



## Reducción de emisiones y mejora de la calidad de agua

Uso de sistemas fotovoltaicos en plantas  
de tratamiento de agua en Ecuador

Colección Premio Hábitat Ecuador # 1

**Temática: Agua potable y energía fotovoltaica**

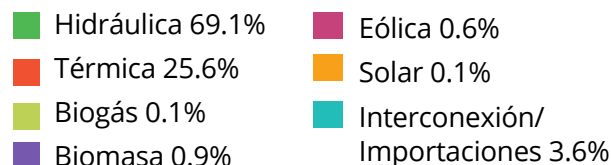
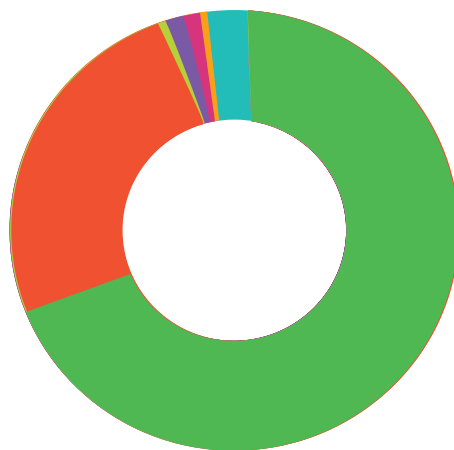
# Introducción:

La actual crisis climática, provocada principalmente por la quema de combustibles fósiles (73% de GEI provienen de la quema de combustibles fósiles), está cambiando los patrones climáticos a nivel mundial. Cada año es más usual romper récords de olas de calor, sequías, incendios, aumento del nivel del mar y fenómenos meteorológicos extremos.

El 2024 fue el año más caluroso desde 1900 con un incremento de temperatura de 1.54 °C (Copernicus, 2025). Este fue el primer año en que superamos el umbral de 1.5°C sugerido en el Acuerdo de París (Naciones Unidas, 2015), como el límite a partir del cual las consecuencias de la crisis climática se vuelven irreversibles.

Las ciudades no están preparadas para enfrentar los desafíos de esta crisis climática. Como ejemplo, Ecuador en el último trimestre de 2024 tuvo que afrontar una triple crisis: incendios forestales, sequía extrema y apagones de hasta 14 horas, debido a una de las sequías más graves de los últimos 50 años. Y en contraste en el primer trimestre de 2025, Ecuador sufrió una gran afectación por exceso de lluvias.

Para mitigar y evitar emisiones de CO2 se recomienda la implementación de energías renovables. La energía eléctrica producida en Ecuador en 2023 fue de 36 683GWh, de las cuales 69% fue hidráulica, 26% térmica y el 5% de otras fuentes (Ministerio de Energía y Minas, 2023) .



Si bien la energía hidráulica proviene de una fuente renovable, es igualmente vulnerable frente a eventos climáticos extremos como sequías o lluvias torrenciales. Por ello, es importante diversificar las fuentes de energía.

Las plantas tratamiento de agua potable utilizan energía eléctrica para bombear agua cruda (de origen), para bombear y mezclar los químicos que descontaminan el agua, para limpieza de los tanques. Estas plantas cumplen con un rol importante en la dotación de servicios básicos a las poblaciones, y se debe garantizar su funcionamiento.

## Objetivo de un proyecto

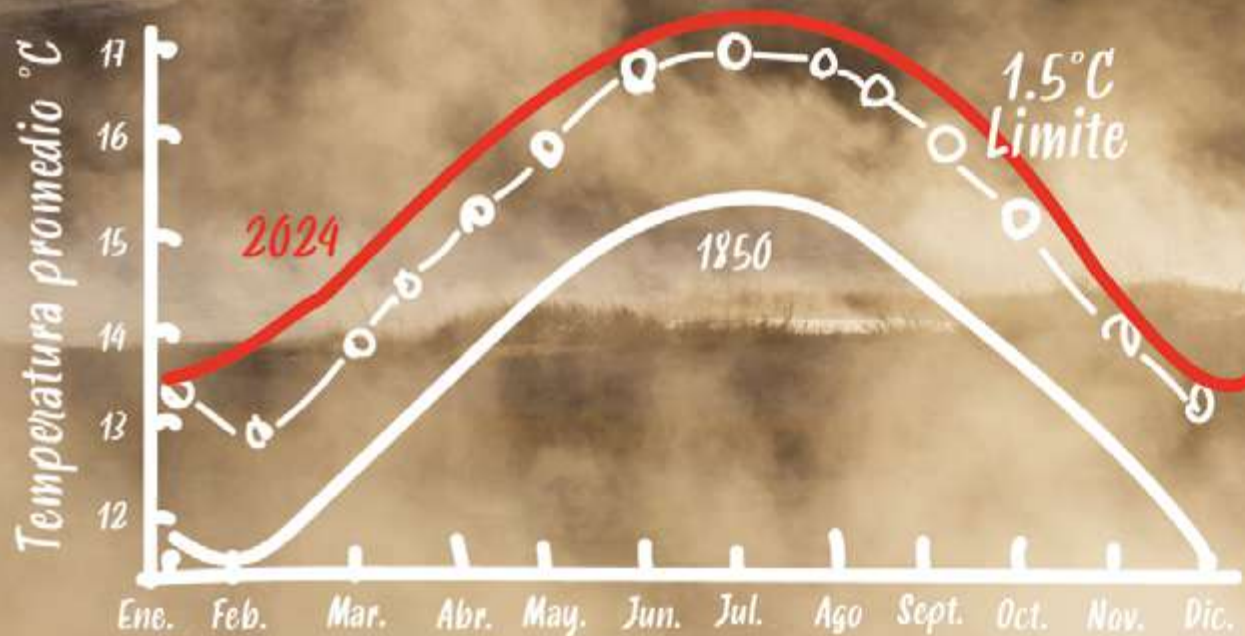
fotovoltaico en una planta de agua:

- Evitar emisiones de CO2 mediante la aplicación de proyectos fotovoltaicos sobre las piscinas de tratamiento de agua de una planta potabilizadora de un Gobierno Autónomo Descentralizado del Ecuador
- Reducir costos por la facturación de energía eléctrica
- Mejorar la calidad del agua, especialmente en territorios de clima cálido, donde la irradiación directa favorece la proliferación de algas.

La información que se encuentra en esta cartilla facilita el proceso de formulación de proyectos para lograr estos objetivos. Se encuentra una descripción del proceso de potabilización de agua y el consumo de energía que sería reemplazado con sistemas fotovoltaicos. Se explica cómo funciona la energía solar y los pasos que se deben seguir para calcular los costos y beneficios que un proyecto de estas características puede tener para un GAD. Finalmente se resalta las ventajas y los indicadores que se utilizan en este tipo de proyectos.

**+1.54 °C**  
temperatura global  
récord en 2024

**73 %**  
→ emisiones por  
combustibles fósiles



**14 h/día**  
→ apagones en  
Ecuador por  
sequía 2024



## Planta de tratamiento de agua potable

Una planta de tratamiento de agua potable se encarga de captar agua cruda proveniente de fuentes naturales, como ríos, vertientes, ojos de agua, o acuíferos subterráneos. En el Ecuador, el proceso de tratamiento está regulado por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108, que establece los análisis necesarios para asegurar que el agua tratada no exceda los límites permisibles de sustancias orgánicas, inorgánicas, bacterianas o virales, así como de color, sabor y olor.

El agua que llega a la planta pasa por varias etapas antes de volverse segura a lo largo de todo este proceso, el personal de laboratorio cumple un papel fundamental. Generalmente, se toman al menos tres muestras de agua: una antes del pretratamiento, otra después de la desinfección y una más en un punto de grifo fuera de la planta. Estas pruebas permiten controlar la presencia de materia orgánica e inorgánica, la efectividad de los químicos utilizados y la calidad del agua. Además, el laboratorio realiza un rol importante de investigación y recolección de datos, que sirven para monitorear, ajustar y mejorar continuamente el tratamiento, garantizando que el agua que llega a los hogares sea segura, limpia y de buena calidad.

En el siguiente esquema se muestra un resumen del funcionamiento de las plantas de tratamiento de agua potable.

## Fases del proceso de potabilización

**Captación:** Se toma agua de ríos, vertientes, ojos de agua. Esta captación puede estar en otros cantones o provincias.



Captación

**Pre-tratamiento:** Se retiran los sólidos grandes y partículas pesadas haciendo pasar el agua por filtros mecánicos.



Pre-tratamiento

**Coagulación y floculación:** Se añaden sustancias químicas coagulantes y floculantes para agrupar partículas.



Coagulación y floculación

**Sedimentación:** Se reduce la velocidad del agua para favorecer la precipitación de los sólidos formados en el proceso anterior en el fondo de la piscina..



Sedimentación

**Filtración:** Se hace pasar al agua por un medio poroso con el fin de filtrar micropartículas, estos filtros pueden ser de arena o carbón activado.



Filtración

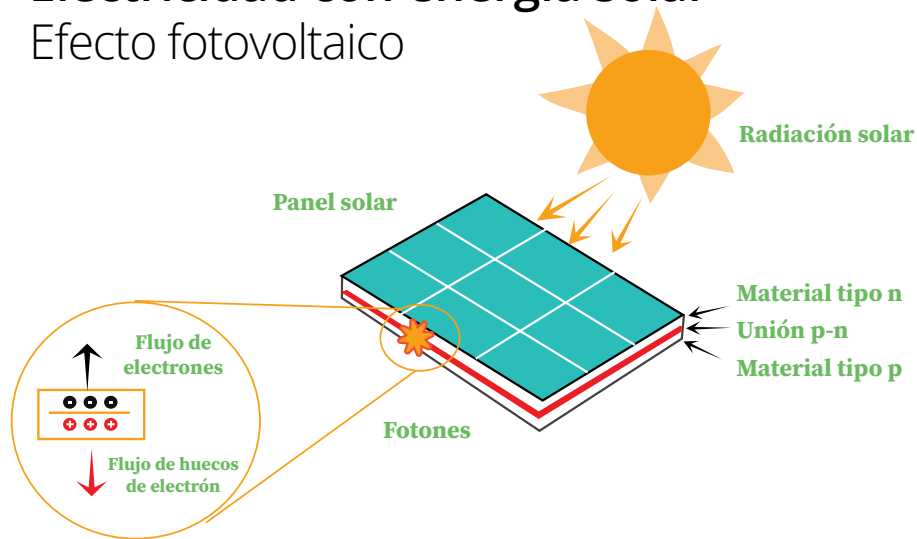
**Desinfección:** Se añade cloro para eliminar virus y patógenos. También se puede usar radiación UV u ozono.



Desinfección

# Electricidad con energía solar

## Efecto fotovoltaico



Para entender la energía solar fotovoltaica es importante comprender antes el “efecto fotovoltaico”. Los fotones que componen la luz tienen una energía determinada por su frecuencia. Si los fotones que impactan sobre los electrones de la última capa de la materia tienen mayor energía que su enlace, estos se desprenderán del material formando lo que se conoce como un hueco de electrón. Los enlaces de los electrones de los semiconductores tienen valores similares a la frecuencia de los fotones de la radiación solar, por lo que se los puede usar para producir electricidad a partir de esta. A nivel tecnológico, se usa una unión p-n, que es la combinación de silicio dopado con boro (tipo p) y de silicio dopado con fósforo (tipo n), que permite ordenar y recolectar los electrones desprendidos para luego formar un circuito eléctrico.)

## Sistemas Fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico transforma la radiación solar en energía eléctrica a través del efecto fotovoltaico. Estos sistemas se componen de paneles fotovoltaicos y otros elementos electrónicos de potencia como inversores, reguladores, baterías (opcional)

La instalación de sistemas fotovoltaicos en Ecuador está regulada por la regulación 008/2023 del ARCERNNR. Esta regulación establece los lineamientos técnicos para la instalación de sistemas de generación distribuida para autoconsumo (SGDA) para clientes residenciales, comerciales e industriales, con capacidad de hasta 2 MW de potencia nominal. El modelo adoptado en Ecuador para la transacción energética entre el propietario del SGDA y la empresa distribuidora es el de “net metering”. Este modelo establece que el SGDA debe estar dimensionado para satisfacer solamente las necesidades del inmueble. Cualquier sobrante genera un crédito energético que caduca a los dos años. (ARCERNNR, 2023)

Los sistemas de generación fotovoltaicos pueden ser:

- 1) Conectados a la red eléctrica on grid,
- 2) Independientes de la red eléctrica off grid,
- 3) Híbridos.

## Sistemas de generación

### “On grid”- dentro de la red

Cuando se conectan a la red eléctrica pública. Estos sistemas permiten usar la energía solar de forma inmediata y, si se produce un exceso inyectan el sobrante a la red, y luego toman de la red la energía que necesitan cuando no hay sol. En estos sistemas es necesario que el inversor sea capaz de sincronizarse con la red y que tenga las protecciones necesarias solicitadas por la compañía distribuidora.

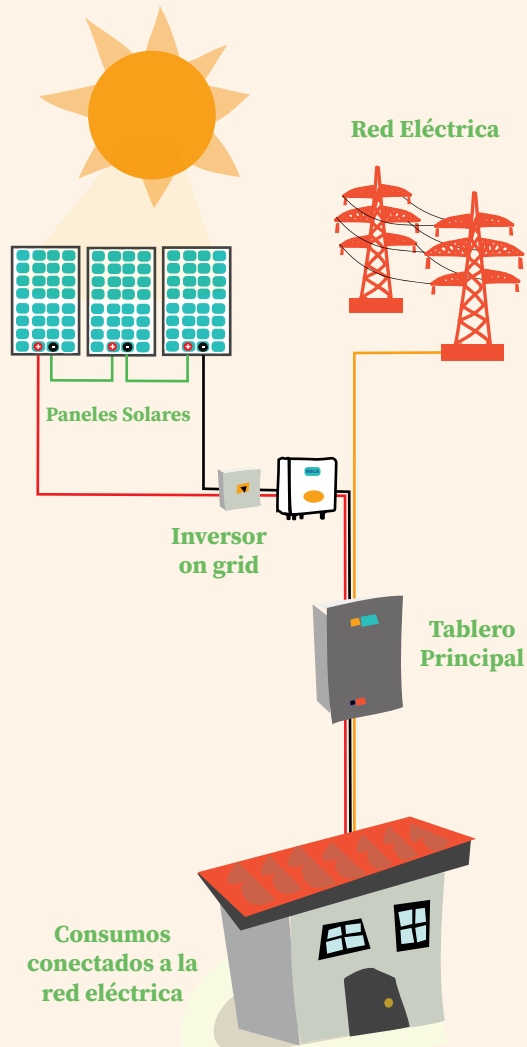
### “Off grid”- fuera de la red

Cuando funcionan de forma independiente de la red eléctrica, utilizando baterías para almacenar la energía generada

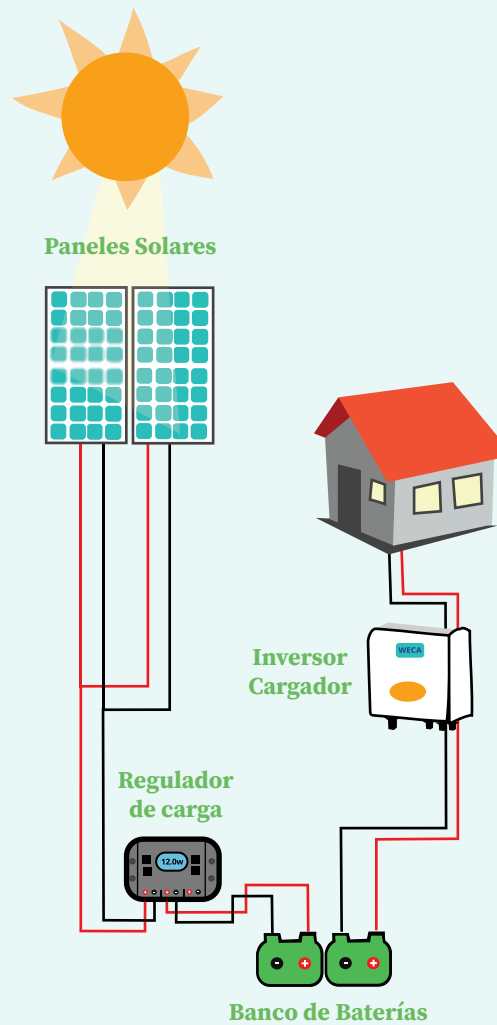
### Híbridos

Combinan elementos de ambos, pudiendo usar la red pública, las baterías y el generador como respaldo, ofreciendo flexibilidad en el suministro.

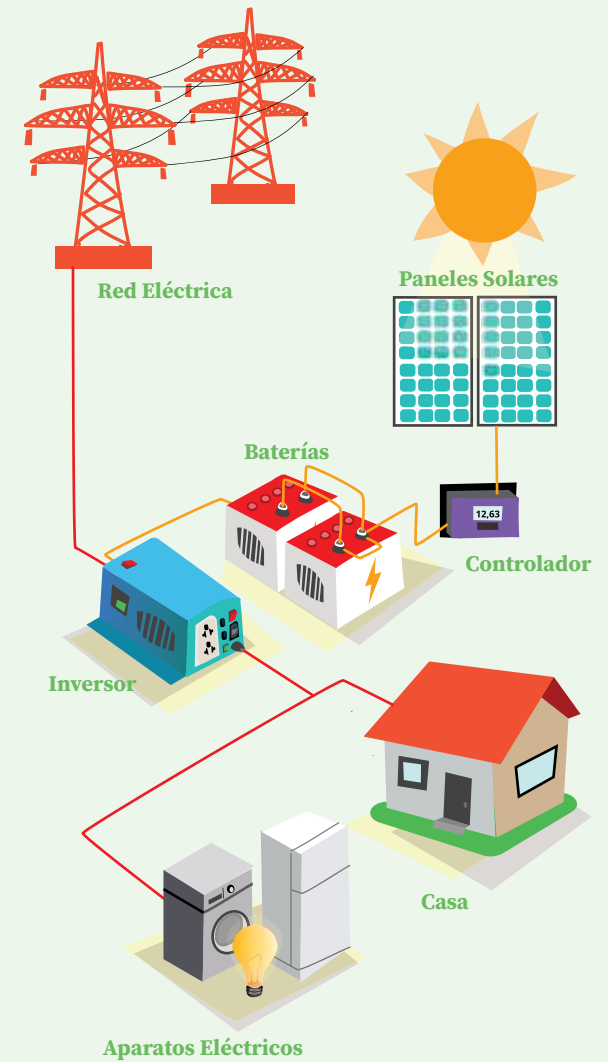
## Sistemas de generación



"On grid"- dentro de la red



"Off grid"- fuera de la red



Híbridos

## Emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas con sistemas de generación distribuida para autoconsumo (SGDA)

La matriz eléctrica ecuatoriana posee un 69% de generación hidráulica y un 26% de energía térmica. Las emisiones de CO<sub>2</sub> del sistema nacional interconectado (SNI) se calculan sumando las emisiones de todas las plantas conectadas al SNI (tomando en consideración el combustible que utilizan) dividida para la generación eléctrica.

$$*FE_{H,2023} = \frac{\text{Emisiones Totales CO}_2 \text{ Generación}_{SNI2023}}{\text{Electricidad Generada}_{SNI2023}}$$

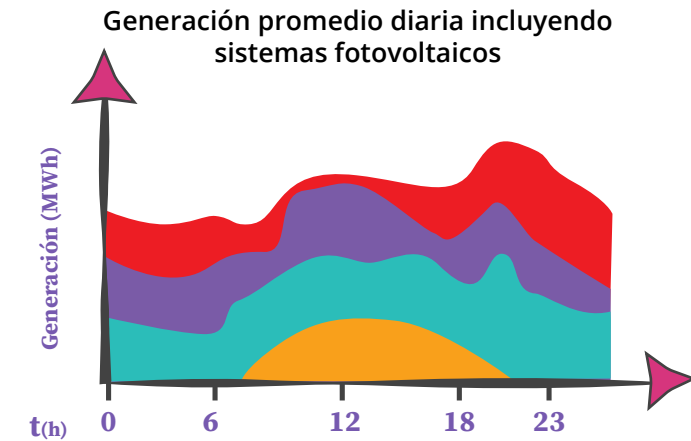
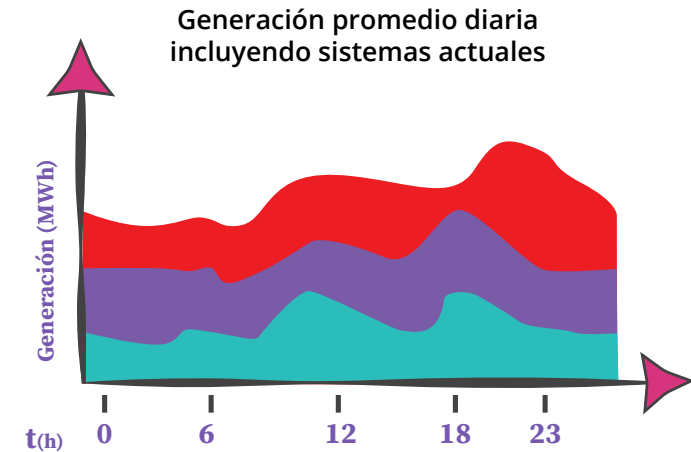
El factor de emisión para Ecuador continental es:

$$FE_{H,2023} = 0,12 \text{ tonCO}_{2eq} / \text{MWh}$$

Sin embargo, para efectos de entrada de centrales fotovoltaicas nuevas en el SNI, estas desplazan la generación térmica evitando la emisión de CO<sub>2</sub> en un valor mayor que el factor de emisiones calculado. Esto se lo ve esquemáticamente en el dibujo (color amarillo). Para plantas fotovoltaicas, el factor de emisiones evitadas es de 0.4844 tonCO<sub>2</sub>/MWh (note que en el caso de la electricidad del SNI, el valor es CO<sub>2</sub> emitido, mientras que para la introducción de una planta fotovoltaica es CO<sub>2</sub> evitado).

$$FE_{grid, CM, 2023} = 0,4844 \text{ tonCO}_{2eq} / \text{MWh}$$

\*FE: Factor de Emisión



- Centrales térmicas
- Hidroeléctricas con reservorio
- Hidroeléctricas de pasada
- Plantas fotovoltaicas



## Sistemas fotovoltaicos

en plantas de tratamiento de agua potable

Las regiones climáticas del Ecuador presentan diferentes condiciones para el tratamiento de agua. En ciudades de la costa, como en Manta, por ejemplo, los costos de tratamiento de agua potable con niveles óptimos de calidad para su consumo, esta relacionada a la cantidad de algas

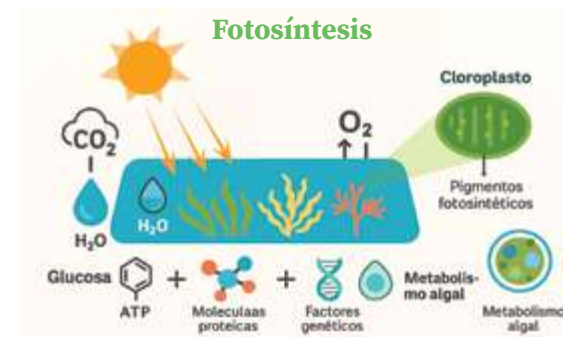
Las condiciones de luz y temperatura determinan la tasa de crecimiento de microalgas (Singh & Singh, 2015).

Por un lado, las temperaturas ideales de crecimiento para diatomas (micro algas) es de 5-15°C, para algas verdes están entre 15 °C y 30 °C, y para cianobacterias por encima de 30°C. Por otro lado, dado que las algas realizan fotosíntesis, el factor lumínico es tan importante como el de temperatura. Si bien la radiación solar es indispensable. Se reproducen mediante fotosíntesis, por lo tanto, el factor lumínico es tan importante como el de temperatura. Si bien la radiación solar es indispensable para el

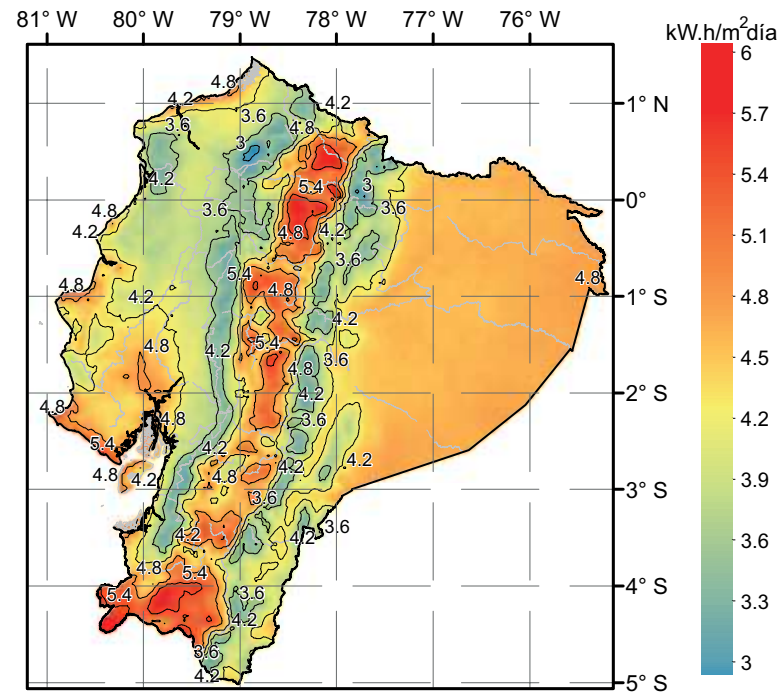
crecimiento de algas, ésta puede ser inhibida por demasiada luz (fotoinhibición) o poca luz (fotolimitación). Los límites de luz dependen del consorcio de bacterias y algas presentes.

Por ello se recomienda disminuir la exposición a radiación solar de las piscinas de agua de una planta, más aún si están ubicados en zonas costeras.

La instalación de paneles fotovoltaicos sobre la superficie de los tanques o cuerpos de agua ha mostrado que puede ayudar a controlar la proliferación de algas, al mismo tiempo que genera energía eléctrica. (Exley et al. 2022)



No.	Problema	Efecto
1	Agua de los ríos usados como fuente de captación tienen alta carga orgánica	Proliferación elevada de algas
2	Alta radiación incidente sobre los cuerpos de agua.	Proliferación elevada de algas
3	Agua cruda con alta concentración de algas.	Costos elevados en químicos para eliminar algas y limpieza de las piscinas
4	Planta que opera con un sistema enteramente eléctrico	Emisiones de CO2 asociadas a la generación eléctrica Costo elevado de las facturas eléctricas



Radiación global horizontal (GHI) anual para Ecuador (<https://meteo-scinergy>)

Indicador	Mejora
Consumo/producción de electricidad [MWh/año] Consumo de electricidad de origen térmico [MWh/año]	Electricidad 100% de energía renovable
CO2 emitido/evitado [tonCO2/año]	Planta que desplaza emisiones en el SNI
Factura eléctrica anual [USD/año] Ahorro en insumos químicos* [USD/año]	Ahorro total de la factura eléctrica
Sabor y olor del agua tratada	Se espera una mejora en el sabor y olor del agua tratada

# Guía para implementar un proyecto fotovoltaico sobre una planta de agua potable

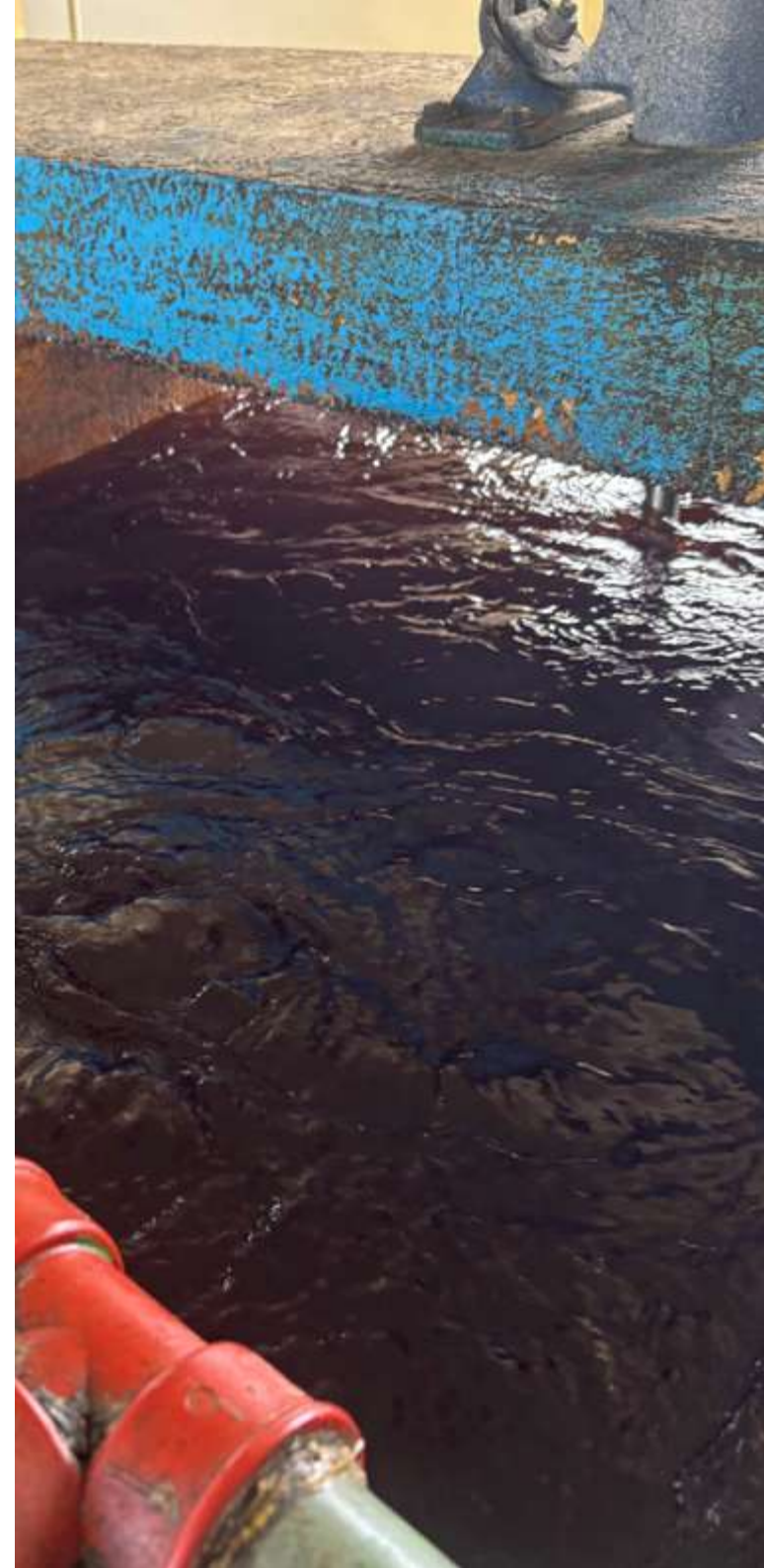
Para iniciar un proyecto de sistema fotovoltaico en una planta de tratamiento de agua potable, primero se debe establecer una línea base que refleje el estado actual de consumo de la planta. Esto incluye indicadores como producción de agua potable, energía consumida, consumo de químicos, costos de energía y químicos, y emisiones de CO<sub>2</sub>, entre otros. Estos datos pueden expresarse de forma anual o por metro cúbico de agua tratada, y se utilizan para cuantificar las ventajas del proyecto frente a entidades financiadoras, como la reducción de emisiones, ahorro en costos energéticos y disminución de consumo de químicos.

A continuación, se debe definir el tipo de sistema fotovoltaico requerido, ya sea conectado a la red (on-grid) o híbrido, considerando las necesidades de autonomía de la planta y la demanda energética de los últimos años, recomendando analizar al menos los dos años previos de consumo. Paralelamente, se debe determinar el recurso solar disponible en la ubicación de la planta, utilizando fuentes públicas como el Mapa Solar del Ecuador, donde se puede consultar la radiación global horizontal (GHI) anual.

Una vez definidos estos aspectos, se procede a dimensionar el sistema siguiendo la regulación

008/2023 del ARCERNNR, que establece que el sistema debe producir únicamente la energía consumida (autoabastecimiento). Esto asegura que al final del año no se cobrará el consumo eléctrico si la energía generada es suficiente. Para garantizar la correcta instalación y funcionamiento del sistema, se recomienda que el dimensionamiento e instalación sean realizados por profesionales expertos.

Posteriormente, se deben calcular los beneficios del sistema sobre los indicadores propuestos, incluyendo los económicos (VAN, TIR, periodo de retorno), ambientales (CO<sub>2</sub> evitado, reducción del consumo eléctrico de origen térmico) y de calidad de agua (sabor y olor). Finalmente, con todos los resultados recopilados, se debe preparar una presentación clara y didáctica que exponga la propuesta de implementación. Esta presentación debe utilizar un lenguaje sencillo y comprensible para que cualquier persona, independientemente de su nivel de instrucción, pueda entender los objetivos y beneficios del proyecto y así facilitar el acceso a fondos.



## Obstáculos y como superarlos

Obstáculos	Posibles soluciones
No contar con la unidad de implementación de proyectos adecuada, con las capacidades que se requiere.	Se puede buscar cooperación y asistencia técnica, colaborar con otros GADs interesados.
Se requiere estudios técnicos y línea base.	Existe financiamiento para asistencia técnica, sin embargo, es importante que los y las técnicas de planta y de laboratorio almacenen datos anuales para poder realizar los cálculos adecuados.
Falta de información o datos	Implementar programas de capacitación para técnicos municipales para realizar monitoreo y documentación de procesos.
Demora y cambios administrativos y de gestión	Desarrollar manuales rápidos donde se resuman los procesos y funcionamiento de las instituciones relacionadas.
Dificultad para acceder a financiamiento	Buscar no solo financiamiento estatal sino también fondos verdes, entidades financieras acreditadas para captar fondos climáticos

## Ejemplo de propuesta

de proyecto fotovoltaico sobre una planta de potabilización.  
Planta de tratamiento de agua Colorado – Manta

La planta de tratamiento de agua Colorado-Manta es una planta operada por la Empresa Pública Aguas de Manta (EPAM). Esta planta toma agua cruda de la cuenca del río Portoviejo (Caza Lagarto) y recientemente del acueducto La Esperanza- Refinería del Pacífico. La planta opera enteramente con energía eléctrica que toma en media tensión mediante cuatro medidores que pertenecen a dos unidades: Campamento Operativo y Planta de Tratamiento de Agua Potable Colorado.

El proyecto “Foto2O: de la fotosíntesis a lo fotovoltaico”, uno de los tres proyectos ganadores del premio Hábitat Convocatoria 2025, prevé la instalación de un sistema de generación distribuida para autoconsumo (SGDA) que cubra el 100% de las necesidades eléctricas de la planta.

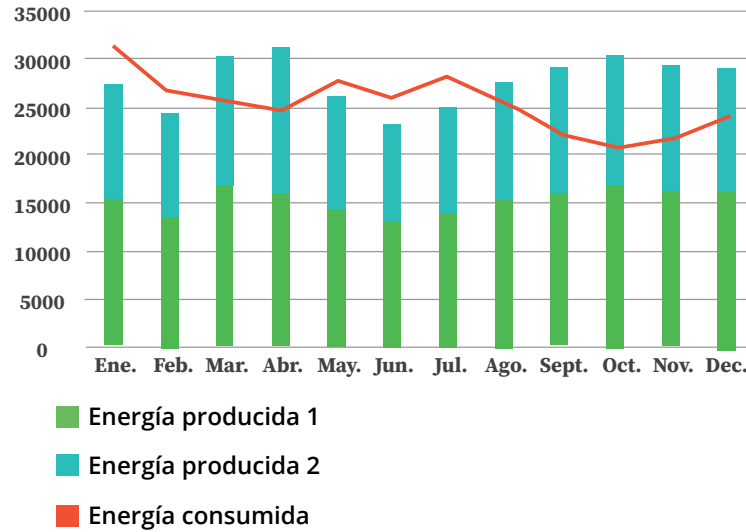
Los paneles fotovoltaicos ubicados sobre la superficie de las piscinas de 1100m<sup>2</sup> y sobre parte de los parqueaderos producirían una energía de 330MWh, lo cual cubre el 100% de su consumo. Esta iniciativa evitaría la emisión de 160 ton-CO<sub>2</sub>eq al año y es viable en su financiamiento.

Los detalles técnicos se muestran a continuación.

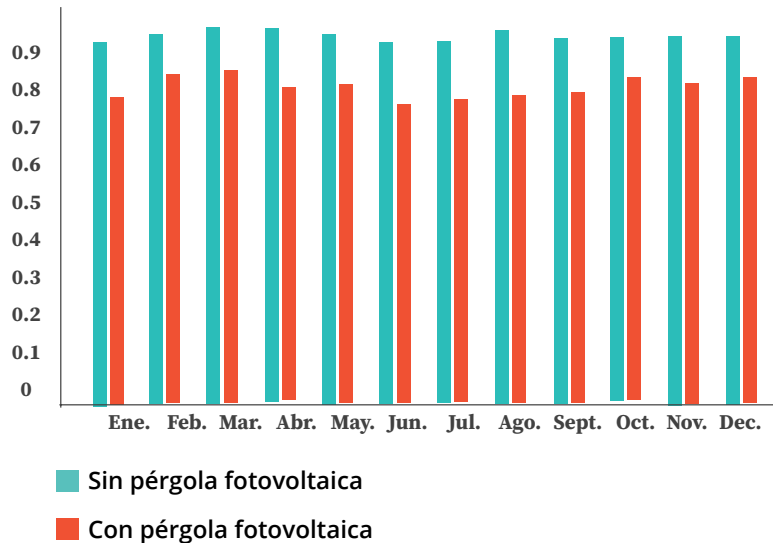
Planta de tratamiento de agua Colorado	
Caudal nominal de tratamiento	25000 m <sup>3</sup> /día
Consumo eléctrico	301.5 MWh/año
Sistema fotovoltaico	
Radiación global horizontal sobre el sitio	4.88 kWh/m <sup>2</sup> /día
Potencia del campo fotovoltaico (DC)	238 kWp
Potencia nominal de inversores (AC)	224 kW
Área total del campo fotovoltaico	1114 m <sup>2</sup>
Producción eléctrica fotovoltaica	330 MWh/año
Producción por potencia instalada	1390 kWh/kWp
Costos	
Inversión inicial (CAPEX)	189 000 USD
Costo de instalación por kWp	795 USD/kWp
Gastos de operación y mantenimiento estimados (OPEX)	3477 USD/año
Reducción de proliferación de algas*	
Relación de radiación difusa y global (DHI/GHI)	0.52
Reducción de proliferación estimada	15%

\* Estimación en base a literatura

### Energía producida / consumida (KWh/mes)



### Tasa de crecimiento de algas (1/día)



La mejora de indicadores por la implementación de un sistema fotovoltaico sobre la piscina de la planta de tratamiento Colorado – Manta se muestran a continuación.

Indicadores	Original	Con SGDA's	Mejora
Consumo/producción de electricidad [MWh/año]	301.5	330.0	Electricidad 100% de energía renovable
Consumo de electricidad de origen térmico [MWh/año]	77.2	0	
CO2 emitido/evitado [tonCO2/año]	36.2	160	Planta que desplaza emisiones en el SNI
Factura eléctrica anual [USD/año]	23 328	0	Ahorro total de 28 300 USD/año
Ahorro en insumos químicos* [USD/año]	0	5000	
Mejora de sabor y olor del agua tratada	---	---	Se espera una mejora en el sabor y olor del agua tratada

\* Se estima un ahorro del 2% de consumo anual



## Conclusión:

Los sistemas fotovoltaicos presentan múltiples ventajas para las plantas de tratamiento de agua potable. En primer lugar, contribuyen al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 6 y 7, al garantizar el acceso a agua potable y a energía asequible y no contaminante, al mismo tiempo que ayudan a reducir la huella de carbono. Además, estos sistemas permiten disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que evitan el consumo de energía eléctrica de origen térmico. Otro beneficio importante es la mejora de la calidad del agua, debido a que se reduce el desarrollo de algas que pueden afectar el sabor y el olor del agua tratada.

Finalmente, el costo del tratamiento de agua se ve reducido, porque se evita el pago de la factura eléctrica y se disminuye la necesidad de químicos utilizados para controlar las algas en el agua cruda, como sulfato de cobre y carbón activado.

# Bibliografía

ARCERNNR. 2023. Regulación Nro. ARCERNNR-008/23.  
[www.controlrecursosyenergia.gob.ec](http://www.controlrecursosyenergia.gob.ec)

Copernicus. 2025. "Climate Change Service".  
<https://climate.copernicus.eu/>

Exley, Giles, Trevor Page, Stephen J. Thackeray, Andrew M. Folkard, Raoul Marie Couture, Rebecca R. Hernandez, Alexander E. Cagle, Kate-ri R. Salk, Lucie Clous, Peet Whittaker, Michael Chipps, y Alona Armstrong. 2022. "Floating solar panels on reservoirs impact phytoplankton populations: A modelling experiment". Journal of Environmental Management 324.

Ministerio de Energía y Minas. 2023. Balance Energético Nacional.  
[www.recursosyenergia.gob.ec](http://www.recursosyenergia.gob.ec)

Municipio De San Pablo de Manta. 2010. Plan Hidrosanitario para Manta.  
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/601231468249012119/pdf/E4236v20Ecuador00140201300Box377343B.pdf>

Naciones Unidas. 2015. "Acuerdo de París".  
<https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>

Singh, S. P., y Priyanka Singh. 2015. "Effect of temperature and light on the growth of algae species: A review". Renewable and Sustainable Energy Reviews 50:431-44.

**Viceministro de Desarrollo Urbano Sostenible y Vivienda**

Daniel Elmir

**Subsecretaria de Hábitat y Desarrollo Urbano**

Ana Isabel Carvallo

**Director de Hábitat y Espacio Público**

David Baca - Equipo Técnico

**Premio Hábitat Ecuador - IV Convocatoria**

Noviembre 2025

**Elaborado por :**

**Asesora Senior Proyecto CIS II - GIZ :** Pamela Mendieta Molina

**Coordinación:** Rosa Elena Donoso Gómez

**Experto en energías renovables:** Freddy Ordóñez

**Ilustración y diagramación:** Verónica Tapia

**Fotografías:** Unsplash.com y Envato Elements

**Recursos gráficos:** Envato Elements

---

El presente documento ha sido elaborado con el apoyo técnico de la Cooperación Alemana GIZ Ecuador.  
En el caso de requerir contacto, el correo es [giz-ecuador@giz.de](mailto:giz-ecuador@giz.de) / [premiohabitatec@mit.gob.ec](mailto:premiohabitatec@mit.gob.ec)

---





REDUCE LA  
HUELLA  
AMBIENTAL

⚡  
ENERGIA  
RENOVABLE

PREMIO  
HÁBITAT  
ECUADOR  
IV Convocatoria