36	20,60
Oct	5,44	23,20
Nov	7,79	30,03
Dic	1,47	40,36

Fuente: PCH Marteja, 2023

Para el cálculo del caudal ecológico se tuvo en cuenta una metodología hidrológica recomendada por el Estudio Nacional del Agua, ENA de IDEAM, que plantea que el caudal ecológico puede ser estimado como el 25% del mínimo de los caudales medios mensuales multianuales. Este cálculo se hace considerando la serie de caudales transpuesta al sitio de captación de la PCH MARTEJA desde la estación El Siete.

El caudal medio mensual multianual más bajo en el sitio de captación de la PCH Marteja es el del mes de diciembre: 1,47 m³/s. Por lo tanto, el 25% de ese caudal es 0,38 m³/s, siendo este último el caudal ecológico.

• Caudales máximos

La metodología indicada para esta determinación es la de análisis de frecuencias debido a que se posee información primaria del cauce cerca al sitio directo de análisis. Esto permite trabajar directamente con información real sin utilizar ninguna metodología hidro-climática para sintetizar la serie de aportes de



(14 NOV. 2023)

caudal. A continuación, se hará una breve inducción a la base teórica que respalda la aplicación del procedimiento metodológico.

• **Análisis de frecuencias**

El análisis de frecuencias es una herramienta empleada para identificar el comportamiento futuro de los caudales y precipitaciones en un sitio de interés, a partir de la información histórica de precipitaciones o caudales. Es un método basado en procedimientos estadísticos que permite calcular la magnitud del caudal extremo o de la precipitación asociado a un período de retorno.

**Resultados obtenidos**

Tabla 32. Caudales extremos (máximos) para diferentes períodos de retorno estimados en el sitio de aprovechamiento.

Periodo de retorno (años)	PCH MARTEJA
2,33	54,36
5	70,35
10	80,96
25	92,27
50	99,57
100	106,15

Fuente: PCH Marteja, 2023

• **Regla de operación**

- La potencia y la energía diaria se estiman mediante la siguiente la regla de operación:
- El caudal mínimo aprovechable será aquel que sea mayor entre el caudal ecológico,  $Q_e$ , y el caudal mínimo turbinable,  $Q_{minturb}$ . Si el río en un momento registra un caudal por debajo del máximo de esos dos valores, la central no podrá generar energía en ese momento.
- Si el río registra un caudal mayor que el máximo entre  $Q_e$  y  $Q_{minturb}$ , pero menor que el  $Q_n$ , se generará con una sola unidad generadora.
- Si el río registra un caudal mayor que  $Q_n$ , pero menor que  $Q_d$ , se generará energía con las dos unidades generadoras.
- El caudal de diseño,  $Q_d$ , impone una restricción para la generación. Si el río en un momento registra un caudal por encima de ese caudal  $Q_d$ , la central no podrá generar energía más que la asociada al  $Q_d$  en ese momento.

RESOLUCIÓN No. 190823

(14 NOV. 2023)

- Toda la energía se comercializará en el mercado de energía a través de un comercializador en un contrato tipo "Pague lo Generado". Por tanto, se propenderá por generar la mayor cantidad de energía posible, garantizando en todo momento el caudal ecológico,  $Q_e$ .

**• Determinación del caudal de diseño**

El caudal de diseño de la pequeña central hidroeléctrica es aquel que determinará la capacidad máxima para la cual deben ser diseñados los equipos electromecánicos. La determinación de este caudal no es trivial, ya que depende de la relación (no-lineal) entre factores hidrológicos (regímenes de caudales medios, máximos, mínimos y ambientales), hidráulicos (capacidad de almacenamiento de la central) y económicos (capacidad instalada, costos de inversión, factor de planta, energía generada, entre otros).

En la literatura técnica se plantea la siguiente ecuación para definir el caudal de diseño de una central hidroeléctrica:

Ecuación 0-10

$$Q_{\text{diseño}} = FD \cdot (Q_{\text{medio}} - Q_{\text{ambiental}})$$

Dónde  $FD$  es el factor de diseño, el cual depende de la relación entre las variables mencionadas.

Según la experiencia del consultor y la literatura reportada, los valores oscilan entre 1,2 y 1,5 para centrales a filo de agua, correspondiente al planteamiento de este proyecto hidroeléctrico. Dada la etapa de estudio del proyecto y teniendo en cuenta las incertidumbres en la estimación de las variables hidrológicas y en los costos de inversión del presupuesto, se adoptó un factor de diseño de 1,2 para la PCH. Correspondiendo al siguiente caudal de diseño:

Tabla 33. Caudales estimados para la PCH Marteja.

Río Atrato	Caudal Medio (m³/s)	Caudal ecológico (m³/s)	Caudal de Diseño (m³/s)
PCH MARTEJA	12,12	0,38	5,0

Fuente: PCH Marteja, 2023

**• Capacidad instalada**

La capacidad instalada se calcula a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 0-11



RESOLUCIÓN No. 1909

14 NOV. 2023

$$CI = K \cdot (Q_{\text{diseño}} \cdot H_{\text{neto}})$$

Dónde cada variable es:

CI : Capacidad instalada (MW)

K : Factor que depende de la eficiencia de equipos

Q\_diseño : Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

H\_net0 : Salto neto (m)

En esta etapa del proyecto se consideraron las pérdidas de energía como el 7 % del salto disponible o salto bruto correspondiente a la PCH. Es decir, el salto neto se estimó como el 93 % del salto bruto.

Los valores de k varían entre 8,3 y 8,5, dependiendo de las eficiencias de la turbina, el generador y el transformador, y se divide por mil para lograr el cálculo de la capacidad instalada en MW. El factor K se calcula a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 1

$$K = \frac{\rho \cdot g \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot \eta_{Tr}}{1000}$$

Dónde cada una de las variables es:

$\rho$  : Densidad del agua

g : Aceleración de la gravedad

$\eta_T$  : Eficiencia de la turbina en su punto de diseño

$\eta_G$  : Eficiencia del generador en plena carga

$\eta_{Tr}$  : Eficiencia del transformador

A partir de esta ecuación se calcula la potencia instalada PCH Marteja

$$CI = 8,35 \cdot (5,0 \cdot 56,54) / 1000$$

$$CI = 2,36 \text{ MW}$$

#### • Factor de planta

El factor de planta se define como el cociente entre la potencia media asociada a una generación en un tiempo definido y la potencia instalada de la central. En términos de energía, es la energía generada entre la energía a plena carga de la central.

Ecuación 2

$$FP = \frac{\epsilon_{\text{generada}}}{\epsilon_{\text{diseño}}}$$

RESOLUCIÓN No. **1909**

**14 NOV. 2023**

Una representación económica de este factor es la eficiencia media con la que operan las obras asociadas para la generación. Se afecta de forma inversa con el factor de diseño, es decir, a mayor FD resulta un menor FP.

Para este proyecto hidroeléctrico el FP obtenido es 0,6.

#### • **Energía generada**

La energía media generada anualmente representa el mejor estimador de los ingresos promedios recibidos por el proyecto, aunque no considera el efecto producido por la variabilidad en la generación debido a la variabilidad en los caudales de la quebrada.

La generación media anual se determina de acuerdo con la Capacidad Instalada, multiplicada por las horas anuales (365 \* 24) y afectada por el Factor de Planta, según la siguiente expresión:

Ecuación 0.14

$$E(\text{GWh/año}) = \frac{(CI \cdot 365 \cdot 24 \cdot FP)}{1000}$$

Dónde cada variable es:

E: Energía media generada en un año (GWh/año)

CI : Capacidad Instalada (MW)

FP : Factor de Planta

La energía generada para la PCH es:

***E PCH Marteja = 12,40 (GWh/año)***

#### **CAUDALES APROVECHABLES Y CAUDAL ECOLÓGICO**

##### • **Caudales Aprovechables**

Para la generación de energía de la PCH Marteja se requerirá un caudal de 5,00 m<sup>3</sup>/s. Cabe resaltar que se considera la permanencia de un caudal ecológico en el tramo entre captación y descarga para garantizar la conservación de las propiedades ambientales de la quebrada en ese segmento tan parecidas a lo natural como lo sea posible. Este caudal ecológico se ha estimado en 0,38 m<sup>3</sup>/s, sin embargo, en la práctica será de 7,12 m<sup>3</sup>/s, considerando el caudal medio del Río Atrato (12,12 m<sup>3</sup>/s) y el caudal a captar (5,00 m<sup>3</sup>/s).

( 14 NOV. 2023

- **CAUDAL DE GENERACIÓN** Se realiza un nuevo análisis teniendo en cuenta los registros de la estación hidrológica El Siete, una estación de similares características morfológicas y de coberturas vegetales que la cuenca de interés para PCH Marteja.

Con esta información se realiza el balance hídrico a largo plazo, BHLP y la transposición de caudales y se obtienen los resultados mostrados a continuación.

Tabla 34. Caudal medio calculado por diferentes métodos

Caudal medio por transposición (m3/s)	Caudal medio por BHLP (m3/s)	Caudal medio seleccionado (m3/s)
12,12	16,30	12,12

Fuente: PCH Marteja

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas de la ubicación de la zona de captación y la magnitud del caudal seleccionado para la generación.

Tabla 35. Ubicación y caudal requerido para generación de energía

ID/Fuente	Coordenadas*		Fase	Actividad	Caudal [m3/s]
Río Atrato	Este 4649883.351	Norte 2205970.493	Operación	Generación	5,00

Fuente: PCH Marteja

A continuación, se relacionan los caudales en la etapa de operación del proyecto para uso doméstico e industrial.

Tabla 36. Ubicación y caudal requerido para uso doméstico e industrial

Sitios	Caudal (l/s)	Coordenadas*	
		Este	Norte
Captación	0,0125	4649883.351	2205970.493
Casa de máquinas	0,0125	4647078.061	2205970.636
Casa de máquinas - Red de incendios	0,2	4647078.061	2205970.636

Fuente: PCH Marteja

RESOLUCIÓN No. 1908

14 NOV. 2023

- **Caudal Ecológico**

Para el cálculo del caudal ecológico se tuvo en cuenta una metodología hidrológica recomendada por el Estudio Nacional del Agua, ENA de IDEAM, que plantea que el caudal ecológico puede ser estimado como el 25% del mínimo de los caudales medios mensuales multianuales. Este cálculo se hace considerando la serie de caudales transpuesta al sitio de captación de la PCH Marteja desde la estación El siete. El caudal medio mensual multianual más bajo en el sitio de captación de la PCH Marteja es el del mes de diciembre: 1,47 m<sup>3</sup>/s. Por lo tanto, el 25% de ese caudal es 0,38 m<sup>3</sup>/s, siendo este último el caudal ecológico. El caudal ecológico como se ha dicho anteriormente, será de 7,12 m<sup>3</sup>/s. La información relacionada con los caudales aprovechables y caudal ecológico de la PCH Marteja está descrita con mayor profundidad en los capítulos anteriores.

## 2. EVALUACIÓN AMBIENTAL

En este capítulo se presenta la identificación de los impactos que se ejercen sobre el ambiente en cada una de las etapas de desarrollo del proyecto: Estudios, Construcción y operación. En cada una de ellas, y para cada uno de los medios o componentes del ambiente considerados (abióticos, bióticos y socioeconómicos), se identifican las posibles afectaciones (positivas- negativas) al entorno como consecuencia del proyecto, es decir, que pueden ser generados en el área de influencia del mismo. Esta evaluación se realiza tanto para la condición con proyecto como para la posición sin proyecto (análisis asociado a las actividades antrópicas y naturales propias de la región).

La evaluación ambiental considera la jerarquización de los impactos, generando valores que se permiten cuantificar el nivel de afectación al área que será intervenida, para posteriormente definir estrategias en los planes ambientales a implementar en cada una de las dimensiones ambientales.

### ➤ El agua

Se tendrá cuidado en el manejo de combustibles y lubricantes, evitando especialmente derrames eventuales, especialmente gasolina y diesel de la maquinaria y equipo, utilizados en las labores de extracción.

El mantenimiento de equipos y maquinarias en el área a intervenir se realizará cumpliendo medidas ambientales que garanticen la atención de posibles derrames de aceites o combustibles sobre los cuerpos de agua aledaños.

### ➤ Flora y fauna

La tala será generalizada en el predio, lo cual causará mayor impacto en la flora y fauna, por tal motivo, se conservarán las barreras vivas a los lados del polígono. Estas mitigarán temporalmente la pérdida del refugio, en especial las aves y reptiles.

RESOLUCIÓN No. 1909

(14 NOV. 2023)

Se realizará una actividad de ahuyentamiento de fauna silvestre hacia las zonas adyacentes con cobertura igual o semejante a la intervenir.

➤ **El Aire**

La emisión de gases será mínima y corresponderá a la maquinaria utilizada y al aumento del flujo vehicular. Para mitigar estos efectos, se propone:

- Prevenir y mitigar la contaminación atmosférica producto de las emisiones de material particulado durante el corte y el transporte de la madera, cortando de último los árboles que estén ubicados en el perímetro del lote.
- Controlar la velocidad de los vehículos en la vía destapada, mediante la instrucción de los conductores y la señalización de las vías. La velocidad máxima permisible debe ser 20 Km/h.
- Exigir a los vehículos empleados para el transporte de la madera que tengan el certificado de revisión técnico-mecánica y de gases vigente y emitido por un diagnóstico autorizado

En términos generales, se identificó que las características geomorfológicas y el desarrollo de actividades agropecuarias, han tenido consecuencias en la conformación del paisaje de la zona. La cuenca se encuentra degradada en términos ecosistémicos, aunque aún conserva algunos fragmentos de bosque natural los cuales se plantea conservar con las figuras de Áreas protegidas y Reservas Forestales.

La calidad del agua del Río Atrato, de acuerdo con la Subdirección de Calidad y Control Ambiental y el laboratorio de aguas de CODECHOCÓ, se ve afectada por la alta concentración de sólidos suspendidos totales y la inadecuada disposición de residuos sólidos sobre su cauce.

Es de resaltar que los factores evaluados en el escenario sin proyecto son los mismos contemplados en el escenario con proyecto, con el fin lograr una comparación entre ambos escenarios. Se presentan a continuación los resultados de la evaluación ambiental sin proyecto para cada medio evaluado.

- **Evaluación cualitativa**

El insumo principal para la realización de la evaluación ambiental sin proyecto es la caracterización de cada uno de los medios, dado que ella refleja el estado actual del ecosistema correspondiente al área de estudio, Esta información se recopiló a través de visitas de campo e información secundaria. Para la evaluación sin proyecto se seleccionaron aquellos Factores Ambientales que fueron descritos en la caracterización y que son objeto de cambios y perturbaciones derivados de la dinámica actual del entorno.

Las causas naturales están asociadas a procesos de inundación, terrenos con pendientes medias, sumado a periodos invernales extremos o fuertes. Por otra parte, las causas antrópicas se relacionan con la expansión de la frontera agrícola, inadecuadas prácticas del manejo de los residuos sólidos, inadecuado manejo de cultivos agrícolas, exceso de vertimientos líquidos domésticos y agroindustriales

**RESOLUCIÓN No. 1909**

(14 NOV. 2023)

sin tratamiento a los cuerpos de agua o al suelo y la baja cobertura en los servicios de acueducto y alcantarillado, entre otros.

La zona donde se contempla el desarrollo del proyecto se caracteriza por una geomorfología con altas pendientes, con filos alargados y de tope agudo, con una topografía quebrada formada por corrientes torrenciales.

Se trata de un área principalmente dedicado a actividades agrícolas, con pequeños ecosistemas de bosque secundario cuya vegetación está representada por un mosaico de rastrojos en diferentes estados sucesionales y de vegetación arbórea que acompaña las corrientes de agua. El uso residencial se evidencia en una menor escala.

El agua del río Atrato presenta una calidad regular en general, debido a los usos existentes del suelo se ve afectada por el aporte vertimientos de aguas domésticas, ya que es a este donde llegan las aguas del sistema de alcantarillado del municipio; por otra parte, puede ser contaminada por químicos agrícolas que son transportados a través de la escorrentía.

A continuación, en la Tabla, se muestran los resultados de la identificación de aspectos susceptibles de producir impacto sin proyecto y sobre qué impacto repercuten. Remitirse al Anexo 8.1 para visualizar de una mejor manera la matriz. Anexa en el documento técnico presentado por la PCH Marteja 2023.

Tabla 37. Impactos para el medio Biótico

VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES CON PROYECTO			ATRIBUTOS											IMPORTANCIA		
			NATURALEZA	INTENSIDAD	EXTENSIÓN	MOMENTO	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	SINERGIA	ACUMULACIÓN	EFEECTO	PERIODICIDAD	RECUPERABILIDAD	CUANTITATIVA	CUALITATIVA	
			N	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I		
Dimensión	Componente	Impacto	+/-	1-12	1-12	1-8	1-4	1-4	1-4	1-4	1-4	1-4	1-4	1-8	0-100	
BIÓTICA	FLORA	Cambio y/o pérdida de cobertura vegetal	-	8	4	4	4	4	2	4	4	4	4			
		Fragmentación de hábitats	-	8	4	4	4	4	2	4	4	4	4			
	FAUNA	Alteración en la composición y estructura	-	4	2	4	2	4	2	4	4	4	4	44		MODERADO



RESOLUCIÓN No \_\_\_\_\_

14 NOV. 2023

PAISAJE	Alteración en la percepción visual del paisaje	-	8	4	4	4	4	2	4	4	4	4		
	HIDROGEOLOGÍA	Alteración de la dinámica del agua subterránea	-	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	
ATMÓSFERA	Alteración de la calidad del aire	-	2	2	4	2	2	4	4	4	2	4	36	MODERADO
	Aumento en los niveles de presión sonora	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	2	44	MODERADO
HIDROLOGÍA	Alteración de la calidad del agua superficial	-	2	4	4	4	4	4	4	4	4	2	44	MODERADO
	Alteración de la dinámica del agua superficial	-	4	2	4	2	2	4	1	4	2	2	37	MODERADO
	Alteración de la disponibilidad del agua superficial	-	4	2	4	2	2	4	1	4	2	2	37	MODERADO

Fuente: PCH Marteja 2023

Tabla 39. Impactos para el medio socioeconómico con proyecto

VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES CON PROYECTO			ATRIBUTOS											IMPORTANCIA	
			NATURALEZA	INTENSIDAD	EXTENSIÓN	MOMENTO	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	SINERGIA	ACUMULACIÓN	EFEECTO	PERIODICIDAD	RECUPERABILIDAD	CUANTITATIVA	CUALITATIVA
Dimensión	Componente	Impacto	+/-	1-12	1-12	1-8	1-4	1-4	1-4	1-4	1-4	1-4	1-8	0-100	
SOCIOECONÓMICA	DEMOGRÁFICO	Cambio en las variables	-	2	2	2	2	1	2	4	4	2	2	29	MODERADO

Oportunidad y Desarrollo Sostenible para las Subregiones

NIT: 899999238-5

Quibdó Carrera 1° N° 22-96 Tels.: 6711510 | contacto@codechoco.gov.co

[www.codechoco.gov.co](http://www.codechoco.gov.co)

GD-PR-01-FR-01 V.122-01-13



RESOLUCIÓN No. **1909**

( 14 NOV. 2023

<b>MEDIO SOCIOECONÓMICO</b>			
<b>Naturaleza del impacto</b>	<b>Importancia</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Cantidad</b>
-	Irrelevante	2	1
+	Moderado	1	3
-	Severo	2	1
<b>Total impactos</b>		<b>5</b>	<b>5</b>
<b>TOTAL IMPACTOS GENERADOS</b>		<b>21</b>	<b>21</b>

Fuente: PCH Marteja 2023

#### ❖ **ETAPA DE ABANDONO Y RESTAURACIÓN FINAL**

El plan de abandono y restauración final para el proyecto comprende dos etapas: abandono de instalaciones temporales, que se realiza al final de la etapa constructiva, y abandono final del proyecto, a realizarse posterior a la terminación de la etapa operativa. Para las áreas e infraestructura intervenida de manera directa por el proyecto, y que deben ser desmanteladas, se presenta la siguiente información:

- Etapas, procedimientos, materiales e infraestructura requerida para la clausura del proyecto.
- Manejo, tratamiento y disposición de los residuos generados durante el desmantelamiento.
- Propuesta de uso final del suelo compatible con el medio circundante.
- Medidas de manejo y reconfiguración morfológica que garantice la estabilidad y restablecimiento de la cobertura vegetal y la reconfiguración paisajística, según aplique y en concordancia con la propuesta del uso final del suelo.
- Estrategia de información a las comunidades y autoridades del área de influencia acerca de la finalización del proyecto y de la gestión social.

### **3. PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y AHORRO DEL RECURSO HÍDRICO — PUEAA**

El programa para el uso eficiente y ahorro del recurso hídrico — PUEAA, se diseña por parte de los contratistas y colaboradores en el proyecto hidroeléctrico Marteja, localizado en el municipio de El Carmen de Atrato, para dar cumplimiento a la normatividad ambiental vigente, como un instrumento que apoya el cumplimiento de la normatividad ambiental, y se alinea con los objetivos de desarrollo sostenible. El programa contempla la definición de estrategias, líneas de acción, operaciones y procesos técnicos y administrativos que serán realizados por la Pequeña Central Hidroeléctrica Marteja y todos sus contratistas en las actividades del proyecto que propendan por el uso eficiente y ahorro del recurso hídrico.

En el cual se pretende:

**Oportunidad y Desarrollo Sostenible para las Subregiones**

NIT: 899999238-5

Quibdó Carrera 1° N° 22-96 Tels.: 6711510 | contacto@codechoco.gov.co

[www.codechoco.gov.co](http://www.codechoco.gov.co)

GD-PR-01-FR-01 V.122-01-13



**RESOLUCIÓN No. 1900**

(14 NOV 2023)

- Identificar el funcionamiento del sistema hidráulico, con todos sus componentes, los caudales que transporta y los procesos que abastece.
- Elaborar una línea base del consumo de agua.
- Definir estrategias, líneas de acción, operaciones y procesos técnicos y administrativos que aporten al uso eficiente del recurso hídrico en el proyecto PCH Marteja.
- Implementar las actividades estipuladas en el programa del proyecto PCH Marteja.
- Identificar, evitar y/o minimizar las pérdidas de recurso hídrico captado y/o usado en el proyecto hidroeléctrico.

Durante todo el proyecto se presentarán principalmente dos actividades que requieren consumo: el abastecimiento de las necesidades básicas de las personas, y el uso industrial del agua, este último incluye el proceso de la captación y la generación de la energía, en el cual se tiene en cuenta la fase de construcción.

Para la optimización del recurso hídrico, se proponen las siguientes estrategias en el Plan de Uso Eficiente y Ahorro de Agua enmarcadas en el cumplimiento de los objetivos propuestos: los cuales se detallan en el documento principal presentado por PCH Marteja 2023.

- Estrategia 1: Capacitación y sensibilización
- Estrategia 2: Inventario de procesos de consumo de agua • Estrategia 3: Instalación de equipos de medición de flujo.
- Estrategia 4: Uso y ahorro del agua
- Estrategia 5: Inspección y detección de fugas
- Estrategia 6: Mantenimiento preventivo

**Estrategia 1: Capacitación y sensibilización**

Tabla 41. Estrategia 1

<b>OBJETIVO</b>	Capacitar al personal que trabaja en el proyecto, las estrategias y buenas prácticas para ahorrar y usar eficientemente el agua, para la conservación del recurso, mediante la socialización del PUEAA.		
<b>META</b>	Capacitar al 100% del personal que labora en el proyecto		
<b>INDICADOR</b>	$\frac{\# \text{ de personas capacitadas}}{\# \text{ personas totales del proyecto}} * 100\%$		
<b>ALCANCE</b>	Aplica para cada empleado en cada estancia del proyecto, desde la etapa de construcción hasta la de operación.		
<b>ACTIVIDADES A DESARROLLAR</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>PRESUPUESTO</b>
Jornadas de capacitación mediante charlas conjuntas para todo el personal.	Semestral	Residente ambiental	-

**Oportunidad y Desarrollo Sostenible para las Subregiones**

RESOLUCIÓN No 1900

14 NOV. 2023

Socialización al personal del programa de uso eficiente y ahorro de agua con las estrategias planteadas para tal fin y avances.	Anual	Residente ambiental	-
Boletines informativos, campañas educativas.	Trimestral	Residente ambiental	\$ 200.000

Fuente: PCH Marteja, 2023

### Estrategia 2: Inventario de procesos de consumo de agua

Tabla 42. Estrategia 2

<b>OBJETIVO</b>	Registrar todos los procesos que requieren uso de agua para una posterior medida de seguimiento.		
<b>META</b>	Inventariar el 100% de las fuentes de consumo de agua.		
<b>INDICADOR</b>	Número de fuentes o procesos que usan agua		
<b>ALCANCE</b>	Aplica para cada etapa del proyecto, desde la construcción hasta la operación		
<b>ACTIVIDADES A DESARROLLAR</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>PRESUPUESTO</b>
Listado de las etapas del proceso, con sus respectivas sub-etapas o procesos con la asociación de aquellas que requieren uso de agua para su funcionamiento.	Durante el inicio de operación	Constructor	-
Diseñar un plano basado en el sistema real de distribución del agua, desde la captación hasta los dispositivos de consumo y vertimientos, de la siguiente manera:  <ol style="list-style-type: none"> <li>Realizar un esquema del sistema hidráulico.</li> <li>Identificar tuberías y accesorios (diámetro, longitud y material), válvulas (tipo de válvulas, diámetro, longitud y material), medidores (tipo de medidor, diámetro), almacenamiento (dimensiones), bombas (tipo de bomba, marca, modelo, capacidad, diámetro).</li> <li>Evaluar la conveniencia de emplear válvulas de seccionamiento para eliminar posibles fugas y realizar reparaciones ágilmente.</li> </ol>	Durante la construcción	Constructor	Asociado a los costos del proyecto

Fuente: PCH Marteja, 2023

### Estrategia 3: Instalación de equipos de medición de flujo

Tabla 43. Estrategia 3

<b>OBJETIVO</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Cumplir con el caudal aducido de acuerdo con la concesión otorgada por la autoridad ambiental.</li> <li>Tener un control sobre el consumo de agua en cada proceso que la requiere.</li> </ol>
<b>META</b>	Instalar el 100% de los medidores requeridos para conocer los caudales de entrada y consumos.

**RESOLUCIÓN N° 9 0 9**

14 NOV. 2023

INDICADOR	$\frac{\text{Dispositivos instalados}}{\text{Dispositivos requeridos}} * 100$		
<b>ALCANCE</b>	Aplica para cada etapa del proyecto, desde la construcción hasta la operación		
<b>ACTIVIDADES A DESARROLLAR</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>PRESUPUESTO</b>
Con el listado de fuente de consumo de agua, se determinará estratégicamente donde se deben ubicar los dispositivo para lectura de consumos, teniendo en cuenta que en la captación se debe instalar obligatoriamente uno de ellos, además de separar los consumos de agua industrial y doméstica.	Durante la construcción	Constructor	1.500.0000
Verificación periódica del buen funcionamiento de los medidores.	Mensual	Residente ambiental	-
Registrar la cantidad de agua que entra y que sale de cada proceso donde fueron instalados los medidores.	Mensual	Residente ambiental	-

Fuente: PCH Marteja, 2023

**Estrategia 4: Uso y ahorro del agua**

Tabla 44. Estrategia 4

<b>OBJETIVO</b>	Adecuar las instalaciones con dispositivos ahorradores de agua, con el fin de reducir el consumo.		
<b>META</b>	Adecuar el 100% de las fuentes de consumo de agua con sistemas ahorradores.		
<b>INDICADOR</b>	$\frac{\text{Dispositivos instalados}}{\text{Dispositivos requeridos}} * 100$		
<b>ALCANCE</b>	Aplica para cada etapa del proyecto, desde la construcción hasta la operación		
<b>ACTIVIDADES A DESARROLLAR</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>PRESUPUESTO</b>
Instalación en los diferentes grifos de perlizadores, los cuales incorporan aire al chorro de agua, y así reducen el consumo de agua en un 40%, también se recomienda la adecuación con llaves temporizadoras o reguladoras de caudal.	Durante la construcción	Constructor	Asociado a los costos del proyecto
Para los inodoros se recomienda la utilización de mecanismos de doble descarga (permiten regular la descarga parcial o total del tanque del inodoro) en donde se ahorra un 60% del agua, o se puede introducir una o dos botellas de agua en la cisterna lejos de	Durante la construcción	Constructor	Asociado a los costos del proyecto

RESOLUCIÓN No \_\_\_\_\_

14 NOV. 2023

las válvulas, ocupando el espacio del agua y ahorrando 2 a 3 litros por descarga.	✓		
Para las actividades de lavado, se deberá realizar recolección de aguas lluvias, además de hacer uso de herramientas con optimización de caudal como hidrolavadoras y realizar antes del lavado con agua una limpieza en seco.	Durante la construcción y operación	Constructor, residente ambiental	\$ 1.500.000
<p>Evaluar la viabilidad técnica y económica de propuestas como las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalar un sistema de recolección de aguas lluvias para el funcionamiento de los servicios sanitarios.</li> <li>• Recircular el agua que se utiliza para la refrigeración de equipos.</li> <li>• Emplear el agua de lluvia para el lavado de manos en los servicios sanitarios.</li> <li>• Recircular el agua que se genera en el lavado de manos de los baños, para el llenado de los tanques de inodoros.</li> </ul>	-	Constructor, residente ambiental	

Fuente: PCH Marteja, 2023

### Estrategia 5: Inspección y detección de fugas

Tabla 45. Estrategia 5

<b>OBJETIVO</b>	Verificar el correcto funcionamiento del sistema hidráulico mediante las mediciones de caudal, realizando las reparaciones que sean necesarias.		
<b>META</b>	Tener pérdidas menores que el 25 % de acuerdo con las pérdidas técnicas máximas permisibles en el sistema de conducción o aducciones, según el artículo 44° de la Resolución 0330 de 2017 por medio de la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS		
<b>INDICADOR</b>	$\frac{\text{Volumen de fugas}}{\text{Volumen captado}} * 100$		
<b>ALCANCE</b>	Aplica para cada etapa del proyecto, desde la construcción hasta la operación		
<b>ACTIVIDADES A DESARROLLAR</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>PRESUPUESTO</b>
Revisar los consumos de cada medidor por lo menos una vez a la semana.	Semanal	Residente ambiental	-



**RESOLUCIÓN N°**

14 NOV 2023

Revisar el estado de tuberías, válvulas, grifos, medidores, bombas y demás dispositivos del sistema distribuidor, por lo menos una vez a la semana y realizar reparación de los hallazgos	Semanal	Constructor	-
Tener un historial o registro de fugas en el abastecimiento de agua que permita conocer si el problema persiste.	Semanal	Residente ambiental	-

Fuente: PCH Marteja, 2023

**Estrategia 6: Mantenimiento preventivo**

Tabla 46. Estrategia 5

<b>OBJETIVO</b>	Disminuir la gravedad de las fallas que puedan presentarse, obteniendo volúmenes bajos de agua de fuga.		
<b>META</b>	Tener pérdidas menores que el 25 % de acuerdo con las pérdidas técnicas máximas permisibles en el sistema de conducción o aducciones, según el artículo 44° de la Resolución 0330 de 2017 por medio de la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS		
<b>INDICADOR</b>	$\frac{\text{Inspecciones realizadas}}{\text{Inspecciones programadas}} * 100$		
<b>ALCANCE</b>	Aplica para cada etapa del proyecto, desde la construcción hasta la operación		
<b>ACTIVIDADES A DESARROLLAR</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>PRESUPUESTO</b>
Creación de lista de chequeo para inspecciones	Anual	Residente ambiental	-
Establecer cronograma de inspecciones	Anual	Constructor	-
Correcciones y mantenimientos con su respectivo informe de mantenimiento	Según cronograma	Constructor	1.000.000

Fuente: PCH Marteja, 2023

**CRONOGRAMA PUEAA**

A continuación, en la siguiente tabla se presenta el cronograma de implementación de las estrategias planteadas para el programa de uso eficiente y ahorro de agua.

Tabla 47. Cronograma de implementación

Estrategia	Actividad	Responsable	Año 1													
			Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12		
Capacitación y sensibilización	Jornadas de capacitación mediante charlas conjuntas para todo el personal.	Residente ambiental														
	Socialización al personal del programa de uso eficiente y ahorro de agua con las	Residente ambiental														

RESOLUCIÓN No. 1909

14 NOV. 2023

Estrategia	Actividad	Responsable	Año 1														
			Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12			
	estrategias planteadas para tal fin y avances.																
	Boletines informativos, campañas educativas.	Residente ambiental															
Inventario de procesos de consumo de agua	Listado de las etapas del proceso, con sus respectivas sub-etapas o procesos con la asociación de aquellas que requieren uso de agua para su funcionamiento.	Constructor															
	Realizar un esquema del sistema hidráulico.	Constructor															
	Identificar tuberías y accesorios, válvulas, medidores, almacenamiento, bombas.	Constructor															
	Evaluar la conveniencia de emplear válvulas de seccionamiento para eliminar posibles fugas y realizar reparaciones ágilmente.	Constructor															
Instalación de equipos de medición de flujo	Instalar medidores a la entrada y a la salida de distribuciones	Constructor															
	Verificación periódica del buen funcionamiento de los medidores	Constructor															
	Registrar la cantidad de agua que entra y que sale de cada proceso donde fueron instalados los medidores	Residente ambiental															
Uso y ahorro del agua	Instalación en los diferentes grifos de perlizadores, los cuales incorporan aire al chorro de agua, y así reducen el consumo de agua en un 40%, también se recomienda la adecuación con llaves temporizadoras o reguladoras de caudal.	Constructor															
	Para los inodoros se recomienda la utilización de mecanismos de doble descarga (permiten regular la descarga parcial o total del tanque del inodoro) en donde se ahorra un 60% del agua, o se puede introducir una o dos botellas de agua en la cisterna lejos de las válvulas,	Constructor															

**RESOLUCIÓN No. 1909**

14 NOV. 2023

Estrategia	Actividad	Responsable	Año 1														
			Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12			
	ocupando el espacio del agua y ahorrando 2 a 3 litros por descarga.																
	Para las actividades de lavado, se deberá realizar recolección de aguas lluvias, además de hacer uso de herramientas con optimización de caudal como hidrolavadoras y realizar antes del lavado con agua una limpieza en seco.	Constructor, residente ambiental															
	Evaluar la viabilidad técnica y económica de propuestas para la reducción del consumo de agua	Constructor, residente ambiental															
Inspección y detección de fugas	Revisar los consumos de cada medidor por lo menos una vez a la semana.	Residente ambiental															
	Revisar el estado de tuberías, válvulas, grifos, medidores, bombas y demás dispositivos del sistema distribuidor, por lo menos una vez a la semana y realizar reparación de los hallazgos	Constructor															
	Tener un historial o registro de fugas en el abastecimiento de agua que permita conocer si el problema persiste.	Residente ambiental															
Mantenimiento preventivo	Creación de lista de cheque para inspecciones	Residente ambiental															
	Establecer cronograma de inspecciones	Constructor															
	Correcciones y mantenimientos con su respectivo informe de mantenimiento	Constructor															

Fuente: PCH Marteja, 2023

Al final de cada periodo se evaluarán la eficiencia de las medidas implementadas dentro del Plan de Ahorro y Uso Eficiente del Agua.

De acuerdo con los resultados obtenidos, seguirán llevándose a cabo, en los siguientes años, las actividades que presenten mejores resultados en la evaluación realizada al final del ciclo inicial del presente Plan de Ahorro y Uso Eficiente del Agua.

**CONCLUSIONES**

**Oportunidad y Desarrollo Sostenible para las Subregiones**

NIT: 899999238-5

Quibdó Carrera 1° N° 22-96 Tels.: 6711510 | contacto@codechoco.gov.co

[www.codechoco.gov.co](http://www.codechoco.gov.co)

GD-PR-01-FR / 122-01-13

**RESOLUCIÓN No. 1900**

**14 NOV 2023**

La PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH MARTEJA - PCH Marteja, se encuentra localizada en jurisdicción del municipio de El Carmen de Atrato, departamento de Caldas. El sitio propuesto está ubicado sobre el Río Atrato, entre las cotas de 1512 m.s.n.m. y 1440 m.s.n.m., las cuales corresponden a las obras de derivación y obras de descarga, respectivamente. El Proyecto ha sido diseñado como una central hidroeléctrica "a filo de agua", es decir, sin regulación de caudal; y para este caso, sin embalse. Estará conformado por las obras de derivación (azud, estructura de captación, vertedero de crecientes, canal de aducción, desarenador conducción a flujo libre y tanque de carga), tubería de conducción a presión, la casa de máquinas y la estructura de descarga. Dichas obras estarán dispuestas en la margen izquierda del río, permitiendo aprovechar un salto bruto de 65 m aproximadamente y un caudal de diseño de 5,00 m<sup>3</sup>/s, con lo cual se proyecta obtener una capacidad instalada 2,36 MW, con una capacidad de la turbina de 2,5 MW, con una generación media anual de aproximadamente 12,40 GWh/año.

A partir de los diseños de las obras, se delimita el área de intervención, que corresponde al polígono que contiene las obras de la PCH Marteja y que ocupa un área total de 59,53 ha; en dicha área se incluye un buffer de distancia de retiro del río Atrato de 30 metros a lado y lado de la misma, la línea de conducción cuenta con un ancho de 30 metros que incluye la franja donde se contempla realizar el aprovechamiento forestal y los cimientos respectivos para soportar la dicha estructura y se toma un buffer de 100 metros para las obras civiles correspondientes a campamento, talleres, bocatoma, desarenador, casa de máquinas, plataforma (caseta de operaciones y concretadora) y tres (3) ZODME (Zona de Disposición de Material de Excavación) con su respectivo acceso (3) de 65 metros lineales aproximadamente. Se identifican las actividades a desarrollar, considerando las fases y etapas del mismo.

Tabla. Coordenadas de localización de las estructuras de captación, conducción y generación del Proyecto

ESTRUCTURA	SISTEMA DE REFERENCIA MAGNA SIRGAS, ORIGEN OESTE		ALTURA (m.s.n.m)
	ESTE	NORTE	
Bocatoma / Azud	4649888.070	2205950.111	1512
Desarenador	4649846.261	2205957.112	
Tanque de Carga	4647139.538	2205904.063	1505
Turbina			1443
Casa de maquinas	4647078.314	2205971.945	1440
Canal de descarga	4647035.954	2205986.395	

Tabla. Características generales de la PCH Marteja



RESOLUCIÓN No. 000029

14 NOV 2023

Tipo de captación	Fondo- Filo de agua
Área de la cuenca	215,64 km <sup>2</sup>
Caudal de diseño para generación	5,00 m <sup>3</sup> /s
Cota de captación (vertedero de crecientes)	1512 m.s.n.m.
Caudal ecológico	7,12 m <sup>3</sup> /s
Nivel mínimo tanque de carga	1.499,34 m.s.n.m.
Salto bruto	51,34
Salto neto	47,75
Cota eje turbinas	1443,185 m.s.n.m.
Casa de máquinas	Superficial
Tipo de turbina	1 Francis/eje horizontal
Capacidad instalada	2,00 MW

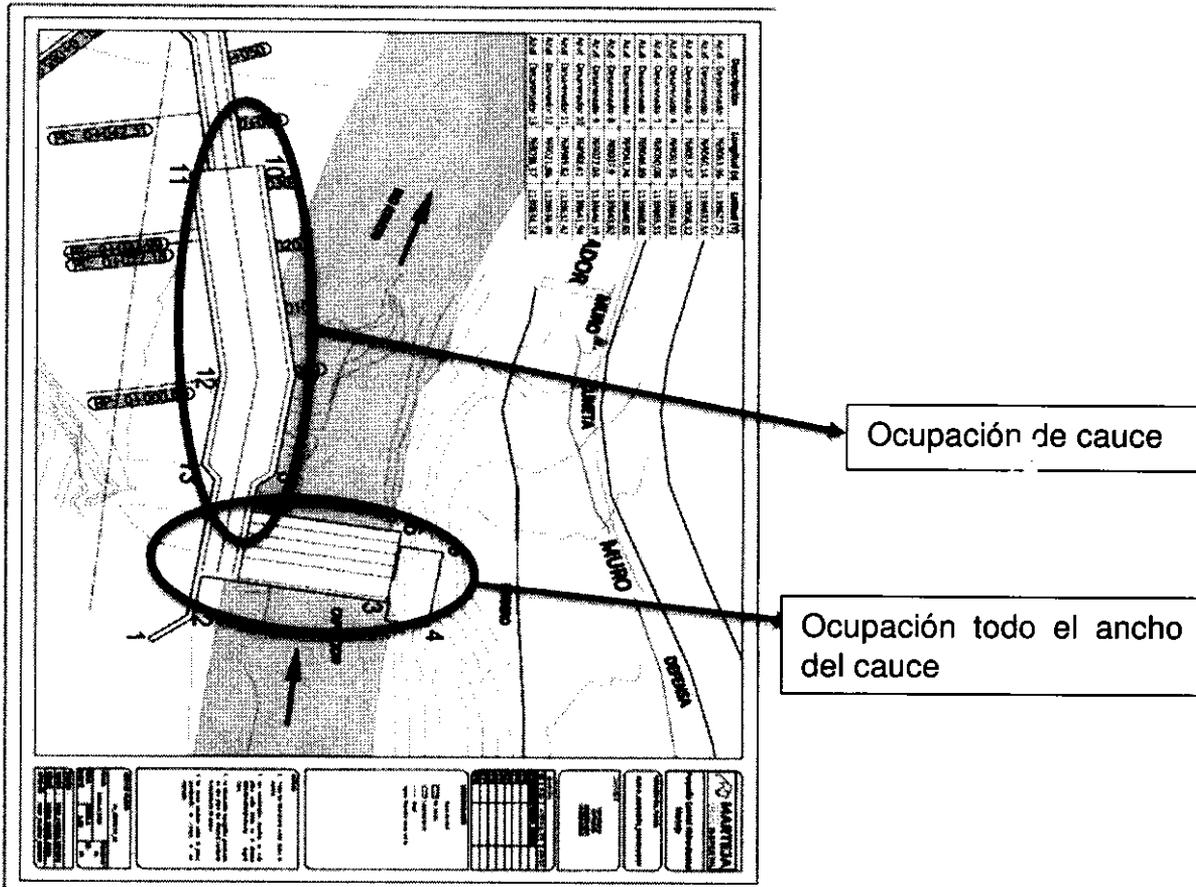
En la estructura de captación sobre el río Atrato, la toma de aguas se hará mediante una captación de fondo con rejilla metálica de 5 cm de espaciamiento y con barros de 3 cm de diámetro, la cual permite la entrada del caudal de diseño (5,00 m<sup>3</sup>/s), anexo a esta estructura se encuentra el orificio diseñado para la descarga libre del caudal ecológico. Adicionalmente, se proyectó un azud de crecientes, localizado sobre el río, el cual garantizará en todo momento el nivel del agua sobre la estructura de captación y permitirá la evacuación de los posibles crecientes máximas.

Posterior a la estructura de captación se encuentra una compuerta deslizante, que permite controlar el ingreso del agua al sistema. El caudal captado será conducido hacia el desarenador, por medio del canal de aducción.

La construcción de las obras para la ejecución del proyecto estará sujeta previa autorización de CODECHOCO, al evidenciar que se está ocupando todo el ancho del cauce lo cual genera una fragmentación del ecosistema acuático, por lo cual se deberá replantear los diseños los cuales deben estar ajustados según la normatividad ambiental vigente, Decreto 1076 de 2015.

RESOLUCIÓN No. **1909**

14 NOV. 2023



Fuente: Adaptado documento técnico PCH Marteja 2023

Decreto 1076 de 2015,

**“Artículo 2.2.3.2.9.11. Construcción de las obras hidráulicas.** Para que se pueda hacer uso de una concesión de aguas se requiere que las obras hidráulicas ordenadas en la resolución respectiva hayan sido construidas por el titular de la concesión y aprobadas por la Autoridad Ambiental competente de acuerdo con lo previsto en este Decreto. **Artículo 2.2.3.2.19.5. Aprobación de planos y de obras, trabajos o instalaciones.** Las obras, trabajos o instalaciones a que se refiere la presente sección, requieren dos aprobaciones: a. La de los planos, incluidos los diseños finales de ingeniería, memorias técnicas y descriptivas, especificaciones técnicas y plan de operación; aprobación que debe solicitarse y obtenerse antes de empezar la construcción de las obras, trabajos e instalaciones. b. La de las obras, trabajos o instalaciones una vez terminada su construcción y antes de comenzar su uso, y sin cuya aprobación éste no podrá ser iniciado”.

Durante todo el proyecto se presentarán principalmente dos actividades que requieren consumo: el abastecimiento de las necesidades básicas de las personas, y el uso industrial del agua, este



**14 NOV. 2023**

último incluye el proceso de la captación y la generación de la energía, en el cual se tiene en cuenta la fase de construcción.

**- Demanda anual de agua**

De acuerdo con los caudales requeridos, se estima una demanda de agua para la fase de construcción de 0,17 l/s cada mes, para el tiempo de duración de dicha etapa.

Para la etapa de operación, esta será de 5,00022 l/s durante toda la vida útil del proyecto o por el tiempo concesionado por la autoridad ambiental competente.

Teniendo en cuenta el caudal medio de la cuenca en el punto de captación se establece la demanda así:

Caudal medio asignado para el sitio de aprovechamiento de la PCH MARTEJA utilizando la estación El Siete.

Caudal medio balance hídrico (m³/s)	Caudal medio transposición de caudales (m³/s)	Caudal medio seleccionado (m³/s)
16,30	12,12	12,12

Fuente: PCH Marteja, 2023

**Demanda de agua para fase de operación**

Sitios	Uso	Caudal (l/s)	Coordenadas*	
			Este	Norte
Captación - Generación	Industrial	5.000	769050.7	1139649.5

**Obras para modificación de caudal.**

Obra	Caudal (m³/s)	Descripción
Vertedero de excesos	106,15	Caudal máximo de 100 años de período de retorno
Estructura de paso del caudal ecológico	0,38	Caudal ecológico
Bocatoma/Aducción	5,00022	Caudal máximo turbinable (caudal concesionado)

Fuente: PCH Marteja, 2023

Por ello se debe tener en cuenta el Plan de Uso Eficiente y Ahorro de Agua en el cual se detallan las estrategias, líneas de acción, operaciones y procesos técnicos y administrativos que serán realizados por la Pequeña Central Hidroeléctrica Marteja y todos sus contratistas en las actividades del proyecto con el ánimo de garantizar la conservación y que propendan por el uso eficiente y

RESOLUCIÓN No. 1906

14 NOV. 2023

*ahorro del recurso hídrico, en el cumplimiento de los objetivos propuestos: los cuales se detallan en el documento principal presentado por PCH Marteja 2023.*

*Las estrategias establecidas en el PUEAA son:*

- *Estrategia 1: Capacitación y sensibilización*
- *Estrategia 2: Inventario de procesos de consumo de agua • Estrategia 3: Instalación de equipos de medición de flujo.*
- *Estrategia 4: Uso y ahorro del agua*
- *Estrategia 5: Inspección y detección de fugas*
- *Estrategia 6: Mantenimiento preventivo*

*Además, para este proyecto se requerirán diferentes recursos tales como:*

- *Aprovechamiento forestal*
- *Concesiones de aguas para uso domestico*
- *Permiso de vertimientos*
- *Permiso de ocupación de cauce*

### **RECOMENDACIONES**

*De la evaluación del documento técnico presentado ante CODECHOCO, para la solicitud del permiso de concesión de aguas superficiales, se encontró que la información se ajusta en su alcance y contenido a la normatividad ambiental vigente y define las correspondientes medidas de prevención, corrección, compensación y mitigación de los impactos y efectos negativos de la actividad, garantizando que no afecte de manera grave al medio ambiente, ni ocasiona daños considerables al paisaje en cuanto al proceso de concesión de aguas superficiales, si se cumple con las medidas definidas en los términos de referencia del plan de ahorro y uso eficiente del agua, por lo que se emite Concepto Técnico Favorable para la aprobación de la concesión de aguas para la ejecución del proyecto de generación hidroeléctrica a filo de agua denominado " PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH MARTEJA", ubicado en el Municipio de Carmen de Atrato-Departamento del Chocó, solicitada por la empresa AGJAS DEL SUR OESTE S.A.S ESP, identificada con el NIT° 900731686-3, representada legalmente por el señor PABLO AGUDELO RESTREPO identificado con cédula de ciudadanía número 71.786.836 de Medellín, bajo los siguiente parámetros:*

*A partir de los diseños de las obras, se delimita el área de intervención, que corresponde al polígono que contiene las obras de la PCH Marteja y que ocupa un área total de 59,53 ha; en dicha área se incluye un buffer de distancia de retiro del río Atrato de 30 metros a lado y lado de la misma.*

**RESOLUCIÓN N° 9008E**

(14 MAR 2023)

1. localización de las estructuras de captación del Proyecto sobre el río Atrato

ESTRUCTURA	SISTEMA DE REFERENCIA MAGNA SIRGAS, ORIGEN OESTE		ALTURA (m.s.n.m)
	ESTE	NORTE	
Bocatoma / Azud	4649888.070	2205950.111	1512

Características generales de la PCH Marteja

Tipo de captación	Fondo- Filo de agua
Área de la cuenca	215,64 km <sup>2</sup>
Caudal de diseño para generación	5,00 m <sup>3</sup> /s
Cota de captación (vertedero de crecientes)	1512 m.s.n.m.
Caudal ecológico	7,12 m <sup>3</sup> /s
Nivel mínimo tanque de carga	1.499,34 m.s.n.m.
Salto bruto	51,34
Salto neto	47,75
Cota eje turbinas	1443,185 m.s.n.m.
Casa de máquinas	Superficial
Tipo de turbina	1 Francis/eje horizontal
Capacidad instalada	2,00 MW

- Se recomienda otorgar concesión de aguas superficiales por el tiempo de duración del proyecto, el cual incluye las fases de construcción y operación del proyecto hidroeléctrico; de igual manera se recomienda otorgar durante la fase construcción y operación concesión de agua en cantidad de 5,00 m<sup>3</sup> /s, para uso industrial para generación hidroeléctrica a partir del río Atrato por un término de 50 años.
- La empresa AGUAS DEL SUR OESTE S.A.S ESP, identificada con el NIT°900731686-3, representada legalmente por el señor PABLO AGUDELO RESTREPO identificado con cédula de ciudadanía número 71.786.836 de Medellín, para el proyecto " PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH MARTEJA", ubicado en el Municipio de Carmen de Atrato-

**RESOLUCIÓN No \_\_\_\_\_**

**(14 JUL 2023)**

*Departamento del Chocó, deberá implementar todas las acciones establecidas en el Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Agua de conformidad con lo establecido en el artículo 2.2.3.2.1.1.3. del decreto 1090 de 2018 "Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua y se dictan otras disposiciones", presentado ante CODECHOCO.*

- 4. Previo al inicio de las labores constructivas, el beneficiario deberá presentar los planos para su aprobación, los cuales deberán contener los diseños definitivos de las obras a construir de conformidad con lo establecido en el decreto 1541 de 1978 (compilado en el decreto 1076 de 2015), dando cumplimiento al Artículo 2.2.3.2.19.7. "Obligaciones para proyectos que incluyan construcciones como presas, diques, compuertas, vertederos, pasos de vías públicas. Artículo 2.2.3.2.19.8. Planos y escalas. Artículo 2.2.3.2.19.9. Estudio, aprobación y registro de los planos"*
- 5. El beneficiario deberá garantizar en todo momento el caudal mínimo ecológico luego de la captación de agua a partir de la fuente hídrica río Atrato a la altura de la bocatoma del proyecto de conformidad con los lineamientos establecidos en la resolución 865 de 2004, para lo cual se escogió una metodología de acuerdo con la información disponible y las características regionales particulares, la alta pluviosidad de la región y la recuperabilidad de la cuenca hidrográfica, para lo cual se deberá construir, instalar sistemas o quipos previamente calibrados (con certificación de empresa especializada) en un tramo aguas abajo del punto de captación que permita determinar en cualquier momento el caudal ecológico en el río Atrato.*
- 6. De conformidad con lo establecido en el artículo 2.2.3.2.8.5. del decreto 1076 de 2015, las obras de captación de aguas deberán estar provistas de los elementos de control necesarios que permitan conocer en cualquier momento la cantidad de agua derivada por la bocatoma, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 121 del Decreto -Ley 2811 de 1974.*
- 7. La construcción de las obras hidráulicas como la operación de la bocatoma deben garantizar la migración de las especies de fauna íctica presentes en la zona, PCH Marteja deberá presentar alternativas que permitan la migración y la Corporación determinará la acción a implementar, lo anterior para evitar la fragmentación del ecosistema, en especial el íctico*
- 8. Durante la fase de construcción todos los equipos, maquinaria, vehículos de carga y movilización deberán cumplir con los requisitos de emisiones para su funcionamiento, para la operación de la planta de concretos se deberá realizar monitoreo de la calidad del aire de manera que se dé cumplimiento a lo establecido en el normatividad ambiental vigente, de conformidad con lo establecido en las fichas del manejo del instrumento ambiental presentado.*
- 9. De conformidad con lo estipulado en el Artículo 2.2.3.2.7.2. del decreto 1076 de 215: El suministro de aguas para satisfacer concesiones está sujeto a la disponibilidad del recurso, por tanto, el Estado no es*

**RESOLUCIÓN No 1909**

**14 NOV 2023**

*responsable cuando por causas naturales no pueda garantizar el caudal concedido. La precedencia cronológica en las concesiones no otorga prioridad, y en casos de escasez todas serán abastecidas a prorrata o por turnos, conforme al artículo 2.2.3.2.1.16 del decreto en cita*

10. *El concesionario deberá informar a la Corporación el abandono del área intervenida, mediante informe que detalle el retiro de las estructuras de captación y estado de la fuente.*
11. *Todos los materiales de construcción deberán acreditar la procedencia lícita de acuerdo a lo establecido en artículo 30 de la ley 685 de 2001*
12. *El beneficiario deberá implementar las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación consignadas en el Plan de Manejo Ambiental – PMA, para lo cual deberá presentar informes semestrales del avance de las actividades aquí aprobadas, conforme a los formatos adoptados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible –MADS. De manera particular, se recomienda que la ejecución de la ficha técnica PMA apropie la alternativa denominada: Cultivo de peces de interés comercial y/o cultural.*
13. *A título de compensación ambiental el beneficiario deberá implementar un programa de repoblamiento de fauna íctica - Laboratorio de Reproducción de Especies Ícticas Nativas (garantizando que se mantenga la genética de las especies de la zona), que consista de hasta 2 repoblamientos anuales y hasta un máximo de 20.000 alevinos cada uno, desde el inicio de la fase de construcción y hasta la terminación de la fase de operación del proyecto, los sitios y las especies deberán ser concertadas con la Corporación.*
14. *A título de obligación ambiental el beneficiario deberá reforestar un área de 5 hectáreas anuales, desde el año en que inicie la puesta en marcha y operación del proyecto "PCH La Marteja" y por el término de esta, con una densidad de siembra de 500 árboles por hectárea, en la Zona Hidrográfica Atrato – Darién, con un mantenimiento mínimo de 3 años, las áreas y las especies deberán ser concertadas de manera previa con CODECHOCO, esta obligación no implica la necesidad de compra o adquisición de predios, la Corporación priorizará, seleccionará y garantizará el acceso al predio o los predios necesarios, condición previa para llevar a cabo el cumplimiento de la obligación, esta reforestación se podrá realizar en predios de territorios étnicos (Consejos Comunitarios y resguardos Indígenas) y/o Asociaciones Campesinas registradas ante la Asociación Departamental de Usuarios Campesinos – ANUC, previa concertación con estas organizaciones.*
15. *Se deberá implementar un programa monitoreo de fauna durante la fase de construcción y durante la fase de operación.*
16. *El beneficiario deberá implementar el plan de manejo de tráfico y señalización de la obra y vial*
17. *El beneficiario, deberá dar total cumplimiento a lo establecido en el Plan de Ahorro y uso eficiente del agua - PUEAA y la normatividad ambiental vigente*

RESOLUCIÓN No: 190811

(14 NOV. 2023)

18. CODECHOCO, realizará visitas técnicas y hará los muestreos y análisis necesarios a costa del peticionario de acuerdo al cronograma de seguimiento y monitoreo establecido
19. Al personal que labore en la etapa constructiva del proyecto, se les deberá capacitar en seguridad industrial, salud ocupacional y medio ambiente, los soportes de dichas capacitaciones se remitirán semestral a CODECHOCO.
20. El personal deberá estar dotado de elementos de protección personal necesario para la realización de sus actividades, los cuales serán de uso obligatorio, de conformidad con el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo
21. La presente concesión de aguas superficiales, podrá ser suspendido en caso de incumplimiento de las obligaciones de cargo de su titular, sin perjuicio de las sanciones a que haya lugar o desconocimiento de la normatividad ambiental
22. El incumplimiento de las obligaciones contenidas en la presente resolución dará lugar a la aplicación de las sanciones que determina la Ley 1333 de 2009, sin perjuicio de las penales o civiles a que haya lugar.

En mérito de lo expuesto,

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO:** Otorgar permiso de Concesión de Aguas Superficiales a la empresa **AGUAS DEL SUR OESTE S.A.S ESP**, identificado con NIT 900731686-3, representada legalmente por el señor **PABLO AGUDELO RESTREPO**, identificado con cédula de ciudadanía No.71.786.836, en cantidad de 5,00 m<sup>3</sup> /s, para la ejecución del proyecto denominado **"PEQUEÑA CENTRAL HIDROELECTRICA PCH MARTEJA"** ubicada en el Municipio de Carmen de Atrato - Departamento del Chocó, en las siguientes coordenadas:

*Tabla. Coordenadas de localización de las estructuras de captación, conducción y generación del Proyecto*

ESTRUCTURA	SISTEMA DE REFERENCIA MAGNA SIRGAS, ORIGEN OESTE		ALTURA (m.s.n.m)
	ESTE	NORTE	
Bocatoma / Azud	4649888.070	2205950.111	1512
Desarenador	4649846.261	2205957.112	
Tanque de Carga	4647139.538	2205904.063	1505
Turbina			1443
Casa de maquinas	4647078.314	2205971.945	1440

RESOLUCIÓN No 1938

04 MAR 2023

ESTRUCTURA	SISTEMA DE REFERENCIA MAGNA SIRGAS, ORIGEN OESTE		ALTURA (m.s.n.m)
	ESTE	NORTE	
Canal de descarga	4647035.954	2205986.395	

**PARÁGRAFO PRIMERO:** El presente permiso de Concesión de Aguas Superficiales, será otorgado por el tiempo de duración del proyecto, el cual incluye las fases de construcción y operación del proyecto hidroeléctrico, contados a partir de la ejecutoria de esta resolución. Su prórroga, se efectuará siempre y cuando la solicitud se realice con seis (6) meses de antelación al vencimiento del permiso, salvo razones de conveniencia pública.

**ARTÍCULO SEGUNDO: CADUCIDAD.** Serán causales de caducidad del permiso de Ocupación de Cauce las siguientes:

1. La cesión del permiso hecha a terceros sin la autorización de CODECHOCO.
2. El desvío de la Ocupación para el uso diferente al señalado en la resolución.
3. El incumplimiento del beneficiario a las condiciones impuestas o pactadas.
4. El incumplimiento grave o reiterados de las normas sobre preservación de recursos, salvo fuerza mayor debidamente comprobada, siempre que el interesado de aviso dentro de los quince (15) días siguientes al acatamiento de la misma.

**PARÁGRAFO.** Previamente a la declaratoria administrativa de caducidad, se dará al interesado la oportunidad de ser oído en descargo para lo cual dispondrá de diez (10) días hábiles para rectificar o subsanar la falta o faltas de que le imputa o para formular su defensa.

**ARTÍCULO TERCERO:** El beneficiario del permiso deberá pagar por el servicio de seguimiento, el cual se liquidará previamente por parte de la corporación.

**ARTÍCULO CUARTO:** El incumplimiento de las obligaciones contenidas en el presente acto administrativo, dará lugar e inicio de procesos sancionatorio ambiental, de conformidad con la Ley 1333 de 2009 y los siguientes:

**OBLIGACIONES:** El peticionario deberá cumplir con las siguientes:

23. La empresa AGUAS DEL SUR OESTE S.A.S ESP, identificada con el NIT°900731686-3, representada legalmente por el señor PABLO AGUDELO RESTREPO identificado con cédula de ciudadanía número 71.786.833 de Medellín, para el proyecto: "PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH MARTEJA", ubicado en el Municipio de Carmen de Atrato-Departamento del Chocó, deberá implementar todas las acciones establecidas en el Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Agua de conformidad con lo establecido en el artículo 2.2.3.2.1.1.3. del decreto 1090 de 2018 "Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua y se dictan otras disposiciones", presentado ante CODECHOCO.

RESOLUCIÓN No **1909**

**14 NOV. 2023**

24. *Previo al inicio de las labores constructivas, el beneficiario deberá presentar los planos para su aprobación, los cuales deberán contener los diseños definitivos de las obras a construir de conformidad con lo establecido en el decreto 1541 de 1978 (compilado en el decreto 1076 de 2015), dando cumplimiento al Artículo 2.2.3.2.19.7. "Obligaciones para proyectos que incluyan construcciones como presas, diques, compuertas, vertederos, pasos de vías públicas. Artículo 2.2.3.2.19.8. Planos y escalas. Artículo 2.2.3.2.19.9. Estudio, aprobación y registro de los planos"*
25. *El beneficiario deberá garantizar en todo momento el caudal mínimo ecológico luego de la captación de agua a partir de la fuente hídrica río Atrato a la altura de la bocatoma del proyecto de conformidad con los lineamientos establecidos en la resolución 865 de 2004, para lo cual se escogió una metodología de acuerdo con la información disponible y las características regionales particulares, la alta pluviosidad de la región y la recuperabilidad de la cuenca hidrográfica, para lo cual se deberá construir, instalar sistemas o quipos previamente calibrados (con certificación de empresa especializada) en un tramo aguas abajo del punto de captación que permita determinar en cualquier momento el caudal ecológico en el río Atrato.*
26. *De conformidad con lo establecido en el artículo 2.2.3.2.8.5. del decreto 1076 de 2015, las obras de captación de aguas deberán estar provistas de los elementos de control necesarios que permitan conocer en cualquier momento la cantidad de agua derivada por la bocatoma, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 121 del Decreto-Ley 2811 de 1974.*
27. *La construcción de las obras hidráulicas como la operación de la bocatoma deben garantizar la migración de las especies de fauna íctica presentes en la zona, PCH Marteja deberá presentar alternativas que permitan la migración y la Corporación determinará la acción a implementar, lo anterior para evitar la fragmentación del ecosistema, en especial el íctico*
28. *Durante la fase de construcción todos los equipos, maquinaria, vehículos de carga y movilización deberán cumplir con los requisitos de emisiones para su funcionamiento, para la operación de la planta de concretos se deberá realizar monitoreo de la calidad del aire de manera que se dé cumplimiento a lo establecido en el normatividad ambiental vigente, de conformidad con lo establecido en las fichas del manejo del instrumento ambiental presentado.*
29. *De conformidad con lo estipulado en el Artículo 2.2.3.2.7.2. del decreto 1076 de 2015: El suministro de aguas para satisfacer concesiones está sujeto a la disponibilidad del recurso, por tanto, el Estado no es responsable cuando por causas naturales no pueda garantizar el caudal concedido. La precedencia cronológica en las concesiones no otorga prioridad, y en casos de escasez todas serán abastecidas a prorrata o por turnos, conforme al artículo 2.2.3.2.1.16 del decreto en cita*
30. *El concesionario deberá informar a la Corporación el abandono del área intervenida, mediante informe que detalle el retiro de las estructuras de captación y estado de la fuente.*
31. *Todos los materiales de construcción deberán acreditar la procedencia lícita de acuerdo a lo establecido en el artículo 30 de la ley 685 de 2001*



RESOLUCIÓN No. 1909

(14 NOV. 2023)

32. El beneficiario deberá implementar las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación consignadas en el Plan de Manejo Ambiental – PMA, para lo cual deberá presentar informes semestrales del avance de las actividades aquí aprobadas, conforme a los formatos adoptados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible –MADS. De manera particular, se recomienda que la ejecución de la ficha técnica PMA apropie la alternativa denominada: Cultivo de peces de interés comercial y/o cultural.
33. A título de compensación ambiental el beneficiario deberá implementar un programa de repoblamiento de fauna íctica - Laboratorio de Reproducción de Especies Ícticas Nativas (garantizando que se mantenga la genética de las especies de la zona), que consista de hasta 2 repoblamientos anuales y hasta un máximo de 20.000 alevinos cada uno, desde el inicio de la fase de construcción y hasta la terminación de la fase de operación del proyecto, los sitios y las especies deberán ser concertadas con la Corporación.
34. A título de obligación ambiental el beneficiario deberá reforestar un área de 5 hectáreas anuales, desde el año en que inicie la puesta en marcha y operación del proyecto "PCH La Marteja" y por el término de esta, con una densidad de siembra de 500 árboles por hectárea, en la Zona Hidrográfica Atrato – Darién, con un mantenimiento mínimo de 3 años, las áreas y las especies deberán ser concertadas de manera previa con CODECHOCO, esta obligación no implica la necesidad de compra o adquisición de predios, la Corporación priorizará, seleccionará y garantizará el acceso al predio o los predios necesarios, condición previa para llevar a cabo el cumplimiento de la obligación, esta reforestación se podrá realizar en predios de territorios étnicos (Consejos Comunitarios y resguardos Indígenas) y/o Asociaciones Campesinas registradas ante la Asociación Departamental de Usuarios Campesinos – ANUC, previa concertación con estas organizaciones.
35. Se deberá implementar un programa monitoreo de fauna durante la fase de construcción y durante la fase de operación.
36. El beneficiario deberá implementar el plan de manejo de tráfico y señalización de la obra y vial
37. El beneficiario, deberá dar total cumplimiento a lo establecido en el Plan de Ahorro y uso eficiente del agua - PUEAA y la normatividad ambiental vigente
38. CODECHOCO, realizará visitas técnicas y hará los muestreos y análisis necesarios a costa del peticionario de acuerdo al cronograma de seguimiento y monitoreo establecido
39. Al personal que labore en la etapa constructiva del proyecto, se les deberá capacitar en seguridad industrial, salud ocupacional y medio ambiente, los soportes de dichas capacitaciones se remitirán semestral a CODECHOCO.
40. El personal deberá estar dotado de elementos de protección personal necesario para la realización de sus actividades, los cuales serán de uso obligatorio, de conformidad con el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo

**RESOLUCIÓN No. 190923**

14 NOV. 2023

41. La presente concesión de aguas superficiales, podrá ser suspendido en caso de incumplimiento de las obligaciones de cargo de su titular, sin perjuicio de las sanciones a que haya lugar o desconocimiento de la normatividad ambiental

El incumplimiento de las obligaciones contenidas en la presente resolución dará lugar a la aplicación de las sanciones que determina la Ley 1333 de 2009, sin perjuicio de las penales o civiles a que haya lugar.

**ARTICULO QUINTO:** La presente resolución deberá ser publicada en el boletín oficial de CODECHOCÓ, de acuerdo con lo establecido en el artículo 71 de la ley 99 de 1993.

**ARTICULO SEXTO:** Remítase copia de la presente resolución al peticionario, a la Procuradora Judicial, Ambiental y Agraria de la Zona de Quibdó para lo de sus competencias, para los fines indicados en el inciso final del artículo 39 de la ley 99 de 1993.

**ARTICULO SEPTIMO:** Contra la presente resolución procede el recurso de reposición, el cual se puede interponer dentro de los (10) días siguientes a su notificación.

**NOTIFÍQUESE, COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE**

Dada en Quibdó, a los

14 NOV. 2023

**ARNOLD ALEXANDER RINCON LOPEZ**

Director General

Proyección y/o Elaboración	Revisó	Aprobó	Fecha	Folios
Winy L. Copete Arías Profesional Contratista	Angélica Arriaga Mosquera Profesional Especializado	Yurisa Trujillo Secretaria General	Octubre /2023	Cuarenta y Dos (42)
Los arriba firmantes, declaramos que hemos revisado el presente documento y lo encontramos ajustado a las normas y disposiciones legales y/o técnicas vigentes				

