



Trabajo de Planificación Ambiental de Proyectos

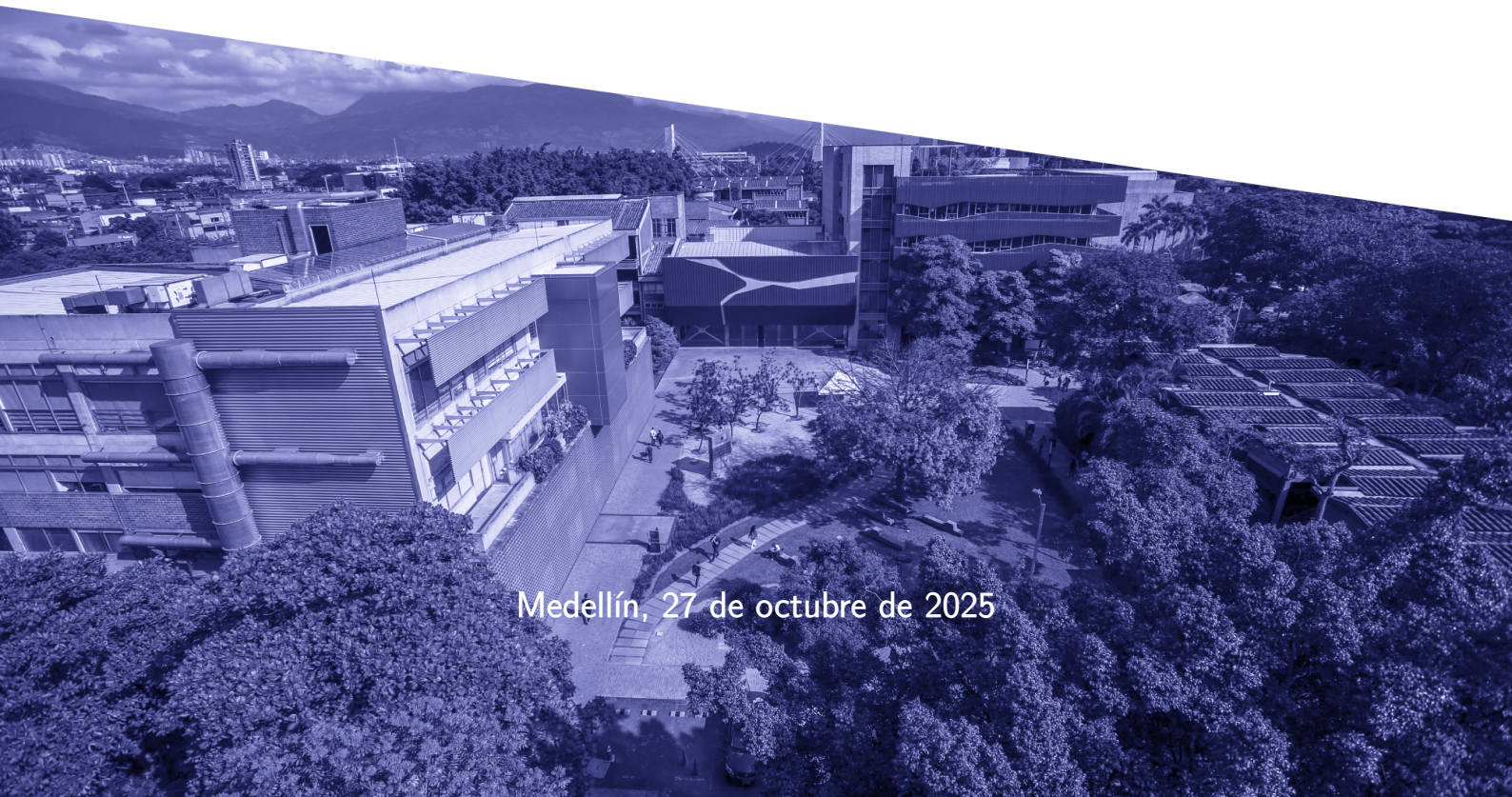
Evaluación Ambiental de Proyectos

Group Number: C2566-OG0262-3476

Nombre Completo

Isabela Arenas Escudero
Juan Pablo Tobón García
Juan Manuel Young Hoyos

Tutor: Jose Alfredo Vasquez Paniagua



Medellín, 27 de octubre de 2025

Índice

1	Título del proyecto	2
2	Resumen del proyecto	2
3	FASE 1: Preparación – Evaluación Ambiental	2
3.1	Identificación de impactos (Tabla A)	2
4	FASE 1: Preparación – Uso de recursos naturales	2
4.1	Permisos, concesiones y autorizaciones (Tabla B)	2
5	FASE 2: Formulación y evaluación ambiental	3
5.1	Estudio sectorial y de mercado	3
5.2	Estudio técnico y de localización	3
5.3	Estudio administrativo	3
5.4	Estudio legal	4
5.5	Estudio económico (costos ambientales)	4
5.6	Estudio financiero (supuestos y flujo)	4
6	FASE 3: Operación – Obligaciones de la licencia	5
6.1	Obligaciones generales	5
6.2	Suelo y escorrentía	5
6.3	Agua (captación/vertimientos)	5
6.4	Aire y ruido	5
6.5	Flora y fauna	5
6.6	Patrimonio arqueológico	6
6.7	Residuos y RAEE/RESPEL	6
6.8	Relacionamiento social y riesgo	6
6.9	Monitoreo y reportes	6
6.10	Ordenamiento y 1 %	6
7	FASE 4: Abandono del proyecto	6
7.1	Plan de abandono y desmontaje	6
7.2	Residuos del cierre	6
7.3	Suelos y revegetalización	6
7.4	Agua (cierre de instrumentos)	6
7.5	Flora, fauna y arqueología	6
7.6	Social y riesgos	7
7.7	Garantías, ordenamiento y acto final	7
8	Referencias	8

1 | Título del proyecto

Parque Solar Castilla (FV ~21 MWp) – Planificación Ambiental en Preparación, Operación y Abandono

2 | Resumen del proyecto

El Parque Solar Castilla es una instalación fotovoltaica de aproximadamente 21 MWp ubicada en el departamento del Meta, concebida para el abastecimiento eléctrico del complejo industrial Castilla bajo un esquema de autogeneración con contrato PPA interno entre el ancla de demanda y el operador. El proyecto aprovecha la alta irradiancia regional, minimiza la huella de carbono y reduce la exposición a la volatilidad del mercado eléctrico, con tiempos de construcción relativamente cortos frente a otras tecnologías de generación.

Desde el punto de vista ambiental, el proyecto se ubica en un predio con vocación ya intervenida, busca evitar rondas hídricas, humedales y fragmentos de bosque, e incorpora medidas de manejo de suelos (control de erosión y escorrentías), biodiversidad (rescate y reubicación de fauna; compensación forestal si hay tala puntual), patrimonio (protocolo de hallazgo arqueológico) y gestión integral de residuos (ordinarios, peligrosos y RAEE). En operación, el consumo de agua es bajo y se privilegia un esquema de limpieza de paneles con uso eficiente o técnicas en seco, con meta de *cero vertimiento*. El diseño eléctrico contempla inversores, transformadores elevadores y SCADA para operación segura y eficiente.

En términos de viabilidad normativa, el proyecto se modela con **Licencia Ambiental** como instrumento principal (licencia global) que integra los permisos y autorizaciones necesarios (*aprovechamiento forestal, fauna, ocupación de cauce, concesión de aguas y/o vertimientos* si aplican, *aire* únicamente si hubiere fuentes fijas, *ruido* por cumplimiento de límites, *PMA arqueológico* ante el ICANH y gestión de *residuos* incluidos RAEE y RESPEL). La autoridad competente podrá ser la **ANLA** por alcance/typología; si fuese competencia regional en Meta, sería **CORMACARENA**.

El **Plan de Manejo Ambiental (PMA)** estructura programas de suelo, agua, aire/ruido, flora, fauna, social y arqueología, con indicadores e informes periódicos a la autoridad. En abandono se ejecuta el **Plan de Cierre**: retiro de módulos/estructuras, gestión de RAEE/RESPEL con trazabilidad, restitución de suelos y coberturas, cierre de concesiones/vertimientos, y verificación de éxito de compensaciones hasta el acto de *paz y salvo* ambiental.

Bases normativas clave (síntesis): Ley 99/1993 (SINA, participación, inversión del 1%), Decreto 2041/2014 (licenciamiento; incluye abandono), Decreto 1076/2015 (recursos naturales, vertimientos, cauces, fauna, flora), Decreto 1541/1978 (concesiones de aguas), Decreto 3930/2010 y Resolución 631/2015 (vertimientos), Decreto 1791/1996 (aprovechamiento forestal), Decreto 1608/1978 (fauna), Resolución 627/2006 (ruido), Decreto 948/1995 (aire), Ley 1185/2008 e ICANH (patrimonio), Decreto 4741/2005 (RESPEL), Ley 1715/2014 (FNCE).

3 | FASE 1: Preparación – Evaluación Ambiental

3.1 | Identificación de impactos (Tabla A)

Sustento normativo

Decreto 2041/2014 (licencias), Decreto 1076/2015 (gestión de recursos; programas de manejo), Resolución 631/2015 (vertimientos), Resolución 627/2006 (ruido), Decreto 1791/1996 (forestal), Decreto 1608/1978 (fauna), Ley 1185/2008 (patrimonio).

4 | FASE 1: Preparación – Uso de recursos naturales

4.1 | Permisos, concesiones y autorizaciones (Tabla B)

Sustento normativo

D. 1541/1978 (concesiones), D. 3930/2010 y Res. 631/2015 (vertimientos), D. 1076/2015 (ocupación de cauce), D. 948/1995 (aire), D. 1791/1996 (forestal), D. 1608/1978 (fauna), Ley 1185/2008 (patrimonio), D. 4741/2005 (RESPEL).

Cuadro 3.1: Tabla A. Identificación de impactos ambientales

Componente	Descripción de impactos ambientales	Calif.
Biótico	Reducción puntual de cobertura vegetal por implantación de estructuras.	—
	Desplazamiento temporal de fauna durante construcción; rescate y reubicación.	—
	Microhábitats de sombra que favorecen especies pequeñas en operación.	+
Atmosférico	Reducción de emisiones de CO ₂ por sustitución de generación fósil.	+
	Disminución de gases de combustión locales en operación.	+
	Polvo y ruido temporales por obra y tránsito de maquinaria.	—
Hidrosférico	Bajo consumo de agua comparado con otras tecnologías.	+
	Riesgo de arrastre de sedimentos por movimientos de tierra (obra).	—
	Mejora indirecta de calidad del agua por menor huella global de emisiones.	+
Socioeconómico	Generación de empleo directo e inclusión de mano de obra local.	+
	Programas con instituciones educativas (sensibilización/energía limpia).	+
	Tránsito y ruido temporal en comunidades aledañas durante obra.	—
Cultural	Sin afectación prevista a vestigios; protocolo de hallazgo fortuito.	+
	Promoción de cultura ambiental y tecnológica.	+
	Posible alteración menor por presencia de maquinaria.	—
Paisaje	Estructuras visibles que modifican la escena rural.	—
	Percepción positiva asociada a energías limpias.	+
	Integración con suelo productivo al no generar emisiones/olores.	+
Geosférico	Movimiento de tierras y compactación en frentes de obra.	—
	Protección frente a erosión por cobertura parcial y control de escorrentías.	+
	Alteración local por fundaciones y redes soterradas.	—

5 | FASE 2: Formulación y evaluación ambiental

5.1 | Estudio sectorial y de mercado

Producto y cliente. Autogeneración a gran escala para el complejo Castilla (PPA interno).

Demanda/competencia. Creciente penetración de FNCE; LCOE competitivo; tiempos de obra cortos.

Riesgos sectoriales. Variabilidad de irradiancia, degradación de módulos (~0.5%/año), curtailment, cambios regulatorios.

Fuentes. Atlas de radiación (IDEAM/UPME), POT, demanda interna, capacidad de conexión.

Norma base. Ley 1715/2014; CREG 030/2018; Ley 142/1994.

5.2 | Estudio técnico y de localización

Criterios de emplazamiento. Alta irradiancia; predio industrial; topografía suave; evitar rondas/fragmentos; conexión cercana.

Diseño. Módulos mono-PERC/bifaciales; estructuras fijas o seguidor; inversores; trafo elevador; SCADA; drenajes; control de polvo; plan antiincendios.

Construcción. Desbroce controlado; rescate de epífitas y fauna; acopios impermeabilizados; PGIRS/RESPEL; protocolo arqueológico.

Operación. Limpieza con uso eficiente de agua o en seco; meta *cero vertimiento*; mantenimiento preventivo; control de vegetación.

Norma base. D. 1076/2015; Res. 631/2015; D. 1791/1996; D. 1608/1978; Ley 1185/2008; NSR-10; POT.

5.3 | Estudio administrativo

Gobernanza. Titular, operador (HSE), interventoría ambiental, gestores autorizados; relación con Alcaldía, comunidad, ANLA/CORMACARENA, ICANH.

Cuadro 4.1: Tabla B. Uso de recursos naturales y restricciones

Componente	Instrumento	Restricción /
Hidrosférico (captación)	Concesión de aguas (CORMACARENA o ANLA, según competencia)	Sólo si hay captación lógica; medición
Hidrosférico (vertimientos)	Permiso de vertimientos	Procede sólo si meta preferible:
Cauces	Permiso de ocupación de cauce	Para pasos/obra drico; restitución
Atmosférico	Permiso de emisiones	Sólo si hay fuente nente); cumplir
Flora	Aprovechamiento forestal	Censo/acta de ap tenimiento.
Fauna	Plan de Manejo de Fauna	Rescate y reu za/tenencia; rep
Patrimonio	PMA arqueológico / hallazgo fortuito (ICANH)	Parar obra, aisl ICANH.
Residuos	PGIRS y, si aplica, RESPEL/RAEE	Segregación, alm zado con manife

Participación. Socialización, mecanismo de PQRS, empleo local, compras locales, educación ambiental.

Cronograma de referencia. Prefactibilidad (6–9 m), factibilidad/licencia (6–12+ m), construcción (6–12 m), operación (15–30 a), abandono (3–12 m).

Norma base. Ley 99/1993; D. 2041/2014; D. 1072/2015.

5.4 | Estudio legal

Instrumento principal. Licencia Ambiental (licencia global) integrando permisos asociados (forestal, fauna, cauce, concesión/vertimientos si aplican, aire si hay fuentes fijas, arqueología, residuos).

Competencia. ANLA por alcance/tipología; si fuere regional: CORMACARENA (Meta).

Obligaciones típicas. Ejecución del PMA, reportes y monitoreos, compensaciones, plan de abandono.

Norma base. D. 2041/2014; D. 1076/2015; D. 1541/1978; D. 3930/2010; Res. 631/2015; D. 1791/1996; D. 1608/1978; Res. 627/2006; D. 948/1995; Ley 1185/2008; D. 4741/2005.

5.5 | Estudio económico (costos ambientales)

- **Planeación y licencias:** EIA/EMAS, trámites, estudios de suelo y biodiversidad, capacitaciones HSE.
- **Implementación:** medidas de mitigación (polvo, ruido, escorrentías), revegetalización, drenajes, equipos de monitoreo.
- **Operación:** monitoreo continuo (agua/ruido/aire), O&M ambiental, personal, reportes.
- **Compensaciones:** forestal y programas comunitarios.
- **Abandono:** desmantelamiento, RAEE/RESPEL, restauración y evaluación final.

5.6 | Estudio financiero (supuestos y flujo)

Parámetros clave

Flujo simplificado (0–15)

Nota: valores ilustrativos consistentes con el cuadro de trabajo; puedes añadir VAN/TIR si tu tutor lo pide.

Parámetro	Valor	Justificación
Inversión total	\$ 20,000,000	CAPEX estimado del parque y conexión interna
Vida útil	15 años	Horizonte del contrato y equipos principales
Ingreso año 1	\$ 3,000,000	PPA interno (producción × tarifa)
Crec. ingresos	2 % anual	Indexación/IPC
OPEX año 1	\$ 500,000	O&M, personal y seguros
Crec. OPEX	3 % anual	Inflación/mant. preventivo
Degradación módulos	-0,5 % anual	Pérdida de performance
Plan de abandono	\$ 1,000,000	Desmantelamiento y restauración

Año	Concepto	Entradas	Salidas	Flujo	Acumulado
0	Inversión inicial y estudio	0	\$ 20,000,000	-\$ 20,000,000	-\$ 20,000,000
1	EIA e inicio operación	\$ 3,000,000	\$ 700,000	\$ 2,300,000	-\$ 17,700,000
2	Operación	\$ 3,060,000	\$ 515,000	\$ 2,545,000	-\$ 15,155,000
3	Operación	\$ 3,121,200	\$ 530,450	\$ 2,590,750	-\$ 12,564,250
4	Operación	\$ 3,183,624	\$ 546,364	\$ 2,637,261	-\$ 9,926,990
5	Operación	\$ 3,247,296	\$ 562,754	\$ 2,684,542	-\$ 7,242,447
6	Operación	\$ 3,312,242	\$ 579,637	\$ 2,732,605	-\$ 4,509,842
7	Operación	\$ 3,378,487	\$ 597,026	\$ 2,781,461	-\$ 1,728,381
8	Operación	\$ 3,446,057	\$ 614,937	\$ 2,831,120	\$ 1,102,739
9	Operación	\$ 3,514,978	\$ 633,385	\$ 2,881,593	\$ 3,984,332
10	Operación	\$ 3,585,278	\$ 652,387	\$ 2,932,891	\$ 6,917,223
11	Operación	\$ 3,656,983	\$ 671,958	\$ 2,985,025	\$ 9,902,248
12	Operación	\$ 3,730,123	\$ 692,117	\$ 3,038,006	\$ 12,940,254
13	Operación	\$ 3,804,725	\$ 712,880	\$ 3,091,845	\$ 16,032,099
14	Operación	\$ 3,880,820	\$ 734,267	\$ 3,146,553	\$ 19,178,652
15	Operación + Abandono	\$ 3,958,436	\$ 1,756,295	\$ 2,202,141	\$ 21,380,794

6 | FASE 3: Operación – Obligaciones de la licencia

6.1 | Obligaciones generales

- Ejecutar el PMA aprobado y actualizarlo si hay cambios sustanciales; pólizas de cumplimiento; trazabilidad documental.

Norma: D. 2041/2014; Ley 99/1993.

6.2 | Suelo y escorrentía

Delimitar áreas; control de erosión/sedimentos; revegetalización de taludes; zanjas y disipadores.

Norma: D. 1076/2015.

6.3 | Agua (captación/vertimientos)

Concesión y medición si se capta; permiso y cumplimiento Res. 631/2015 si se descarga; meta *cero vertimiento*.

Norma: D. 1541/1978; D. 3930/2010; Res. 631/2015; D. 1076/2015.

6.4 | Aire y ruido

Permiso de emisiones sólo para fuentes fijas; polvo y velocidad en vías; cumplimiento de límites de ruido (Res. 627/2006).

Norma: D. 948/1995; Res. 627/2006.

6.5 | Flora y fauna

Aprovechamiento forestal y *compensación*; Plan de Manejo de Fauna (rescate, reubicación, cierres ecológicos).

Norma: D. 1791/1996; D. 1608/1978; D. 1076/2015.

6.6 | Patrimonio arqueológico

PMA arqueológico y protocolo de hallazgo fortuito (parar, aislar, avisar).

Norma: Ley 1185/2008; ICANH.

6.7 | Residuos y RAEE/RESPEL

PGIRS; registro RESPEL si aplica; RAEE con gestores autorizados y manifiestos.

Norma: D. 1076/2015; D. 4741/2005.

6.8 | Relacionamiento social y riesgo

Plan de participación y PQRS; plan de contingencias (incendio/combustibles/clima); SG-SST.

Norma: Ley 99/1993; Ley 1523/2012; D. 1072/2015.

6.9 | Monitoreo y reportes

Informes de cumplimiento (ICA) trimestrales/semestrales; indicadores (kWh, agua, residuos, compensaciones).

Norma: D. 2041/2014; D. 1076/2015.

6.10 | Ordenamiento y 1 %

Compatibilidad POT y licencias urbanísticas; inversión del 1 % sólo si hubo captación de fuente.

Norma: Ley 388/1997; Ley 99/1993 art. 43.

7 | FASE 4: Abandono del proyecto

7.1 | Plan de abandono y desmontaje

Retiro de módulos/estructuras/cables, salas eléctricas y fundaciones (según orden); informe final con memoria y planos as-left.

Norma: D. 2041/2014; D. 1076/2015.

7.2 | Residuos del cierre

RAEE con productor/gestor autorizado; RESPEL con registro vigente hasta agotar inventarios; RCD a sitio autorizado; manifiestos y certificaciones.

Norma: D. 4741/2005; D. 1076/2015.

7.3 | Suelos y revegetalización

Descompactación, reconfiguración, control de erosión y revegetalización con nativas; monitoreo post-cierre hasta metas.

Norma: D. 1076/2015.

7.4 | Agua (cierre de instrumentos)

Acto de terminación de concesión (si existía); cierre de permiso de vertimientos con muestreo final y desmantelamiento de sistemas; control de escorrentía durante obras.

Norma: D. 1541/1978; D. 3930/2010; Res. 631/2015.

7.5 | Flora, fauna y arqueología

Cumplir mantenimiento de compensación forestal hasta certificación ($\geq 80\%$ usual); informe final de fauna; protocolo de hallazgo activo durante desmontaje.

Norma: D. 1791/1996; D. 1608/1978; Ley 1185/2008.

7.6 | Social y riesgos

Socialización de cierre y PQRS activo; plan de contingencias durante desmontaje; SG-SST hasta el último frente.

Norma: Ley 99/1993; Ley 1523/2012; D. 1072/2015.

7.7 | Garantías, ordenamiento y acto final

Vigencia de pólizas hasta verificación; regularización/cancelación de servidumbres; acto de terminación y *paz y salvo* ambiental.

Norma: D. 2041/2014; Ley 388/1997; Código Civil.

8 | Referencias