

# Evaluación Ambiental Proyecto FinLabs

Evaluación ambiental presentada por Juan Sebastian Vanegas Trejos

Octubre 2025

## 1. Introducción

La evaluación ambiental es el conjunto de técnicas, metodologías y procedimientos que permiten identificar la relación causa-efecto, predecir, cuantificar y valorar los impactos ambientales que un proyecto puede generar sobre su entorno físico, biológico y social. En el caso del proyecto FinLabs, esta evaluación permite establecer las estrategias necesarias para prevenir, mitigar o compensar los posibles impactos ambientales negativos derivados del funcionamiento de las instalaciones tecnológicas, garantizando así la sostenibilidad y continuidad operativa del proyecto.

## 2. Resumen del proyecto

**Nombre del proyecto:** FinLabs

**Descripción corta:** Laboratorio y plataforma de infraestructura tecnológica dedicada al desarrollo de soluciones financieras basadas en inteligencia artificial, procesamiento de datos y servicios digitales.

**Ubicación:** Pereira, Risaralda, Colombia.

**Etapa actual:** Diseño.

**Área de influencia:** Campus tecnológico e instalaciones adyacentes (radio de 100 m).

**Capacidad:** 25 servidores activos, 100 estaciones de trabajo, 40 empleados.

Añadir datos de capacidad (potencia estimada total en kW, m<sup>2</sup> de instalaciones, horas de operación por día).

## 3. Metodología aplicada

- Se aplica la metodología de Matriz Causa-Efecto para identificar las relaciones entre las actividades del proyecto y los posibles impactos ambientales.  
Se emplean los criterios de ponderación:
  - **Magnitud (M):** Baja (1), Moderada (2), Alta (3).
  - **Duración (D):** Temporal (1), Moderada (2), Permanente (3).
  - **Mitigabilidad (MI):** Alta (1), Moderada (2), Baja (3).
  - **Tipo de Impacto (TI):** Positivo / Negativo.
  - **Significancia (S):**  $S = M + D + MI$  (suma); luego clasificar según rangos: Baja, Moderada, Alta (vea tabla de interpretación más abajo).

- **Nota:** Para impactos negativos una puntuación S mayor indica mayor prioridad de gestión.

Según el valor de S, se clasifica el impacto como Bajo (3–4), Moderado (5–7) o Alto (8–9). Los impactos negativos con  $S \geq 8$  se consideran prioritarios para mitigación.

#### 4. Matriz Causa-Efecto (llenada — escala jerárquica cualitativa)

Abajo hay una matriz con la evaluación para las etapas del proyecto. Use las siglas: **A = Aceptable, C = Crítico, I = Inaceptable** según la guía. En cada celda se indica la calificación cualitativa y una nota breve.

<b>Componentes / Acciones →</b>	<b>Diseño</b>	<b>Construcción</b>	<b>Operación</b>	<b>Abandono</b>
<b>Aire — Calidad (emisiones indirectas por energía)</b>	A (diseño para eficiencia energética)	A (emisiones por obras menores)	C (consumo eléctrico y emisiones indirectas recurrentes)	A (desconexión)
<b>Ruido</b>	A (planificación)	C (obras, transporte)	A (equipos siempre encendidos: ventiladores/UPS)	A
<b>Agua — Calidad (vertimientos por equipos, e-waste lixiviados)</b>	A	C (gestión residuos durante obra)	I (riesgo si no hay gestión de e-waste y refrigerantes)	C
<b>Agua — Cantidad (consumo para refrigeración y servicios)</b>	A	C	I (alto consumo en operación si no hay reciclaje)	A
<b>Suelo — Erosión / Productividad</b>	A	C (movimientos de tierra)		A A
<b>Flora/Fauna — Abundancia / Representatividad</b>	A	C (obras)		A A
<b>Paisaje — Belleza / Visual</b>	A	C (obra visible)		A A
<b>Población — Relocalización / Costumbres</b>	A	A		A A
<b>Residuos — Electrónicos (e-waste)</b>	A	C	I (alto riesgo si no hay plan de manejo)	C

**Observación:** Las celdas marcadas como **I** (Inaceptable) indican impactos que requieren medidas inmediatas de mitigación y/o replanteamiento del diseño o gestión.

## 5. Criterios y cálculo de ponderación (ejemplo aplicado)

### Escala de valores (numérica para cálculo):

- Magnitud: Baja=1, Moderada=2, Alta=3
- Duración: Temporal=1, Moderada=2, Permanente=3
- Mitigabilidad: Alta=1, Moderada=2, Baja=3

### Ejemplo cálculo (Impacto: Consumo de agua para refrigeración de servidores):

- Magnitud (M): Alta = 3
- Duración (D): Permanente = 3
- Mitigabilidad (MI): Moderada = 2
- **Significancia S = M + D + MI = 3 + 3 + 2 = 8 → Significancia Alta** (prioridad alta).

### Tabla de interpretación (ejemplo):

- $S = 3-4 \rightarrow$  Baja
- $S = 5-7 \rightarrow$  Moderada
- $S = 8-9 \rightarrow$  Alta

De acuerdo con la guía, los impactos con  $S \geq 8$  deben ser tratados con medidas de control prioritarias e indicadores de seguimiento.

## 6. Matriz de evaluación con puntajes

Impacto	TI	M	D	MI	S	Clasificación	Cualitativa	Medidas
Consumo energético	Negativo	3	3	2	8	Alta	C	Uso de energías renovables
Consumo de agua	Negativo	3	3	2	8	Alta	I	Reutilización y circuito cerrado
Residuos electrónicos	Negativo	3	3	3	9	Alta	I	Plan RAEE y reciclaje
Contaminación de agua	Negativo	2	2	3	7	Moderada	C	Tratamiento de efluentes
Emisiones indirectas	Negativo	2	3	2	7	Moderada	C	Eficiencia energética
Riesgo de incendio	Negativo	3	2	2	7	Moderada	C	Supresión gaseosa y

								detección
Pérdida de datos	Negativo	3	3	1	7	Moderada	C	Respaldo y redundancia
Ruido de equipos	Negativo	1	2	2	5	Moderada	A	Aislantes acústicos

## 7. Variables ambientales críticas y medidas (caracterización detallada) y acciones de mitigación/ control

1. **Consumo energético:** Uso continuo de servidores; medidas: virtualización, eficiencia, paneles solares, free-cooling, pisos piezoeléctricos, monitoreo.
2. **Consumo de agua:** Circuito cerrado, recolección de lluvia, condensadores de humedad, planta de tratamiento.
3. **Residuos electrónicos:** Reparación, RAEE certificado, separación en fuente.
4. **Riesgos de desastre:** racks anclados, supresión gaseosa, UPS redundante, drenajes, backups externos.

### 7.1. Consumo energético (servidores y sistemas)

**Caracterización:** uso continuo de energía por servidores, racks, aire acondicionado y UPS; elevada demanda en operación.

**Impactos:** contribución indirecta a emisiones GHG, huella energética, costos altos.

**Medidas de mitigación (priorizadas):**

1. **Eficiencia:** virtualización de servidores, consolidación, uso de servidores de alta eficiencia (PUE bajo).
2. **Refrigeración eficiente:** sistemas de refrigeración líquida de ciclo cerrado o free-cooling cuando clima lo permita.
3. **Energías renovables:** instalar paneles solares en techos, torres eólicas (si son viables), contrato con energías renovables.
4. **Gestión de la demanda:** políticas de apagado fuera de horas, automatización para escalado de carga.
5. **Captura de energía:** ideas innovadoras (pisos piezoeléctricos para cargas auxiliares; recolectores de energía en entradas) como complemento, no reemplazo principal.
6. **Monitoreo:** medidores de energía por rack y por sala con alertas si consumo supera umbrales.

**Indicadores:** kWh/mes por servidor, PUE, % energía renovable consumida.

### 7.2. Consumo y gestión del agua (refrigeración y servicios)

**Caracterización:** uso de agua para refrigeración (si se usa agua), aseo, limpieza, potencial recuperación del agua de procesos y condensados.

**Impactos:** agotamiento de recurso, descarga de aguas contaminadas, riesgo de vertimientos.

**Medidas de mitigación:**

1. **Closed-loop cooling:** circuito cerrado de refrigeración con recirculación y tratamiento.
2. **Recolección de agua de lluvia y condensados:** tanques para reutilización en refrigeración y limpieza (pretratamiento).
3. **Sistemas de recuperación de humedad del aire:** condensadores/deshumidificadores para capturar agua en climas húmedos como aporte.
4. **Tratamiento de aguas residuales:** planta de tratamiento para aguas grises y efluentes antes de descarga o reutilización.
5. **Medición:** medidores de caudal y alarmas por fugas.
6. **Política de uso racional:** griferías y dispositivos eficientes y formación al personal.

**Indicadores:** m<sup>3</sup>/mes, % reutilizado, calidad de efluentes (pH, metales pesados).

### 7.3. Gestión de residuos electrónicos (e-waste) y materiales peligrosos

**Caracterización:** equipos electrónicos contienen metales pesados y tierras raras; su descarga inadecuada contamina suelo y agua.

**Impactos:** contaminación por metales (Pb, Hg, Cd, tierras raras), pérdida de recursos críticos, riesgo para salud.

**Medidas de mitigación:**

1. **Prevención:** extender vida útil por mantenimiento, repuestos, upgrades.
2. **Reparación y reutilización interna:** banco de repuestos y reparación antes de desecho.
3. **Plan de manejo de RAEE:** contrato con empresa certificada de reciclaje que recupere metales y tierras raras.
4. **Separación en fuente:** puntos de recolección diferenciados y registro de inventarios.
5. **Reciclaje y valorización:** colaboración con empresas que trabajen recuperación de metales y desmontaje seguro.
6. **Documentación:** registro de e-waste, certificado de disposición final.

**Indicadores:** kg e-waste/año, % reutilizado, certificados de disposición.

## **7.4. Riesgos de desastre (incendio, inundación, sismo, tormentas)**

**Caracterización:** instalaciones con equipos críticos necesitan continuidad operativa y protección ante eventos extremos.

**Medidas de mitigación y recuperación:**

### **A. Prevención estructural**

- Ubicación de equipos en zonas elevadas o en racks con protección contra inundaciones.
- Soportes antisísmicos y anclajes en racks y equipos.
- Materiales ignífugos y puertas herméticas para salas de servidores.

### **B. Sistemas técnicos**

- Sistema de detección temprana de incendio (detectores de humo por aspiración, VESDA).
- Sistemas de supresión no-acuosos (gases inertes o FM-200 / Novec) para salas de servidores (evitan daño por agua).
- UPS y generador de emergencia con conmutación automática y pruebas periódicas.
- Protecciones contra sobretensiones y pararrayos.

### **C. Diseño de drenaje y barreras**

- Canaletas y desagües dirigidos y con filtros antes de descarga para evitar contaminación.
- Barreras temporales o permanente para evitar ingreso de agua en salas críticas.
- Valvulería de corte rápido y bombas de achique con alimentación de emergencia.

### **D. Plan de continuidad y recuperación (DRP)**

- **Backups:** copias incrementales diarias y backups completos semanales; almacenamiento cifrado en la nube y sitio secundario fuera de la zona de riesgo.
- **RTO / RPO:** definir Objetivo de Tiempo de Recuperación (RTO) y Punto de Recuperación (RPO) para cada servicio.
- **Procedimientos claros:** pasos para conmutación a sitio secundario, contact list, roles y responsabilidades.
- **Simulacros:** ejercicios semestrales de recuperación y evacuación.
- **Seguros:** pólizas que cubran daños por fenómenos naturales, incendios y equipos.

### **E. Protección humana**

- Plan de evacuación y primeros auxilios, formación del personal en respuesta a emergencias.
- Equipo de respuesta interna y comunicación con bomberos y autoridades.

## **8. Plan de manejo ambiental (resumen de medidas por impacto)**

- **Energía:** eficiencia, paneles solares, contratos verdes, monitoreo.
- **Agua:** recolección lluvia, closed-loop, tratamiento aguas grises.
- **Residuos:** plan RAEE, contratos con recicladores certificados, priorizar reparación.
- **Emisiones/Gases refrigerantes:** control y cambio a refrigerantes con bajo GWP; mantenimiento preventivo.
- **Sismos/incendios/inundaciones:** racks anclados, supresión gaseosa, drenajes, UPS/generador, DRP.
- **Biodiversidad/paisaje:** minimizar huella de obra, restaurar áreas afectadas.
- **Social:** comunicación con la comunidad, minimizar molestias (ruido, tráfico).
- **Riesgos:** infraestructura antisísmica, detección y supresión de incendios.

## **9. Indicadores de desempeño ambiental (ejemplos y metas)**

- **Consumo eléctrico total (kWh/mes)** — meta: reducir 15% año 1 con eficiencia y renovables.
- **PUE (Power Usage Effectiveness)** — meta: <1.6 primer año.
- **Agua total consumida (m<sup>3</sup>/mes)** — meta: 30% reutilizada.
- **Kg e-waste gestionado / año** — meta: 100% disposición certificada.
- **Número de incidentes ambientales (vertimientos, fugas)** — meta: 0 por año.
- **Disponibilidad del servicio (uptime %)** — meta operacional: 99.9% (definir RTO/RPO).

## **10. Procedimiento de seguimiento y vigilancia**

- 1. Monitoreo continuo:** instalar medidores (energía, agua, condiciones ambientales en sala, calidad de aire).
- 2. Informes periódicos:** mensual (operación), trimestral (resumen), anual (evaluación completa).
- 3. Auditorías:** auditoría interna semestral y externa anual sobre RAEE y emisiones.
- 4. Registro de incidentes:** formulario digital para registrar, investigar y actualizar acciones correctivas.
- 5. KPIs y tablero:** dashboard para indicadores claves (kWh, m<sup>3</sup> agua, e-waste kg, uptime).

## **11. Roles y responsabilidades**

- - **Responsable Ambiental (RA):** coordina el PMA, reportes y cumplimiento.
  - **Coordinador de Infraestructura / IT:** implementa medidas técnicas (UPS, racks, backup).
  - **Encargado de Mantenimiento:** revisiones preventivas, refrigerantes, detección.
  - **Encargado de Residuos:** logística y contratos de reciclaje.
  - **Comité de Emergencia:** líderes designados para activación de DRP.
  - **Proveedor de servicios críticos (outsourced):** contrato y SLA (especificar).
  - **Espacio para completar nombres, teléfonos, correos e instrucciones específicas.**

## **12. Plan de contingencia ante emergencias / checklist ante eventos (resumen rápido)**

### **Al ocurrir inundación / filtración en sala de servidores:**

1. Activar alarma interna.
2. Cortar alimentación de la zona afectada (si no hay riesgo de pérdida de datos).
3. Conmutar carga a sitio secundario / cloud según DRP.
4. Activar bombas de achique y barreras.
5. Evaluar daños; iniciar protocolo de secado y validación de equipos.
6. Notificar autoridades y seguros.

### **Ante incendio:**

1. Evacuación inmediata.
2. Disparo del sistema de supresión si procede (manual/automático).
3. Conmutación a sitio secundario, respaldo en nube.
4. Informe y revisión estructural post-evento.

### **Ante sismo:**

1. Evacuación según rutas.
2. Revisar anclajes, racks y conexiones; validar integridad eléctrica.
3. Verificar continuidad de servicios y activar respaldo.

**Incluir contactos (bomberos, policía, EPS, proveedor de UPS, seguro).**

### **13. Registro y evidencia (plantillas para adjuntar)**

Formatos mensuales de consumo de energía, agua y residuos; registros de incidentes y certificados de disposición.

- **Registro de monitoreo energético (tabla mensual):** fecha | consumo kWh | PUE | % renovable | observaciones
- **Registro de consumo de agua:** fecha | m<sup>3</sup> usado | m<sup>3</sup> recuperados | destino | observaciones
- **Registro de e-waste:** fecha | tipo equipo | kg | disposición (empresa + certificado)
- **Registro de incidentes:** fecha | tipo | descripción | acciones tomadas | responsable | tiempo de resolución

### **14. Acciones de mitigación específicas recomendadas (lista priorizada)**

- Auditoría energética inicial y plan de eficiencia (inmediato).
- Instalar medidores por circuito y racks (inmediato).
- Diseñar e implementar sistema de refrigeración closed-loop o free-cooling según clima (corto plazo).
- Recolección de aguas lluvia + tratamiento (corto/mediano).
- Contratos con recicladores RAEE certificados (inmediato).
- Implementación de DRP con sitio secundario / cloud y simulacros (corto plazo).
- Instalación de supresión gaseosa en salas críticas (corto plazo).
- Programas de formación ambiental y de respuesta a emergencias (continuo).

### **15. Plan de comunicación y vinculación con autoridades/ proveedores**

- Notificar a autoridad ambiental local sobre manejo de residuos peligrosos según normativa.
- Firmar convenios con entes de reciclaje certificados (solicitar evidencias y capacidades).
- Mantener a aseguradora informada del plan de contingencia y medidas de mitigación.

### **16. Conclusión**

El proyecto FinLabs presenta impactos ambientales moderados a altos en energía, agua y

residuos electrónicos. Sin embargo, mediante medidas técnicas y administrativas puede alcanzar sostenibilidad y continuidad operativa sin comprometer el entorno.

Estos impactos pueden controlarse con una combinación de medidas técnicas (eficiencia, energías renovables, closed-loop cooling), administrativas (políticas de uso, contratos RAEE) y de protección civil (DRP, supresión de incendios, UPS/generadores). Se recomienda priorizar la implementación de medidas para los impactos con **S ≥ 8** y establecer un cronograma de ejecución de las medidas propuestas.

## 17. Recomendaciones finales

- Priorice **medidas que reduzcan consumo** antes de aplicar soluciones costosas (p. ej. primero eficiencia y gestión, luego renovables).
- Documente TODO: sin pruebas (facturas, certificados, registros) es difícil justificar cumplimiento.
- Establezca **cronograma y responsable** para cada medida (fecha de inicio, fecha de término, presupuesto estimado).
- Mantenga respaldo de datos fuera del sitio y en la nube cifrada con políticas de restauración probadas.