
 <p>DEO <i>Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</i></p>	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO</p>	 <p>plyma PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES</p>
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

PROYECTO: *“ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO”*

**INFORME FINAL
CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE
INFLUENCIA DEL PROYECTO**

VERSIÓN 2

MARZO DE 2018

Elaborado por: Personal técnico	Revisado por: Luis Javier Mazo Uribe	Aprobado por: Paula Andrea Galvis Osorno
Cargo: Profesionales	Cargo: Ingeniero civil	Cargo: Gerente general
Firma:	Firma:	Firma
Fecha:	Fecha:	Fecha:



 <p>DEO <i>Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</i></p>	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO</p>	 <p>plyma PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES</p>
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

TABLA DE CONTENIDO

3	CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	1
3.5	ZONIFICACIÓN AMBIENTAL	1
3.5.1	ZONIFICACIÓN DEL MEDIO ABIÓTICO	2
3.5.1.1	Estabilidad geotécnica	3
3.5.2	GRADO DE EROSIÓN.....	4
3.5.2.1	Componente hidrogeológico	5
3.5.2.2	Hidrología	7
3.5.2.3	Superposición de mapas de sensibilidad física	7
3.5.3	ZONIFICACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO.....	8
3.5.4	ZONIFICACIÓN DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL.....	10
3.5.4.1	Actividad económica	10
3.5.4.2	Cobertura de servicios públicos	11
3.5.4.3	Presencia de comunidades étnicas.....	12
3.5.4.4	Superposición de mapas del medio socioeconómico y cultural	13
3.5.5	ZONIFICACIÓN DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL GENERAL	14
3.5.6	ÁREAS O ELEMENTOS CON SENSIBILIDAD DOMINANTE O ESPECIAL ..	16

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1	Niveles de sensibilidad definidos para la estabilidad geotécnica	3
Tabla 3.2	Resultados de sensibilidad ambiental del área de estudio por estabilidad geotécnica	3
Tabla 3.3	Niveles de sensibilidad definidos para la susceptibilidad a la erosión.....	4
Tabla 3.4	Grado de sensibilidad a la erosión de las unidades cartográficas del área de influencia	4
Tabla 3.5	Niveles de sensibilidad definidos para las características hidrogeológicas.....	5
Tabla 3.6	Niveles de sensibilidad definidos para las Unidades hidrogeológicas del Área de Influencia.	7
Tabla 3.7	Niveles de sensibilidad para el componente hidrológico.....	7
Tabla 3.8	Niveles de sensibilidad para el medio físico	7
Tabla 3.9	Niveles de sensibilidad para el medio biótico	8
Tabla 3.10	Nivel de sensibilidad biótica para el área de influencia.....	9
Tabla 3.11	Niveles de sensibilidad por actividad económica.....	10
Tabla 3.12	Resultados de la zonificación de sensibilidad ambiental por actividad económica para el área de influencia.....	11
Tabla 3.13	Niveles de sensibilidad por servicios públicos	12
Tabla 3.14	Resultados de la zonificación de sensibilidad ambiental por servicios públicos	12





 <p>DEO <i>Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</i></p>	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO</p>	 <p>plyma PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES</p>
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

Tabla 3.15 Niveles de sensibilidad por presencia de comunidades étnicas	12
Tabla 3.16 Resultados de la zonificación de sensibilidad ambiental por presencia de comunidades étnicas	13
Tabla 3.17 Niveles de sensibilidad para el medio socioeconómico	14
Tabla 3.18 Nivel de importancia máximo obtenido para el medio físico	15
Tabla 3.19 Nivel de importancia máximo obtenido para el medio biótico	15
Tabla 3.20 Nivel de importancia máximo obtenido para el medio socioeconómico	15
Tabla 3.21 Niveles de sensibilidad para la zonificación ambiental general.....	16

 <p>DEO <i>Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</i></p>	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO</p>	 <p>plyma PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES</p>
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

3 CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO



3.5 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

La metodología de zonificación ambiental que se propone, utiliza la información considerada en la caracterización socioambiental de un área, la cual ha sido debidamente colectada, interpretada, sectorizada y geo-referenciada a una escala adecuada, proporcionando un mapa síntesis que abstrae y ubica los diferentes sectores con sus respectivos grados de restricción, información muy valiosa al momento de la planeación de los proyectos. La presente metodología se fundamenta de forma genérica en la metodología establecida por Delgado (2014)¹, adaptada a las particularidades y naturaleza del proyecto. El proceso de zonificación se basa en los siguientes procesos:

- Agrupación y geo-referenciación de atributos. Entiéndase como atributos las unidades temáticas definidas por los especialistas en cada uno de los diferentes componentes ambientales. Como producto se obtienen los mapas temáticos iniciales.
- Superposición de la información contenida en cada uno de los mapas temáticos usando sistemas de información geográfica (SIG), en donde se utiliza el cruce, ponderación y superposición de los diferentes niveles de sensibilidad ambiental que han sido identificados en cada uno de los atributos considerados en los mapas temáticos. Cada una de las unidades definidas en cada mapa temático, fue categorizada de acuerdo con su sensibilidad ambiental.
- Obtención de mapas de zonificación intermedios en cada uno de los componentes ambientales analizados (abiótico, biótico, socio-económico y cultural). Con base en la sensibilidad asignada a cada una de las categorías, se realiza un álgebra de mapas, que suma las sensibilidades del territorio en cada uno de los criterios evaluados.
- Superposición ponderada de los mapas intermedios para obtener la zonificación ambiental final del área en la cual se realiza el proyecto, en un mapa síntesis donde se determina el grado de sensibilidad ambiental de cada lugar o sitio comprendido dentro del área de estudio.

La metodología para la zonificación ambiental del área de influencia del proyecto, considera las categorías definidas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010):

¹ DELGADO RIVERA, F. A. (2014). Zonificación ambiental de áreas de interés petrolero - GUÍA METODOLÓGICA (32-A ed.). Bogotá.

 <p>DEO Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</p>	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO</p>	 <p>plyma PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES</p>
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

- **Áreas de especial significado ambiental:** Áreas naturales protegidas, ecosistemas sensibles, rondas, corredores biológicos, presencia de zonas con especies endémicas, amenazadas o en peligro crítico, áreas de importancia para cría, reproducción, alimentación y anidación, zonas de paso de especies migratorias.
- **Áreas de recuperación ambiental:** Áreas erosionadas, Áreas de conflicto de uso del suelo o contaminadas.
- **Áreas de riesgo y amenazas:** Procesos de remoción en masa, áreas inundables.
- **Áreas de producción económica:** Ganaderas, agrícolas, mineras, entre otras.
- **Áreas de importancia socio-cultural:** Asentamientos humanos, infraestructura física y social, infraestructura de importancia histórica, arqueológica y cultural.

Dichas categorías se establecieron a partir de los niveles de sensibilidad ambiental de las diferentes variables de análisis del territorio, los cuales se definen en una escala de valores con las categorías de “Muy baja”, “Baja”, “Moderada”, “Alta” y “Muy alta”, tal como se explica en el numeral 6.1.7.

Dicha valoración cualitativa de las variables temáticas, se hace en función de la vulnerabilidad de las mismas para el desarrollo del proyecto o actividad que se está evaluando. Para la calificación de las vulnerabilidades se utilizan escalas de razón en términos de preferencia, importancia o probabilidad, sobre la base de una escala numérica que va de 1 a 9:



Muy alta	= 9
Alta	= 7
Media	= 5
Baja	= 3
Muy baja	= 1

A continuación, se presenta la calificación de las vulnerabilidades de cada variable.

Utilizando la herramienta Arc Gis, todas las variables físicas, bióticas y socioeconómicas deben estar espacializadas, ocupando la misma área; de tal forma que se puedan combinar los mapas. Dichos mapas si se tienen en formato Vector, luego de calificar los factores de cada variable, deben convertirse a formato Raster para poder realizar el álgebra de mapas.

3.5.1 ZONIFICACIÓN DEL MEDIO ABIÓTICO

Aunque existen múltiples variables para determinar la sensibilidad ambiental desde el punto de vista abiótico, en esta metodología, la zonificación ambiental del medio abiótico busca integrar espacialmente seis variables consideradas de mayor significancia, a saber:

 DEO <i>Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</i>	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO	 plyma PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

estabilidad geotécnica del terreno, grado de erosión, hidrogeología superficial, calidad de agua, usos del agua y calidad de aire.

3.5.1.1 Estabilidad geotécnica

En la calificación de la variable estabilidad geotécnica se establecen cinco rangos o categorías, cuyas características se describen en la Tabla 3.1. En la Tabla 3.2 se presentan los resultados encontrados para el área de influencia.

Tabla 3.1 Niveles de sensibilidad definidos para la estabilidad geotécnica

CATEGORÍA	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
Muy Inestable	Muy Alta	9
Inestable	Alta	7
Moderadamente estable	Moderada	5
Estable	Baja	3
Muy Estable	Muy Baja	1

Fuente: Plyma (2017), con base en Delgado (2014).



De esta manera, se ha realizado un mapa de zonificación geotécnica, de acuerdo con su vulnerabilidad a presentar procesos de inestabilidad.

Los procesos erosivos o morfodinámicos son huellas en el terreno que evidencian la

A partir de la clasificación anterior, se establecieron los niveles de sensibilidad para el área de influencia del proyecto (Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Resultados de sensibilidad ambiental del área de estudio por estabilidad geotécnica

CATEGORÍA	AMENAZA POR PROCESOS MORFODINÁMICOS	DESCRIPCIÓN	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
Muy Inestable	Muy alta	Son zonas que se caracterizan por presentar pendientes muy altas, favoreciendo la presencia de procesos morfodinámicos	Muy Alta	9
Inestable	Alta	Zonas de alta pendiente con menor vulnerabilidad a procesos de inestabilidad	Alta	7
Moderadamente estable	Moderada	Áreas con pendientes bajas a moderadas, donde no se observan fenómenos de remoción en masa de importancia.	Moderada	5

 DEO <i>Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</i>	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO	 plyma PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

CATEGORÍA	AMENAZA POR PROCESOS MORFODINÁMICOS	DESCRIPCIÓN	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
Estable	Baja	Estas zonas presentan pendientes bajas a moderadas, pero en ellas hay poca cantidad de procesos morfodinámicos.	Baja	3
Muy Estable	Muy Baja	Estas zonas son las de mayor estabilidad por presentar pendientes planas o poco inclinadas	Muy Baja	1

Fuente: Plyma S.A., 2017.

3.5.2 GRADO DE EROSIÓN

Teniendo en cuenta que el grado de erosión indica la pérdida o adelgazamiento de la capa superficial del suelo, especialmente por acción del agua o del viento, se tomó como la variable que permite calificar la susceptibilidad a la erosión de las unidades cartográficas diferenciadas y cuyas categorías son definidas por IGAC & MAVDT (2007). De esta manera, se emplearon los criterios definidos por estos autores como se muestra en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Niveles de sensibilidad definidos para la susceptibilidad a la erosión



CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
Muy severa	Cuando la pérdida es mayor del 100% y, en consecuencia, afloran horizontes subsuperficiales	Muy Alta	9
Severa	Cuando se ha perdido entre el 75% y 100% de suelo de los horizontes A o E	Alta	7
Moderada	Cuando el desgaste del suelo se ubica entre el 25% y 75% de los horizontes A o E	Moderada	5
Ligera	Cuando se ha perdido menos del 25% de suelo de los horizontes A o E	Baja	3
No hay	No se observa pérdida de los horizontes A o E	Muy Baja	1

Fuente: Plyma S.A., 2017, con base en IGAG (2007).

Para el área de influencia, la sensibilidad a la erosión de las unidades cartográficas de suelos, se presentan en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Grado de sensibilidad a la erosión de las unidades cartográficas del área de influencia

UNIDAD CARTOGRAFICA	EROSIÓN	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
MQBa1	Ligera	Baja	3
MQBe1	Ligera	Baja	3

 DEO <i>Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</i>	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO	 plyma PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

UNIDAD CARTOGRAFICA	EROSIÓN	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
MQEe1	Ligera	Baja	3
MQPe1	Ligera	Baja	3
MVPd1	Ligera	Baja	3
MVSA1	Ligera	Baja	3
MVSB1	Ligera	Baja	3
MVSe1	Ligera	Baja	3
MWEe2	Moderada	Moderada	5

Fuente: Plyma S.A., 2017.

3.5.2.1 Componente hidrogeológico

La sensibilidad ambiental por el componente hidrogeológico, se determinó en función de las condiciones y características hidrogeológicas asociadas a las unidades litológicas y a las formaciones superficiales que conforman una determinada región y el respectivo potencial de recarga de acuíferos que las caracteriza en el área de influencia del proyecto.

Tabla 3.5 Niveles de sensibilidad definidos para las características hidrogeológicas



CATEGORÍA	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
Formaciones de gran porosidad y gran permeabilidad, capaces de almacenar y transmitir agua en forma apreciable (gravas, arenas y calizas).	Muy Alta	9
Formaciones de baja permeabilidad, que permiten el paso de agua de manera vertical (limos, arenas limosas, arcillas)	Alta	7
Formaciones de alta porosidad y baja permeabilidad capaces de almacenar grandes cantidades de agua muy difíciles de extraer por los métodos corrientes de explotación (arcillas)	Moderada	5
Formaciones de muy baja porosidad y permeabilidad, incapaces de transmitir o almacenar agua (rocas graníticas, gneises y mármoles)	Muy Baja	1

Fuente: Plyma S.A., 2017.

Unidad No Acuífera

Dentro de esta unidad no acuífera se encuentran las rocas metamórficas de la formación geológica definida como Neis de Bucaramanga. Es considerada como la de menor o nulo potencial debido a la baja densidad del fracturamiento 3/m (máximo 3 familias continuas), con persistencias de 1 a 10 m, con aberturas frecuentes estrechas rara vez mayor a 0,5 cm.

Aunque fue identificada una surgencia entre los planos de discontinuidad de esta formación rocosa, se descarta su potencialidad debido a que su exposición se encuentra limitada a un pequeño cañón de drenaje, que permite su afloramiento por efecto de incisión, en poca

 <p>DEO <i>Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</i></p>	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO</p>	
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

proporción de área en relación a las rocas sedimentarias adyacentes a este punto y que la cubren discordantemente.

Unidad Potencial de Acuífero de Fisura Ígneo

Esta unidad podría ser potencial de almacenamiento de agua en niveles profundos. Los horizontes IIA –IIB (según clasificación de Deer & Patton 1976) pueden generar acuíferos fisurales a partir de la conexión de las diaclasas, originadas a partir del efecto del sistema de esfuerzos de tendencia N-S con una componente en rumbo que generó múltiples eventos de fracturamiento y diaclasamiento.

Su densidad de fracturamiento determinado en los afloramientos descritos en superficie, es de 4/m, con aberturas frecuentes de 0,5 a 1 mm y en situaciones de mayor desconfinamiento puede tener aberturas de 1 a 5 mm aproximadamente, esta unidad se observó seca sin evidencia de humedad, salvo en zonas de contacto con rocas sedimentarias donde fue inventariado un punto de nacimiento de agua.

Unidad Potencial de Acuífero de Rocas Sedimentarias – UPAS

En el área de estudio se identificaron múltiples formaciones sedimentarias que por sus particularidades son potenciales unidades para almacenar y permitir la circulación de agua cumpliendo así con las características de un posible acuífero.

Durante los recorridos de campo en áreas de unidades sedimentarias no se identificaron surgencias de agua o nacimientos asociados a esta litología, los habitantes de la zona expresaron que no se presentan lluvias hace más de 60 días, estas condiciones de baja precipitación afectan los niveles piezométricos locales, además la permeabilidad de las secuencias de areniscas, calizas suprayacentes bajan los niveles hasta toparse con una capa impermeable de la secuencia como un estrato de lutitas, los afloramientos se presentaban secos y sin rastro de humedad.

Con fundamento en la descripción de las condiciones y características de las unidades hidrogeológicas antes descritas, se pueden diferenciar dos categorías que definen los niveles de sensibilidad ambiental por el componente hidrogeológico para el Área de Influencia (AI) del proyecto, los cuales se detallan en la Tabla 3.6.

Unidad Potencial Acuífera Aluvial – UPAA

Hace parte de los depósitos aluviales del río Zulia.



 DEO <i>Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</i>	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO	 plyma PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

Tabla 3.6 Niveles de sensibilidad definidos para las Unidades hidrogeológicas del Área de Influencia.

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
Unidad acuífera de fisura ígneo	Zonas de mayor interés hidrogeológico	Muy Alta	9
Unidad Potencial de Acuífero de Rocas Sedimentarias Unidad potencial acuífera aluvial	Zonas con potencial interés hidrogeológico	Moderada	5
Unidad no acuífera	Zonas de bajo interés hidrogeológico	Muy Baja	1

Fuente: Plyma S.A, 2017.

3.5.2.2 Hidrología

Con base en la importancia de las diferentes áreas de la cuenca a la que pertenece el área de influencia, se clasificaron de acuerdo con su importancia con relación a la cercanía a los drenajes principales o tributarios.

Tabla 3.7 Niveles de sensibilidad para el componente hidrológico

DESCRIPTOR	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
Áreas adyacentes a drenajes principales	Muy alta	9
Áreas adyacentes a drenajes tributarios	Moderada	5
Áreas adyacentes a nacientes de drenajes	Muy Baja	1

Fuente: Plyma S.A., 2017.



3.5.2.3 Superposición de mapas de sensibilidad física

De la integración espacial ponderada de las variables: estabilidad geotécnica, susceptibilidad a la erosión, hidrogeología e hidrología, se generó el *mapa de sensibilidad física*; dicho mapa proporciona información de sectores críticos, sensibles o vulnerables desde el punto de vista físico, dentro del área de estudio. Para tal efecto, se tuvieron en cuenta los siguientes rangos de valoración que determinarán los niveles de sensibilidad correspondientes, tal como se muestra en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Niveles de sensibilidad para el medio físico

RANGO	CATEGORÍA DE SENIBILIDAD	
22 a 36	Muy Alta	9
21	Alta	7
7 a 20	Moderada	5
5 a 6	Baja	3
0 a 4	Muy baja	1

Fuente: Plyma S.A., 2017.

 <p>DEO Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</p>	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO</p>	 <p>plyma PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES</p>
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

Para elaborar el mapa se realiza un proceso algebraico a través de la herramienta SIG, empleando la Ecuación 3.1. Las variables consideradas son acumulativas, dado que pueden darse simultáneamente en un mismo sitio o lugar.

Ecuación 3.1 Sensibilidad general del medio físico

$$F = \sum \{Es, Er, Hg, Hi\}$$

Fuente: Delgado, 2014, Modificado Plyma, 2017.

F= Zonificación de sensibilidad ambiental para el medio físico, materializadas en la estabilidad geotécnica (**Es**), Susceptibilidad a la erosión (**Er**), Hidrogeología (**Hg**), Hidrología (**Hi**).

Para el AI se evidencia que predominan las áreas con sensibilidad moderada, estas áreas están representadas principalmente por unidades temáticas con media estabilidad geotécnica y moderado potencial hidrogeológico.

Por otro lado, se evidencia que las zonas de sensibilidad baja, se asocian a las áreas de retiro del río Zulia, que desde el componente hidrológico son de mayor sensibilidad, pero desde las características geosféricas son de menor sensibilidad.



Teniendo en cuenta el análisis de distribución de la sensibilidad física del AI, se puede observar que potencialmente pueden afectarse zonas de sensibilidad moderada.

3.5.3 ZONIFICACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO

Para el medio biótico se ha considerado la distribución espacial que presentan las coberturas terrestres en función de lo que representan para los ecosistemas terrestres. Por ello, se tuvo en cuenta como áreas de mayor sensibilidad, aquellas donde prevalecen en áreas de menor intervención (más naturalizadas), y que sirven de hábitat para la fauna y flora de la zona, como se evidenció y presentó en el capítulo de caracterización ambiental. En la Tabla 3.9, se presentan las categorías de sensibilidad bajo las cuales se clasificaron las unidades temáticas del medio biótico.

Tabla 3.9 Niveles de sensibilidad para el medio biótico

COBERTURAS TERRESTRES	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
Bosque denso Bosque abierto Vegetación de páramo Áreas húmedas continentales (humedales, ciénagas, turberas, etc.) Bosque de galería o ripario Herbazal	Muy alta	9

 DEO <i>Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</i>	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO	 plyma PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

COBERTURAS TERRESTRES	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
Áreas húmedas costeras Bosque fragmentado Arbustal abierto Aguas continentales Aguas marítimas	Alta	7
Vegetación herbácea o arbustiva Vegetación secundaria Plantaciones forestales Zonas arenosas naturales ²	Moderada	5
Zonas agrícolas Zonas de pastos Mosaicos	Baja	3
Zonas de extracción minera y escombreras Zonas verdes no agrícolas Áreas sin o con poca vegetación (excepto zonas glaciares y nivales) Zonas urbanizadas Zonas industriales o comerciales	Muy baja	1

Fuente: Plyma S.A., 2017.

Con base en las categorías definidas Tabla 3.9, para el área de influencia del proyecto, se encontró la valoración que se presenta en la Tabla 3.10.



Tabla 3.10 Nivel de sensibilidad biótica para el área de influencia

COBERTURAS TERRESTRES	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
Bosque de galería o ripario	Muy alta	9
Río		
Bosque fragmentado	Alta	7
Vegetación secundaria alta	Moderada	5
Vegetación secundaria baja		
Zonas arenosas naturales	Baja	3
Mosaico de pastos con espacios naturales		
Cultivos permanentes		
Pastos arbolados		
Pastos enmalezados		
Pastos limpios		

Fuente: Plyma S.A., 2017.

Para el área de influencia se evidenció que las áreas con sensibilidad alta a muy alta, están representadas por vegetación nativa.

² Se incluye en categoría moderada por ser áreas naturales asociadas con playas y deltas de los ríos, y con cauces de los ríos grandes y medianos; generalmente, producto de la dinámica de estas corrientes de agua.

 <p>DEO Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</p>	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO</p>	 <p>plyma PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES</p>
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

Las de sensibilidad moderada, están representadas por vegetación en un estadio medio de la sucesión secundaria y plantaciones forestales.

Finalmente, se considera de baja o muy baja sensibilidad, por encontrarse con una alta intervención antrópica, y es en esta categoría que se ubica la mayor parte del área.

3.5.4 ZONIFICACIÓN DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL

Este componente de la zonificación del área de estudio representa y sectoriza los grados de sensibilidad o importancia socioeconómica y cultural que se manifiesta en cada fracción de terreno o área de estudio, teniendo en cuenta las divisiones político-administrativas menores mediante las variables a considerar.

Espacializar la expresión territorial de los diferentes procesos sociales estudiados como son las actividades económicas, la calidad de vida, la diversidad de organizaciones comunitarias, los ámbitos de participación de las mismas y la tenencia de la tierra, busca que la cartografía se exprese como resultado de la identificación, ubicación, análisis, interpretación y evaluación de las características considerados por el modelo de zonificación social.



Para la sectorización de las variables sociales, económicas y culturales del área de estudio se tuvo en cuenta, la actividad económica, la cobertura de servicios públicos, la organización comunitaria, la distribución de la tierra y el potencial arqueológico. Todas las variables tuvieron el mismo peso.

3.5.4.1 Actividad económica

Teniendo en cuenta las unidades definidas en el mapa de coberturas de la tierra se han de relacionar las diferentes actividades económicas que se desarrollan en cada sector o vereda del área de estudio, de acuerdo con la clasificación establecida en la Tabla 3.11. En la Tabla 3.12.

Tabla 3.11 Niveles de sensibilidad por actividad económica

USO ACTUAL DE LA TIERRA	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
Áreas para la protección y conservación de los recursos naturales Áreas de recuperación	Muy Alta	9
Transporte Acueducto Vivienda Industria y comercio Embalses	Alta	7
Áreas destinadas a usos agrícolas, pecuarios, agrosilvopastoriles, agroforestales, producción piscícola, pesquera, zocriaderos,	Moderada	5

 DEO <i>Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</i>	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO	 plyma PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

USO ACTUAL DE LA TIERRA	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
forestales o de explotación de recursos naturales (selectivo o total de bosques, humedales, etc.)		
Áreas destinadas al desarrollo de usos agroindustriales, ecoturísticos o recreativos	Baja	3
Áreas destinadas a minería, explotación de arena y gravilla, depósitos de residuos sólidos, sin uso productivo, diferentes a las áreas de protección y/o conservación	Muy Baja	1

Fuente: Plyma S.A., 2017.

Tabla 3.12 Resultados de la zonificación de sensibilidad ambiental por actividad económica para el área de influencia

USO ACTUAL	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
Protección	Muy alta	9
Recuperación		
Agrícola	Moderada	5
Pesca		
Ganadería extensiva		
Ganadería, protección		
Ganadería, agricultura		

Fuente: Plyma S.A., 2017.

3.5.4.2 Cobertura de servicios públicos

Con base en el grado de desarrollo o cobertura de los servicios públicos domiciliarios básicos en el área de estudio, se determina el de sensibilidad ambiental que presentan las comunidades. Este índice geo-referencia según sea su distribución, los sectores que presentan diferentes grados de oferta o cobertura y se expresa en los niveles definidos en la Tabla 3.13 y en la Tabla 3.14.

Las unidades territoriales que tienen un menor desarrollo y oferta de servicios públicos, representan una menor vulnerabilidad ante el proyecto, ya que, a menor cobertura, menor probabilidad de afectación a redes de servicios públicos. Por el contrario, aquellas unidades territoriales con mayor cobertura de servicios públicos, son más sensibles a las obras del proyecto, ya que deben realizarse obras y planes para proteger y mantener la prestación del servicio durante su construcción y ejecución.



 DEO <i>Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</i>	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO	 plyma <small>PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES</small>
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

Tabla 3.13 Niveles de sensibilidad por servicios públicos

DESCRIPCIÓN	NIVEL DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
Áreas con servicios domiciliarios básicos (agua, luz, alcantarillado) con coberturas superiores al 90% del total de la población.	Muy Alta	9
Áreas con servicios domiciliarios básicos (agua, luz, alcantarillado) con coberturas entre el 80% y el 90% del total de la población.	Alta	7
Áreas con servicios domiciliarios básicos (agua, luz, alcantarillado) con coberturas entre el 50% y el 80% del total de la población.	Moderada	5
Áreas con servicios públicos domiciliarios básicos (agua, luz, alcantarillado), con coberturas inferiores al 50%.	Baja	3

Fuente: Delgado, 2014.

Tabla 3.14 Resultados de la zonificación de sensibilidad ambiental por servicios públicos

MUNICIPIO	VEREDA	COBERTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS (%)				NIVEL DE SENSIBILIDAD	
		ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO	ENERGÍA ELÉCTRICA	PROMEDIO		
Salazar	Alto de San Antonio	0,00%	0,00%	90,00%	30%	Baja	3
Arboledas	Gurupal	0,00%	0,00%	79,00%	26%	Baja	3
Arboledas	La Florida	0,00%	0,00%	100,00%	33%	Baja	3
Arboledas	Peña Blanca	44,00%	0,00%	73,00%	39%	Baja	3
Arboledas	San Pablo Nuevo	0,00%	0,00%	100,00%	33%	Baja	3
Arboledas	San Pablo Viejo	32,00%	0,00%	72,00%	35%	Baja	3
Arboledas	Santa Bárbara	0,00%	0,00%	91,00%	30%	Baja	3



Fuente: Plyma S.A., 2017.

3.5.4.3 Presencia de comunidades étnicas

Este criterio se fundamenta en la sensibilidad del territorio por la posible presencia de comunidades étnicas legalmente constituidas al interior de las unidades territoriales que hacen parte del área de influencia, que, en caso de existir, deberá tenerse especial cuidado en el relacionamiento con las comunidades y revisar en detalle el pronunciamiento de las autoridades competentes con relación a procesos de consulta previa (Tabla 3.15).

Tabla 3.15 Niveles de sensibilidad por presencia de comunidades étnicas

DESCRIPCIÓN	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
Veredas donde existe la presencia de resguardos indígenas, cabildos o territorios de comunidades afro-descendientes legalmente constituidos. Esta categoría no expresa la necesidad u obligatoriedad de un proceso de consulta previa, únicamente expresa la presencia de comunidades étnicas o consejos comunitarios al interior de la vereda, más no al interior del proyecto. La presencia de comunidades de este tipo al interior de las	Muy Alta	9

 Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO	 PLYMA <small>PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES</small>
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

DESCRIPCIÓN	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
unidades territoriales menores, implica una sensibilidad más alta que en aquellas donde no hay presencia, situación que deberá ser tenida en cuenta en todos los aspectos del proyecto. La necesidad de consulta previa solamente se expresa a través del pronunciamiento del MININTERIOR a este respecto.		
Veredas dónde no existe la presencia de resguardos indígenas, cabildos o territorios de comunidades afro-descendientes legalmente constituidos o en proceso de constitución, cercanos o al interior de la vereda.	Muy Baja	1

Fuente: Plyma S.A., 2017.

En las unidades territoriales que conforman el área de influencia no hay presencia de comunidades étnicas (ver certificado expedido por el Ministerio de Interior) y por tanto, el nivel de sensibilidad fue muy bajo en todas, como se muestra en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16 Resultados de la zonificación de sensibilidad ambiental por presencia de comunidades étnicas



MUNICIPIO	VEREDA	COMUNIDADES ÉTNICAS LEGALMENTE CONSTITUIDAS		
		PRESENCIA	SENSIBILIDAD AMBIENTAL	
Salazar de Las Palmas	Alto de San Antonio	NO	Muy baja	1
Arboledas	Gurapal	NO	Muy baja	1
	La Florida	NO	Muy baja	1
	Peña Blanca	NO	Muy baja	1
	San Pablo Nuevo	NO	Muy baja	1
	San Pablo Viejo	NO	Muy baja	1
	Santa Bárbara	NO	Muy baja	1

Fuente: Plyma S.A., 2017.

3.5.4.4 Superposición de mapas del medio socioeconómico y cultural

Con base en la interpretación, sectorización e integración espacial ponderada de las diferentes variables socioeconómicas y culturales identificadas dentro del área de estudio se obtiene el mapa de sensibilidad socioeconómica y cultural, dicho mapa proporciona información de posibles sectores críticos, sensibles o vulnerables desde este punto de vista.

Para elaborar el mapa se realiza un proceso de álgebra de mapas a través de la herramienta SIG, teniendo en cuenta la Ecuación 3.2, las variables consideradas son acumulativas, dado que pueden darse simultáneamente en un mismo sitio o lugar.

 <p>DEO Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</p>	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO</p>	 <p>plyma PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES</p>
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

Ecuación 3.2 Sensibilidad general del medio socioeconómico y cultural

$$S = \sum \{Ae, Sp, Ce\}$$

S = Zonificación de sensibilidad para el medio socioeconómico y cultural, materializadas en la calificación definida para los aspectos de actividad económica (Ae), servicios públicos (Sp), presencia de comunidades étnicas (Ce).

De acuerdo con los resultados obtenidos con el álgebra de mapas, se obtienen las categorías de zonificación de sensibilidad socioeconómica general, tal como se presenta en la Tabla 3.17.

Tabla 3.17 Niveles de sensibilidad para el medio socioeconómico

RANGO	CATEGORÍA DE SENSIBILIDAD	
15 a 27	Muy Alta	9
11 a 14	Alta	7
7 a 10	Moderada	5
3 a 6	Baja	3
0 a 2	Muy baja	1

Fuente: Plyma S.A., 2017.

Para el área de influencia las áreas con sensibilidad moderada se dan principalmente por las actividades económicas reflejadas en los usos del suelo, en donde prevalecen usos agrícolas y pecuarios. Las áreas de sensibilidad alta hacen parte de usos no productivos como de protección y recuperación.

3.5.5 ZONIFICACIÓN DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL GENERAL

La zonificación ambiental se realizó para los medios abiótico, biótico, socioeconómico y cultural del área de influencia, teniendo en cuenta las categorías de valores expuestas para las variables en los numerales anteriores y que se sintetizan en la Tabla 3.18 a Tabla 3.20, obteniendo así el nivel de importancia máximo que se puede obtener para cada medio evaluado.



 DEO <i>Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</i>	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO	 plyma PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

Tabla 3.18 Nivel de importancia máximo obtenido para el medio físico

Variable	Nivel de importancia				
	1	3	5	7	9
	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Geotecnia	1	3	5	7	9
Erosión	1	3	5	7	9
Hidrogeología	1		5	7	9
Hidrología	1	3	5		9
Valor máximo por nivel de importancia	4	9	20	21	36
Valor reclasificado	1	3	5	7	9

Fuente: Plyma S.A., 2017.

Tabla 3.19 Nivel de importancia máximo obtenido para el medio biótico

Variable	Nivel de importancia				
	1	3	5	7	9
	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Coberturas terrestres	1	3	5	7	9
Valor máximo por nivel de importancia	1	3	5	7	9

Fuente: Plyma S.A., 2017.



Tabla 3.20 Nivel de importancia máximo obtenido para el medio socioeconómico

Variable	Nivel de importancia				
	1	3	5	7	9
	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Actividad socioeconómica	1	3	5	7	9
Servicios públicos		3	5	7	9
Presencia de comunidades étnicas	1				9
Valor máximo por nivel de importancia	2	6	10	14	27
Valor reclasificado	1	3	5	7	9

Fuente: Plyma S.A., 2017.

Dado que la variable biótica sólo tiene en cuenta una variable ésta no fue necesaria reclasificarla.

De acuerdo con el nivel de importancia definido y el valor máximo que se puede obtener en cada medio, se realizó una reclasificación de este valor en los rangos iniciales (1 – 9), con el fin que los tres medios quedaran en la misma escala.

 <p>DEO Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</p>	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO</p>	 <p>plyma PLANES Y MANEJOS AMBIENTALES</p>
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJM	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

Al ponderar de igual manera los tres medios, indicando que todos los componentes tienen el mismo peso al definir la vulnerabilidad del territorio ante la ejecución del proyecto, se realizó la superposición de las diferentes unidades de zonificación establecidas para los medios abiótico, biótico, socioeconómico y cultural, con base en el análisis y agrupamiento de los criterios, categorías y calificaciones anteriormente expuestas, las cuales son el fundamento para establecer las diferentes categorías de uso y restricción en la zonificación del manejo ambiental, según sea la actividad o proyecto a realizar (tipo de intervención).

Teniendo en cuenta dichas variables, la sensibilidad ambiental del área estará definida por la Ecuación 3.3.

Ecuación 3.3 Zonificación de sensibilidad ambiental general

$$ZA = \int (\sum F, B, S)$$

Fuente: Delgado, 2014.

Teniendo en cuenta la Ecuación 3.3, las variables Física (F), Biótica (B) y Socioeconómico y cultural (S) se encontrarán enmarcadas dentro de los rangos de 0 a 27 puntos, los cuales definirán la sensibilidad básica de las áreas comprendidas dentro de la zona de estudio en las categorías que se establecen de muy baja a muy alta sensibilidad. A modo de ejemplo, la categoría muy bajo tendría como valor la sumatoria que va de 0 a 3, ya que al sumar los valores de reclasificados en el medio abiótico, biótico y socioeconómico, el valor máximo que se podría obtener es 3 (Tabla 3.21).

Tabla 3.21 Niveles de sensibilidad para la zonificación ambiental general



RANGO	CATEGORÍA DE SENSIBILIDAD	
22-27	Muy Alta	9
16-21	Alta	7
10-15	Moderada	5
4-9	Baja	3
0-3	Muy baja	1

Fuente: Plyma S.A., 2017.

3.5.6 ÁREAS O ELEMENTOS CON SENSIBILIDAD DOMINANTE O ESPECIAL

Dado que en el territorio nacional se encuentran áreas que por sus características abióticas, bióticas, sociales o culturales son únicas, imperturbables, estratégicas o han sido declaradas o consideradas como áreas estratégicas de preservación, conservación o de importancia socio ambiental, se hace necesario plasmar dicha condición en los Mapas Síntesis de Sensibilidad Ambiental de una forma directa, determinante y clara.

Dadas las anteriores circunstancias se han de considerar tres tipos de áreas o elementos acuerdo con el origen y al grado de restricción que generan cada uno, proyectando de forma

 <p>DEO <i>Desarrollos Energéticos de Oriente S.A.S. E.S.P.</i></p>	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PCH EL RETIRO</p>	
INFORME FINAL		
Código: PLY-EIA-PCH EL RETIRO	Versión 2	Elaboró: GRUP. TECNICO
Revisó: LJMU	Aprobó: PAGO	Fecha: MARZO 2018

directa hasta el Mapa de Sensibilidad Ambiental General del estudio, un alto grado de sensibilidad.

- **ÁREAS DE RESTRICCIÓN LEGAL.** Consideradas todas aquellas áreas que protegidas reglamentadas en actos administrativos específicos o en la legislación nacional e internacional restringen o excluyen de manera tajante, la utilización de áreas en el desarrollo de proyectos. Se clasifican como áreas de importancia ambiental muy alta.
- **ÁREAS DE IMPORTANCIA AMBIENTAL.** Incluye áreas que cuentan con limitantes o valores ambientales que los catalogan como estratégicos, críticos, vulnerables, únicos o simplemente importantes, pero que no necesariamente son excluyentes para la implementación de proyectos, obras o actividades, siempre y cuando se defina e implemente un conjunto de medidas que controlen y manejen adecuadamente los posibles impactos.
- **INFRAESTRUCTURA DE IMPORTANCIA SOCIAL.** Se consideran elementos, obras y proyectos que presentan total incompatibilidad con el proyecto o que por su función o utilidad son importantes para la comunidad o para el país.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el área de influencia no se encuentran áreas con restricciones legales, ambientales o sociales, que el proyecto pueda impactar.

Las áreas de especial significado ambiental alta corresponden a las áreas de retiro asociadas al río Zulia, donde predomina vegetación nativa de bosque ripario, de gran importancia para la protección y conservación de la biodiversidad de la zona.

Las áreas de especial significado ambiental media son aquellas áreas donde predomina vegetación nativa para la protección de los recursos naturales y en proceso de recuperación como vegetación secundaria.

Las áreas definidas como de producción económica son aquellas utilizadas en actividades productivas primarias o que se encuentran en un alto nivel de intervención.