

# Seguro de Ahorro de Energía

**Plataforma estándar para la estructuración,  
la evaluación y el seguimiento de proyectos  
de inversión en eficiencia energética y  
generación distribuida con desempeño  
energético garantizado**

Rodrigo Chaparro  
María Netto  
Elisabeth Díaz  
Adalberto Padilla  
Krystian Muñoz  
Raúl Riveros

**Sector de Instituciones  
para el Desarrollo**

**División de Conectividad,  
Mercados y Finanzas**

**NOTA TÉCNICA N°  
IDB-TN-2193**

# Seguro de Ahorro de Energía

**Plataforma estándar para la estructuración, la evaluación y el seguimiento de proyectos de inversión en eficiencia energética y generación distribuida con desempeño energético garantizado**

Rodrigo Chaparro  
María Netto  
Elisabeth Díaz  
Adalberto Padilla  
Krystian Muñoz  
Raúl Riveros

Junio de 2021

Catalogación en la fuente proporcionada por la  
Biblioteca Felipe Herrera del  
Banco Interamericano de Desarrollo

Seguro de ahorro de energía: plataforma estándar para la estructuración, la  
evaluación y el seguimiento de proyectos de inversión en eficiencia  
energética y generación distribuida con desempeño energético  
garantizado / Rodrigo Chaparro, María Netto, Elisabeth Díaz, Adalberto  
Padilla, Krystian Muñoz, Raúl Riveros.  
p. cm. — (Nota técnica del BID ; 2193)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Energy consumption-Economic aspects-Latin America.
2. Renewable energy sources-Economic aspects-Latin America.
3. Distributed generation of electric power-Latin America. 4. Investments-  
Environmental aspects-Latin America. I. Chaparro, Rodrigo. II. Netto, María.  
III. Díaz, Elisabeth. IV. Padilla, Adalberto. V. Muñoz, Krystian. VI. Riveros,  
Raúl. VII. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Conectividad,  
Mercados y Finanzas. VIII. Serie.  
IDB-TN-2193

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2021 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Noté que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



# RESUMEN

Son crecientes los esfuerzos por fomentar la inversión verde con nuevos instrumentos financieros; sin embargo, la velocidad con que los mercados están adoptando estos instrumentos se ha visto limitada por la heterogeneidad y la falta de información sistemática que permite valorar cuán verdes son las inversiones. El BID ha desarrollado una plataforma estándar para la estructuración, la evaluación y el seguimiento de proyectos de inversión en eficiencia energética y generación distribuida con desempeño energético garantizado. La plataforma busca llenar este vacío e impulsar la modernización tecnológica promoviendo inversiones en tecnologías más eficientes donde se garanticen los ahorros o la generación de energía gracias a la combinación de contratos de desempeño, esquemas de validación y seguros como mecanismo de mitigación de riesgos. La plataforma comprende una herramienta para estimar los ahorros o la energía del proyecto propuesto, listas de control para la validación y verificación del correcto desempeño y un formato para el monitoreo de resultados una vez implementado el proyecto. La herramienta para estimar los ahorros o la energía que genere un proyecto sigue la lógica de establecer una línea base y luego determinar el impacto de la nueva tecnología mediante mejoras en los índices de desempeño o generación, siguiendo los lineamientos técnicos de la familia de normas internacionales de la serie ISO 50000. Este documento presenta los aspectos conceptuales y prácticos de la plataforma, incluye los protocolos para 12 tecnologías aplicables tanto a proyectos nuevos como a proyectos de sustitución y presenta ejemplos para tres proyectos específicos. Los usuarios primarios de la plataforma son proveedores de tecnología, entidades validadoras, entidades financieras y aseguradoras.

**Códigos JEL:** H41; O12; O13; Q12; Q13; Q18

**Palabras clave:** eficiencia energética, energías renovables, mecanismos financieros, finanzas climáticas, financiamiento, normas ISO 50000, modelo ESI, seguros de ahorro de energía

# ÍNDICE

	Resumen	IV
	Agradecimientos	VII
	Siglas y abreviaturas	VIII
	Resumen ejecutivo	IX
	Introducción	XI
<b>1.</b>	<b>Estimación de ahorros energéticos o energía generada en proyectos de EE y ER</b>	<b>1</b>
1.1.	Medir el consumo de energía de referencia	3
1.2.	Establecer la mejora de desempeño propuesto o la generación con el equipo nuevo	4
1.2.1.	Proyectos de desempeño energético	4
1.2.2.	Proyectos de generación	7
1.3.	Estimar el ahorro o la generación esperados al instalar el equipo nuevo	7
1.4.	Definir el sistema de monitoreo a instalar para verificar el desempeño o la generación del equipo nuevo	8
1.5.	Verificar periódicamente los ahorros o la generación de energía	10
<b>2.</b>	<b>Plataforma para la estructuración, la evaluación y el seguimiento de proyectos</b>	<b>12</b>
2.1.	Protocolo	14
2.2.	Herramienta	15
2.2.1.	Hoja descriptiva	16
2.2.2.	Hoja técnica	18
2.2.3.	Proyectos de eficiencia energética	20
2.2.4.	Proyectos de generación de energía	25
<b>3.</b>	<b>Ejemplos</b>	<b>28</b>
3.1.	Sustitución de una caldera pirotubular por un sistema solar térmico para calentamiento de agua	29
3.2.	Proyecto de sustitución de aire acondicionado	37
3.3.	Instalación de un sistema de generación solar fotovoltaico	46

Bibliografía	53
Anexo 1. Glosario	57
Anexo 2. Parámetros de medición por tecnología	61
Anexo 3. Factores de emisión y otros datos de energéticos	63
Anexo 4. Indicadores	66
Anexo 5. Formatos de validación, verificación y monitoreo del desempeño de proyectos	73
Anexo 6. Herramienta para estimar ahorros o generación de energía por tipo de tecnología	74

# AGRADECIMIENTOS

Esta publicación se elaboró gracias al trabajo desarrollado con apoyo del Gobierno de Dinamarca bajo la Cooperación Técnica RG-X1258-Programa de Seguros de Ahorro de Energía (ESI). Los autores agradecen los amables aportes de AgenciaSE, ICONTEC, TÜV Rheinland, AENOR, ANCE, ABNT, Sustainability, y en especial a las siguientes personas que participaron en diferentes fases del desarrollo de la plataforma: Álvaro Soto, Luz Galindo, Angélica Sanhueza, Fernando Pinto, Camila Torres, Haydeé de Mendoza, Aarón Martínez, Gustavo Collantes, Camelot Colindres, Lázaro Flores, Ernesto Fernández, Erick Rodríguez, Joel Miguel, Javier Ortega, Christophe Hoor, Juan Jaramillo, Rafael Orjuela, Andriunn Betancourt, Katherine Ovalle, Jorge Arcieri, Omar Villacorta y Daniel Magallón.

## SIGLAS Y ABREVIATURAS

<b>EE</b>	Eficiencia energética
<b>ER</b>	Energía renovable
<b>ESI</b>	Seguro de ahorro de energía (por sus siglas en inglés, <i>energy savings insurance</i> )
<b>EVO</b>	Efficiency Valuation Organization
<b>IDA</b>	Índice de desempeño ambiental
<b>IDE</b>	Índice de desempeño energético
<b>IDF</b>	Índice de desempeño financiero
<b>IEE</b>	Índice de emisiones evitadas
<b>IEG</b>	Índice de energía generada
<b>IGE</b>	Índice de gastos evitados
<b>IPVMP</b>	Protocolo Internacional de Medición de Desempeño y Verificación
<b>ISO</b>	Organización Internacional para la Estandarización
<b>MRV</b>	Medición, reporte y verificación
<b>PMDE</b>	Porcentaje de mejora del desempeño energético

## RESUMEN EJECUTIVO

Un proyecto que garantice la recuperación de la inversión mediante garantías tiene mayor atractivo para los inversionistas y las instituciones financieras. En proyectos donde la garantía se establece sobre bienes que implican un cierto nivel de riesgo tecnológico, tanto la entidad financiera como la aseguradora van a requerir evaluar la confiabilidad técnica de esa inversión. Si no se dispone de una herramienta y metodología de evaluación confiables, no será posible lograr el cierre financiero apoyado en una garantía. Por otro lado, los crecientes esfuerzos para fomentar inversión verde con nuevos instrumentos financieros –como bonos y seguros verdes– se ven limitados en su implementación por la heterogeneidad de las inversiones y por la falta de información sistemática sobre los proyectos y sobre las características “verdes” de las inversiones específicas que se financian a través de los nuevos instrumentos. La recopilación de este tipo de información es un bien público que el mercado no ha solucionado. La plataforma estándar que se describe a continuación busca llenar este vacío de información.

La plataforma permite la estructuración, la evaluación y el seguimiento de proyectos de inversión en eficiencia energética y generación distribuida con desempeño energético garantizado. En su conjunto, busca impulsar la modernización tecnológica promoviendo inversiones en tecnologías más eficientes donde se garanticen los ahorros o la generación de energía gracias a la combinación de contratos de desempeño, esquemas de validación y garantías financieras como mecanismo de mitigación de riesgos. Los diferentes elementos de la plataforma se desarrollaron y probaron en el terreno con proveedores, varios bancos nacionales de desarrollo y varias entidades validadoras de América Latina en el marco de la “Cooperación Regional RG-X1258 Seguro de Ahorros de Energía y Mitigación de Riesgos – ESI”, financiada con apoyo del Gobierno de Dinamarca.

La plataforma comprende una herramienta para estimar los ahorros o la energía del proyecto propuesto, listas de control para la validación y verificación del correcto desempeño y un formato para el monitoreo de resultados una vez implementado el proyecto. La plataforma se complementa con un sistema electrónico donde los actores de mercado que forman parte del proyecto pueden realizar un seguimiento del estado del mismo. Los usuarios primarios de la plataforma son los proveedores de tecnología, a quienes les facilita la estructuración, la estimación de ahorros –o generación– y la definición de los protocolos de medición de sus proyectos, así como las entidades validadoras, quienes pueden evaluar de manera estandarizada la razonabilidad de los ahorros de energía, la instrumentación propuesta y ofrecer conceptos sobre desviaciones en los ahorros o la generación de energía garantizados durante la vida del proyecto. En segunda instancia están las entidades financieras y aseguradoras, quienes pueden utilizarla para enterarse de cuándo un proyecto ha completado la evaluación técnica a fin de otorgar la financiación o garantía correspondiente.

La herramienta para estimar los ahorros o la energía que genere un proyecto sigue la lógica de establecer en primer lugar una línea base y a partir de allí determinar el impacto de la nueva tecnología gracias a las mejoras en los índices de desempeño o generación, siguiendo los lineamientos técnicos de la familia de normas internacionales de la serie ISO 50000 aplicables a los sistemas de gestión de la energía. Este enfoque permite aislar el efecto de los cambios en la producción que pueden afectar el consumo total de energía de una instalación o proceso, permitiéndole a los proveedores hacer una promesa de ahorro que se base en una adecuada selección, instalación, uso y mantenimiento de equipos.

La herramienta es principalmente aplicable en proyectos donde hay una tecnología predominante. A la fecha se han desarrollado protocolos para 12 tecnologías, que pueden utilizarse tanto en proyectos nuevos como en proyectos de sustitución en iniciativas de eficiencia energética (desempeño energético) y generación de energía.

El presente documento tiene como propósito orientar a los proveedores en los aspectos conceptuales y prácticos de la plataforma. Está dividido en tres secciones. La primera ofrece una explicación detallada de las bases conceptuales de la metodología para calcular los ahorros energéticos garantizados en proyectos de eficiencia energética y de la energía producida garantizada en proyectos de generación. La segunda detalla los elementos de la plataforma, la herramienta y los formatos desarrollados para la estimación, la evaluación y el seguimiento de los ahorros de energía o la generación prometida por tecnología. La última contiene ejemplos del uso de la herramienta en tres proyectos específicos.

# INTRODUCCIÓN

Son crecientes los esfuerzos por fomentar la inversión verde con múltiples instrumentos financieros, tales como bonos verdes y “seguros verdes”. Sin embargo, la velocidad con que los mercados están adoptando estos instrumentos se ha frenado debido a la heterogeneidad de las inversiones verdes y la falta de información sistemática sobre las características o atributos que hacen “verdes” a las inversiones específicas que se financian a través de los nuevos instrumentos. La recopilación de esta información es un bien público que el mercado no ha solucionado.

Un proyecto que garantice la recuperación de la inversión mediante una garantía tiene mayor atractivo para los inversionistas y las instituciones financieras. En aquellos proyectos donde la garantía se establece sobre un bien que implica un cierto nivel de riesgo tecnológico, tanto la entidad financiera como la aseguradora van a requerir un mecanismo que permita evaluar la confiabilidad técnica de esa inversión. Si no se dispone de una herramienta y un protocolo confiable para dicha evaluación, no será posible lograr el cierre financiero apoyado en una garantía. Este es el caso de los proyectos donde un proveedor promete garantizar los ahorros o la generación de energía asociados a una solución tecnológica en una industria. El sistema financiero y los proveedores no disponen de un esquema estandarizado que les permita evaluar la confiabilidad de las propuestas de ahorro o generación para diferentes tecnologías, ni el seguimiento del desempeño de los proyectos. En consecuencia, las evaluaciones se hacen complejas y tienen altos costos de transacción.

La plataforma estándar que se describe a continuación busca llenar estos vacíos en el caso de inversiones en eficiencia energética (EE) y energías renovables (ER) con desempeño energético garantizado. La plataforma busca impulsar la modernización tecnológica promoviendo inversiones en tecnologías más eficientes donde se garanticen los ahorros o la generación de energía gracias a la combinación de contratos de desempeño, esquemas de validación y garantías financieras como mecanismo de mitigación de riesgos. En su conjunto, permite la estructuración, la evaluación y el seguimiento de proyectos.

La plataforma comprende una herramienta para estimar los ahorros o la energía del proyecto propuesto, listas de control para la validación y verificación del correcto desempeño y un formato para el monitoreo de resultados una vez implementado el proyecto. La plataforma se complementa con un sistema electrónico donde los actores de mercado pueden realizar el seguimiento del estado del proyecto. Está dirigida a entidades financieras, aseguradoras, proveedores, inversionistas, además de las entidades validadoras que actúan como peritos técnicos en la evaluación de proyectos. Los diferentes elementos de la plataforma se desarrollaron y probaron en el terreno con proveedores, varios bancos nacionales de desarrollo y varias entidades validadoras de América Latina.

La metodología para estimar ahorros se basa en el concepto de que al introducir equipos más eficientes en un proceso, se genera un ahorro de energía que puede cuantificarse a partir de la diferencia del índice del desempeño energético del equipo nuevo con la unidad o práctica antigua, tomando como base un consumo de energía al inicio del proyecto. Esto permite que los proveedores estén en mejores condiciones de hacer una promesa de ahorro que se base únicamente en una adecuada selección, instalación y mantenimiento de equipos. La metodología sigue los lineamientos técnicos de la familia de normas internacionales de la serie ISO 50000 aplicables a los sistemas de gestión de la energía.

# 1.

## **ESTIMACIÓN DE AHORROS ENERGÉTICOS O ENERGÍA GENERADA EN PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍA RENOVABLE**



# 1 ESTIMACIÓN DE AHORROS ENERGÉTICOS O ENERGÍA GENERADA EN PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍA RENOVABLE

El ahorro de energía que produce un proyecto de eficiencia energética en una instalación no puede medirse de forma directa ya que este representa la ausencia de consumo o de demanda de un determinado energético. La forma ideal de establecerlo consiste en medir la energía que se utiliza antes y después de la implementación del proyecto y en observar la diferencia durante un cierto período de tiempo (por ejemplo, un año). Para que los resultados sean correctos se requiere que las mediciones del antes y después se hagan en condiciones similares de operación, lo cual no siempre es posible, ya que generalmente en las industrias la variación en el consumo de energía depende de factores tales como producción, demanda, condiciones climáticas, etc. Esto implicaría disponer de auditorías energéticas y sistemas de medición continuos.

A nivel internacional, existen varios protocolos para la medición, el reporte y la verificación (MRV) de ahorros de energía; algunos de los más conocidos son el Protocolo Internacional de Medición de Desempeño y Verificación (IPMVP), desarrollado por la Efficiency Valuation Organization (EVO)<sup>1</sup>, y las normas ISO 50000 de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO).<sup>2</sup> El IPMVP introduce el concepto de línea base como referencia de comparación y ofrece opciones para proyectos con diferentes niveles de complejidad, ya sea para instalaciones completas o equipos individuales; el énfasis de la ISO son los sistemas de gestión de la energía. Los dos protocolos conforman guías donde el usuario define sus propias herramientas e indicadores para un proyecto determinado.

Uno de los aportes significativos de las normas ISO es la creación de indicadores estándar de desempeño energético que permiten evaluar qué tan eficiente es la transformación de energía en un sistema o equipo teniendo en cuenta la relación entre la energía consumida y el servicio útil producido o “uso final de la energía” que brinda el equipo o tecnología. Estos indicadores brindan la posibilidad de disponer de un procedimiento alternativo para estimar ahorros en proyectos de una sola tecnología o con una predominante, ya que solo se requiere evaluar la diferencia de desempeño energético de la tecnología existente respecto de la más eficiente a instalar –bajo condiciones controladas de operación– y multiplicarla por el “uso final de la energía”, durante un período de tiempo determinado. Para corroborar los resultados puede medirse el desempeño del equipo nuevo una vez que esté en operación y validar si el ahorro estimado corresponde a la realidad o si existen desviaciones. El hecho de disponer de indicadores permite a los desarrolladores de proyectos estandarizar la forma de presentar los ahorros energéticos y brinda a las entidades financieras una herramienta sencilla y uniforme de evaluación de proyectos.

<sup>1</sup> <https://evo-world.org/en/products-services-mainmenu-en/protocols/ipmvp>.

<sup>2</sup> <https://www.iso.org/iso-50001-energy-management.html>.

El enfoque de indicadores de eficiencia permite aislar los factores de producción y requiere únicamente mediciones puntuales de desempeño cada cierto tiempo. La principal limitación de esta metodología está en que el consumo de energía se basa en un escenario energético hipotético; por lo tanto, la cantidad de energía de línea base debe ser representativa del historial de operación de la industria donde se está implementando la mejora. En proyectos de generación de energía puede utilizarse un esquema similar de indicadores de desempeño. En este caso, la variable de interés no son los ahorros sino la generación, que en la mayoría de los casos es más fácil de medir que los ahorros de energía. El cálculo del ahorro o generación de energía efectivos de un proyecto requiere de las siguientes etapas:

- Establecer el consumo de energía que se utilizará como referencia (línea base).
- Establecer la mejora de desempeño propuesto o de generación de energía con el equipo nuevo.
- Estimar el ahorro o la generación esperados al instalar el equipo nuevo.
- Definir el sistema de monitoreo que se utilizará para verificar el desempeño o la generación del equipo nuevo.
- Verificar periódicamente los ahorros o la generación que se están logrando a partir de la medición del desempeño energético.

## 1.1. MEDIR EL CONSUMO DE ENERGÍA DE REFERENCIA

La información corresponde al consumo de energía dentro de los límites del proyecto durante un tiempo determinado, antes de ejecutar el proyecto propuesto. Para obtener este dato, el proveedor deberá identificar los energéticos (combustibles o electricidad) que se utilizan para operar la tecnología que estará sujeta a mejora o reemplazo en la instalación, y realizar mediciones de parámetros puntuales o auditorías energéticas. Algunas buenas prácticas antes de proceder con las mediciones son:

- Identificar los límites físicos del proyecto que serán sujeto de mejora en cuanto al consumo de energía. Estos no necesariamente coinciden con los límites físicos de las instalaciones donde estará el proyecto.
- Incluir todos los energéticos que se utilizan en los límites del proyecto.
- Establecer y cuantificar el servicio que presta el sistema o equipo que consume energía o el “uso final de la energía” (por ejemplo, m<sup>3</sup> de agua caliente por año, toneladas de refrigeración anual, etc.).
- Establecer un precio fijo de referencia de la energía que más adelante servirá para estimar las posibles compensaciones económicas por bajo desempeño. Se recomienda usar el precio de la energía en un período cercano al inicio del proyecto.
- En situaciones donde no se sustituye un equipo obsoleto o los datos de los existentes no son confiables, debería usarse como referencia la tecnología de uso común en el mercado en ese tipo de proyectos.

A su vez, al momento de realizar las mediciones el proveedor debe definir claramente las condiciones de operación de la tecnología existente que vaya a mejorarse o reemplazarse, teniendo en cuenta que para evaluar la tecnología propuesta deberá utilizar las mediciones similares; por lo tanto, los límites de operación, los parámetros a medir y los periodos en que se medirá deben establecerse expresamente bajo las siguientes directrices:

- Los límites deben permitir separar los equipos y áreas relevantes en la determinación de ahorros/generación de aquellos que no lo son.
- Las variables o parámetros clave se medirán durante la operación de la tecnología existente para establecer la cantidad de energía que consume al prestar el servicio. Estos parámetros deben poder mantenerse bajo “condiciones controladas” (es decir, en valores medios y/o típicos de operación, con cierto grado de tolerancia de variación).
- El periodo seleccionado debería abarcar un ciclo operativo completo de la empresa; a su vez, debería identificarse el periodo más representativo de consumo e incluir solamente periodos de tiempo para los cuales se conocen todas las condiciones determinantes para el consumo de energía de la instalación. También es recomendable utilizar el periodo de tiempo inmediatamente anterior a la implementación del proyecto, ya que un periodo muy lejano podría no reflejar correctamente las condiciones existentes. En el caso de tecnologías cuyos parámetros tengan poca variabilidad podría bastar con un solo periodo de medición, mientras que en el caso de aquellas que presenten variaciones importantes en el tiempo podrían necesitarse múltiples periodos.

## **1.2. ESTABLECER LA MEJORA DE DESEMPEÑO PROPUESTO O LA GENERACIÓN CON EL EQUIPO NUEVO**

### **1.2.1. Proyectos de desempeño energético**

En este tipo de proyectos establecer la mejora consiste en evaluar el porcentaje de reducción del consumo de energía en los límites del proyecto gracias a los cambios propuestos, lo que implicará contar con las especificaciones técnicas de los equipos a instalar.

El proceso se detalla a continuación: a partir de los datos de consumo energético del equipo existente y el “uso final de la energía”, se calcula el índice de desempeño energético de la tecnología existente (IDE base). A su vez, con los datos de eficiencia de los equipos a instalar se determina el consumo energético esperado una vez implementada la nueva tecnología así como su correspondiente índice de desempeño energético esperado (IDE esperado). Una vez que se obtienen estos dos índices, se establece el porcentaje de mejora del desempeño energético (PMDE).

1.

$$IDE_{base} = \frac{\text{Consumo energético base}}{\text{Uso final de la energía}}$$


---

2.

$$IDE_{esperado} = \frac{\text{Consumo energético esperado}}{\text{Uso final de la energía}}$$


---

3.

$$PMDE_{propuesto} = \left[ \frac{IDE_{base} - IDE_{estimado}}{IDE_{base}} \right] * 100$$

En el caso de medir el desempeño del equipo en más de un periodo, el IDE base del equipo será el promedio<sup>3</sup> de los IDE base calculados para cada periodo.

El “uso final de la energía” es el servicio útil producido por el equipo o tecnología que necesita el cliente para el funcionamiento de su actividad, ya sea de forma directa (por ejemplo, toneladas de producto congelado en cámaras frigoríficas) o indirecta, a fin de lograr las condiciones que le permitan producir sus bienes o servicios (por ejemplo, horas de iluminación). El cuadro 1 presenta los parámetros de uso común para el “uso final de la energía” en diferentes tecnologías.

---

<sup>3</sup> Solo en el caso de la tecnología de iluminación se suman los indicadores obtenidos para cada periodo en vez de promediarse.

**Cuadro 1. Parámetros de uso común para el “uso final de la energía”**

Tecnología		Uso final de la energía	Unidad
Desempeño energético	Caldera de agua	Agua caliente sanitaria	m <sup>3</sup>
	Iluminación	Hora-Luz	h
	Motor eléctrico	Energía mecánica entregada	hp-h
	Climatización	Energía térmica extraída	BTU
	Refrigeración	Energía térmica extraída	MBTU
	Sistema solar térmico	Agua caliente sanitaria	m <sup>3</sup>
	Horno/Secador	Masa de producto	kg
	Compresor de aire	Aire comprimido	l
	Cogeneración	Térmico: energía térmica cedida	kWht
	Cogeneración	Eléctrico: energía eléctrica	kWhe
	Mototaxis eléctricos	Distancia recorrida	km
Generación	Sistema fotovoltaico	Electricidad	kWhe
	Generación de biogás	Biogás	m <sup>3</sup>

Fuente: elaboración propia.

Para estimar cuál será el “uso final de la energía” anual el proveedor de tecnología debe determinar las horas efectivas de operación del equipo o tecnología en un año, teniendo en cuenta los siguientes factores, entre otros: i) días que opera el equipo; ii) controles de encendido y apagado; iii) variables que determinan el aumento o la disminución del servicio útil (por ejemplo, las horas en que un horno opera en modo de espera frente a las horas en que permanece encendido con un producto adentro), y iv) demandas estacionales del producto o servicio.

Dado que el “uso final de la energía” puede variar cada año debido a cambios en la producción, se recomienda que el proveedor de tecnología y su cliente acuerden una cifra fija anual del “uso final de la energía” para toda la vigencia del proyecto, ya que de esta forma se elimina el riesgo de la variación de la demanda y se facilita la determinación de la promesa de ahorro y del “ahorro energético garantizado” anual.

### 1.2.2. Proyectos de generación

En los proyectos de generación no se garantiza un ahorro sino la cantidad de energía que el sistema instalado generará anualmente. Esto implica que no es necesario calcular una mejora en el desempeño sino un índice de energía generada esperado. En estos casos, el consumo de energía de referencia sirve al proveedor para dimensionar las especificaciones mínimas de la solución a implementar, así como también para estimar el impacto en la disminución de emisiones y en términos financieros.

El índice de energía generada se obtiene, entonces, a partir de los datos de energía renovable que se generará o suministrará, definida por el proveedor con base en los datos de eficiencia de los equipos a instalar, el consumo de los equipos que hacen parte del nuevo proyecto (bombas, motores, etc.) y la cantidad de recurso renovable disponible en el lugar del proyecto (por ejemplo, radiación), recopilado de bases de datos confiables.

4.

$$IEG_{estimado} = \frac{\text{Energía renovable suministrada}}{\text{Recurso renovable}}$$

Los preceptos sobre mediciones antes mencionados también aplican en estos proyectos. En situaciones con más de un sistema generador de energía de igual tecnología, la “energía renovable suministrada” es la suma de la energía suministrada por cada sistema en cada periodo. Sin embargo, en estos casos, el “recurso renovable” corresponde al total disponible por periodo. En otras palabras, los sistemas instalados generarán su energía con base en iguales cantidades de “recurso renovable”. En el caso de estimar índices de energía generada (IEG) para varios periodos, el IEG del sistema (o grupo de sistemas de igual tecnología) será el promedio de los IEG de cada periodo.

## 1.3. ESTIMAR EL AHORRO O LA GENERACIÓN ESPERADOS AL INSTALAR EL EQUIPO NUEVO

Se refiere a establecer el ahorro o la generación que se espera lograr periódicamente (por ejemplo, cada año) durante el tiempo de vida del equipo. Se trata de la cantidad que se estará garantizando mediante un seguro o garantía. La práctica habitual es presentar el ahorro esperado anual para un lapso de 10 años o durante el tiempo de vigencia del seguro o garantía, que en teoría debería corresponder al tiempo de recuperación de la inversión. El ahorro estimado se calcula con los datos de las etapas 1 y 2, y puede ser constante o variar de un año a otro.

5.

$$\text{Ahorro energético}_{\text{garantizado anual}} = \left( IDE_{\text{base}} - IDE_{\text{esperado}} \right) \bullet \text{Uso final de la energía anual}$$

---

6.

$$\text{Energía generada}_{\text{garantizada anual}} = IEG_{\text{estimado}} \bullet \text{Recurso renovable anual}$$

En el caso particular de proyectos solares, se necesitará el dato de recurso renovable anual, que el proveedor deberá obtener de las mismas bases de datos utilizadas para calcular el índice de energía generada.

## 1.4. DEFINIR EL SISTEMA DE MONITOREO A INSTALAR PARA VERIFICAR EL DESEMPEÑO O LA GENERACIÓN DEL EQUIPO NUEVO

Se trata de establecer los parámetros que se medirán una vez que el proyecto entre en operación, a fin de realizar el seguimiento del desempeño o la generación de los equipos instalados. El proveedor del proyecto debe definir la instrumentación requerida y la frecuencia de las mediciones. Como buena práctica, se recomienda el uso de parámetros fáciles de medir y equipos de medición de larga duración que brinden resultados de buena calidad, ya que estos serán clave en las verificaciones anuales.

En el caso de proyectos de desempeño energético, el proveedor deberá como mínimo medir el consumo de energía y el “uso final de la energía” dentro de los límites del proyecto. Si este último no pudiera medirse directamente, se deberán definir y medir otros parámetros, denominados “variables”, que permitan determinarlo indirectamente. Algunos ejemplos son el voltaje y la corriente en proyectos de motores o el flujo y la entalpía del aire en proyectos de climatización.

Para el caso de proyectos de generación, deberá asegurarse la medición de “Energía Renovable Suministrada” y el “Recurso Renovable”, y, de ser necesario, la energía consumida para el funcionamiento del sistema (por ejemplo, en el caso de biodigestores).

El cuadro 2 presenta referencias a fuentes relevantes que pueden utilizarse como guía en la definición de los parámetros e instrumentos de medición de los proyectos.

**Cuadro 2. Referencias orientativas sobre parámetros relevantes por tecnología o tipo de industria e instrumentos de medición**

Tecnología	Actividad económica a la que aplica	Documento
Motores eléctricos	Todas las que utilicen motores en sus procesos	Motores eléctricos
Motores eléctricos	Operadores de agua potable	Guía para realizar diagnósticos energéticos y evaluar medidas de ahorro en equipos de bombeo de agua de organismos operadores de agua potable
Motores eléctricos	Circuitos hidráulicos	Medidas de Ahorro Energético en los Circuitos Hidráulicos
Climatización	Todas las que requieren climatización	Guía técnica sobre procedimientos para la determinación del rendimiento energético de plantas enfriadoras de agua y equipos autónomos de tratamiento de aire
Climatización	Todas las que requieren climatización	Guía técnica de instalaciones de climatización con equipos autónomos
Tecnologías más relevantes por sector económico que incluyen parámetros a medir	Agroindustria	Guía Metodológica de Auditoría Energética para la Agroindustria
	Transporte	Guía Metodológica de Auditoría Energética para Transporte
	Minería	Guía Metodológica de Auditoría Energética para Minería
	Pesca	Guía Metodológica de Auditoría Energética para Pesca
	Producción de cementos	Guía Metodológica de Auditoría Energética para Cementos
	Producción de papel	Guía Metodológica de Auditoría Energética para Celulosa y Papel
	Eficiencia energética en edificaciones	Guía Metodológica de Auditoría Energética para Edificación
	Producción de alimentos	Guía Metodológica de Auditoría Energética para Alimentos

Fuente: elaboración propia.

## 1.5. VERIFICAR PERIÓDICAMENTE LOS AHORROS O LA GENERACIÓN DE ENERGÍA

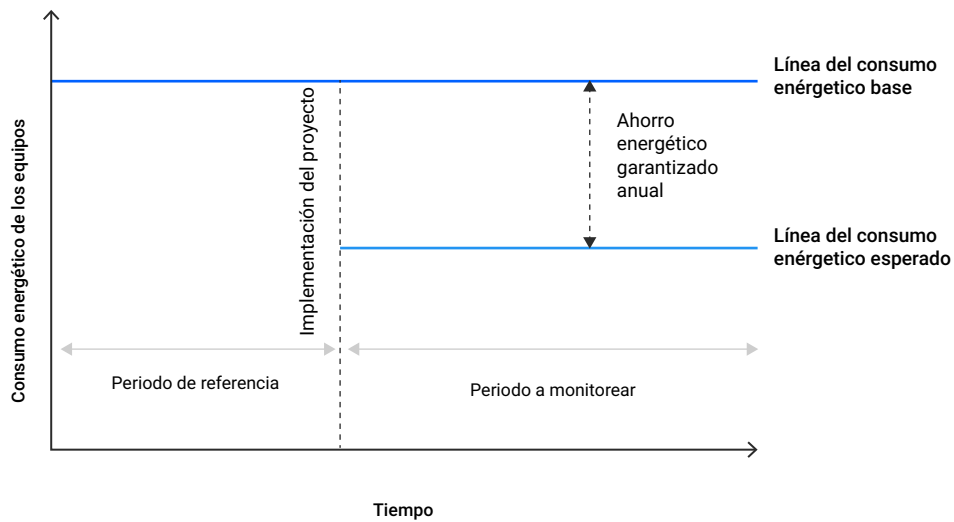
Consiste en realizar mediciones periódicas (lo ideal sería cada año) de los parámetros mencionados en el apartado anterior y establecer el ahorro o la generación real que ha generado el proyecto, mediante un procedimiento similar al descrito en el apartado “Estimar el ahorro o la generación esperados al instalar el equipo nuevo”, pero con datos reales de operación. Asimismo, se estiman las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas gracias al proyecto, para lo que se necesita contar con los factores de emisión de los energéticos asociados al proyecto.

En caso de proyectos donde se garantizan los ahorros o la generación mediante una garantía es común que haya una validación de la propuesta de proyecto y una verificación de la instalación y desempeño efectivos del proyecto. Si los ahorros o la generación están por debajo de lo esperado, se establece un monto de compensación, que se basa en la diferencia observada y el precio de la energía de referencia acordado entre proveedor y cliente.

En resumen, una alternativa para evaluar ahorros en proyectos donde se instala una sola tecnología o hay una predominante consiste en comparar su desempeño con el de la tecnología existente o de uso común. El ahorro que se espera lograr al instalar el equipo más eficiente (ahorro estimado) se obtiene como el producto entre el “uso final de la energía” –durante un periodo de tiempo determinado– y la diferencia en desempeño energético de la tecnología existente con la tecnología más eficiente que se instalará. El ahorro real es el que se logra una vez que se mide el desempeño en operación. En proyectos con seguro de ahorro de energía o garantías, el proveedor de tecnología garantiza el ahorro estimado mediante una póliza de seguro de ahorros de energía o una garantía, luego este se convierte en un ahorro energético garantizado, o en energía garantizada en caso de proyectos de generación.

El diseño de la solución está siempre bajo control y responsabilidad del proveedor. En consecuencia, a fin de absorber variaciones que puedan producirse en la práctica respecto de la teoría, por causas relacionadas con la operación o la pérdida de eficiencia, el proveedor puede considerar los factores o márgenes de seguridad que considere convenientes para definir los ahorros o la generación anual garantizada. Sin embargo, esto debe hacerse de manera equilibrada, ya que tendrá un efecto sobre el periodo de recuperación de la inversión y por ende del tiempo que debe ofrecer el seguro a garantía (gráfico 1).

**Gráfico 1. Esquema de ahorro energético garantizado anual considerando igual cantidad de “uso final de la energía” anual**



Fuente: elaboración propia.

# 2.

## PLATAFORMA PARA LA ESTRUCTURACIÓN, LA EVALUACIÓN Y EL SEGUIMIENTO DE PROYECTOS



## 2 PLATAFORMA PARA LA ESTRUCTURACIÓN, LA EVALUACIÓN Y EL SEGUIMIENTO DE PROYECTOS

La plataforma desarrollada por el BID busca impulsar la modernización tecnológica promoviendo inversiones en tecnologías más eficientes mediante mecanismos de mitigación de riesgos en proyectos que garanticen los ahorros o la generación de energía, tales como contratos de desempeño, esquemas de validación y/o seguros o garantías financieras. A continuación se describen los principales elementos y relaciones en estos proyectos:

- Existe un contrato proveedor-cliente, donde el proveedor es una empresa dedicada a la comercialización, el suministro y el mantenimiento de equipos, y el cliente, la empresa interesada en adquirirlos y obtener un ahorro o generar cierta cantidad de energía. El cliente contrata al proveedor para desarrollar la ingeniería necesaria, suministrar equipos y materiales para la construcción y realizar la instalación y el mantenimiento periódico. Entre las partes se acuerda un Ahorro o Generación Mínimo Garantizado (AGMG).
- Al comienzo del proyecto, el proveedor debe presentar la información técnica en un formato preestablecido y enviarlo a una entidad validadora, que deberá indicar si el proyecto tiene el potencial de alcanzar los ahorros prometidos (validación). Si más adelante se aprueba el proyecto, la entidad validadora deberá verificar *in situ* que haya sido entregado según las especificaciones validadas inicialmente. Por otra parte, esta entidad actúa como árbitro en caso de desacuerdo entre cliente-proveedor en torno al desempeño del proyecto durante un cierto periodo.
- El seguro es un instrumento de cobertura –adquirido por el proveedor en beneficio del cliente– que le garantiza los ahorros o la generación de energía prometidos durante la vigencia del contrato. En caso de que el proyecto no logre los ahorros prometidos, el seguro compensará económicamente al cliente. El seguro es comprado y pagado a la compañía de seguros por el proveedor en beneficio del cliente, y se activa una vez validado el inicio de operaciones del proyecto. Se convierte en una garantía de cumplimiento del contrato que emite el proveedor en cuanto al desempeño del proyecto.
- Si el cliente necesita apoyo financiero para ejecutar el proyecto, solicita crédito a una entidad financiera, que principalmente evalúa su capacidad crediticia y define las garantías necesarias para el otorgamiento del crédito solicitado. El compromiso de AGMG y los seguros reducen riesgos y el banco podría beneficiar la evaluación de riesgo crediticio del proyecto.

Los detalles de los contratos de desempeño y seguros o garantías financieras están fuera del alcance de este documento, por lo que este capítulo se centra en la descripción del protocolo y las herramientas desarrolladas por el BID para la estructuración, la evaluación y el seguimiento de proyectos de inversión en eficiencia energética y generación distribuida con desempeño energético garantizado. Las bases conceptuales son las que se presentan en el capítulo 1.

## 2.1. PROTOCOLO

El protocolo de estructuración, evaluación y seguimiento de proyectos de inversión en eficiencia energética y generación distribuida con desempeño energético garantizado comprende tres etapas (gráfico 2):

- **Validación del proyecto:** el proveedor presenta el proyecto en un formato preestablecido (véase el anexo 6) a una entidad validadora, indicando el compromiso de ahorro anual. Esta entidad deberá indicar si el proyecto tiene el potencial de alcanzar los ahorros o la generación prometida. La validación sirve a la entidad bancaria y a la aseguradora para evaluar los riesgos técnicos del proyecto que va a financiarse/asegurarse.
- **Verificación de puesta en marcha del proyecto:** si el proyecto recibe un concepto de validación positiva, el proveedor procede con la instalación. Una vez que esta termine, el proveedor o su cliente solicitará a la entidad validadora verificar *in situ* que el proyecto se haya entregado según las especificaciones. Una vez aprobada la verificación, comienza la vigencia del seguro.
- **Monitoreo del proyecto y verificación de resultados:** cada año el proveedor realiza mediciones del desempeño del proyecto utilizando procedimientos y formatos predefinidos. Si hay un déficit en un año determinado, el proveedor debería compensar al cliente. Si en un periodo se alcanza o supera el ahorro prometido, entonces el proveedor cumple. Una cantidad de ahorros o de generación de energía superior a la garantizada no podrá utilizarse para compensar años anteriores o posteriores. La entidad validadora actúa como árbitro en caso de desacuerdo entre cliente y proveedor en torno a los ahorros o la generación del proyecto en algún periodo determinado, y sus decisiones son vinculantes para las partes. Cada año se evaluará de forma independiente.

**Gráfico 2. Protocolo para la estructuración, la evaluación y el seguimiento de proyectos de ahorros energéticos o energía generada**



Fuente: elaboración propia.  
Nota: PST= Proveedor de solución tecnológica; EV= Entidad validadora.

El resumen de los criterios de validación y verificación de proyectos, así como el formato de registro de datos y monitoreo del desempeño de los proyectos se presentan en el anexo 5. Estos insumos pueden ser utilizados tanto por el proveedor como por la entidad validadora. Para que resulte más fácil, se recomienda verlos en paralelo con la herramienta que se describe en la siguiente sección.

## 2.2. HERRAMIENTA

La herramienta para estimar los ahorros o la energía que genere un proyecto sigue la lógica de establecer primero una línea base y a partir de ahí determinar el impacto de la nueva tecnología a través de las mejoras en los índices de desempeño o de generación. Para efectos prácticos, se sintetizó en dos plantillas: una general (descriptiva), que aplica a todos los proyectos y otra específica, por tecnología (técnica). Así, la herramienta para estimar los ahorros o la energía que genere un proyecto (véase el anexo 6) consta de una hoja descriptiva, con información general aplicable a todos los proyectos, y una hoja técnica, para cada tecnología. En total son 24 formatos disponibles para 12 tecnologías: 12 de sustitución y 12 de proyectos nuevos.

Los formatos Excel cuentan con rutinas preestablecidas para el cálculo automático de indicadores, ahorros o generación por tecnología y verificación de datos. Es decir, no se trata solo de una planilla de registro de datos sino de un software que guía al proveedor para que elabore su propuesta de promesa de ahorros. No obstante, los datos de diseño y los parámetros de monitoreo serán siempre responsabilidad del proveedor, quien deberá establecer los parámetros que deben medirse y monitorearse para estimar los ahorros o la generación y verificar por sí mismo el desempeño del proyecto.

La herramienta ha sido probada con proveedores de tecnología, entidades validadoras e inversionistas en proyectos reales, tanto de generación como de eficiencia energética. Los formularios han sido elaborados de forma tal que la información se registre en un orden lógico, y presentan cuadros explicativos de cada sección de información que habrá de completarse.

Como se indicó, en cada tecnología se tienen dos opciones de proyectos nuevos y de sustitución. Los nuevos son aquellos donde no existía una tecnología similar en la instalación; los de sustitución, aquellos donde se reemplaza un equipo obsoleto. El cuadro 3 detalla las tecnologías y el nombre abreviado en las hojas del formulario Excel. En la siguiente sección se detallan las hojas descriptiva y técnica.

**Cuadro 3. Tecnologías y nombre abreviado en las hojas de formato Excel**

Clasificación	Tecnología	Abreviación en hoja técnica para "Sustitución de tecnología"	Abreviación en hoja técnica para "Nueva tecnología"
Desempeño energético	Calderas	CAL-S	CAL-N
	Iluminación	IL-S	IL-N
	Motores	MT-S	MT-N
	Climatización	HVAC-S	HVAC-N
	Refrigeración	Refrg-S	Refrg-N
	Hornos-Secadores	Horno-S	Horno-N
	Compresores de aire	AireComp-S	AireComp-N
	Flotas de mototaxis	TaxiE-S	TaxiE-N
	Sistema solar térmico	SST-S	SST-N
	Generación por combustión	CHP-S	CHP-N
Generación de energía	Generación solar fotovoltaica	PV-S	PV-N
	Generación de biogás	BGas-S	BGas-N

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.1. Hoja descriptiva

En esta hoja el proveedor presenta detalles generales del cliente, del proveedor, del proyecto y de la gestión de residuos. La hoja descriptiva incluye los requisitos de soporte documental que el proveedor debe enviar a una entidad independiente para la validación y verificación del proyecto en el momento que decida proceder con estas etapas. Está conformada por cuatro secciones:

## 1) Información general del proyecto:

- Identificación y datos de contacto del representante legal del cliente, además de un contacto adicional del cliente que esté en conocimiento del proyecto que propone el proveedor.
- Identificación y datos de contacto del representante legal del proveedor.
- Tipo de proyecto y tecnología que propone el proveedor. También se solicita ingresar las coordenadas GPS de ubicación del proyecto, esto es particularmente importante para clientes con grandes instalaciones o proyectos en los que la ubicación sea importante para el cálculo del “ahorro energético garantizado” o la “energía generada garantizada”. En proyectos atomizados como la instalación de luminarias, se podrán registrar las coordenadas principales del cliente.
- Breve descripción sobre cómo está operando el cliente en la actualidad y cómo operará una vez implementado el proyecto.

## 2) Información financiera del proyecto

En esta sección deben presentarse de forma resumida los costos totales del proyecto separados en costos de capital (Capital Expenditures–CAPEX) y de operación (Operating Expenditures–OPEX). Los costos de capital incluyen costos por la compra de activos fijos, tales como la tecnología, y los costos relacionados con el diseño y la instalación, tales como costos de factibilidad, ingeniería, transporte, etc. Los costos de operación dan cuenta de los costos anuales asociados a la operación de la tecnología incluidos aspectos como la operación, el mantenimiento y el monitoreo de parámetros.

Al final de esta sección se presenta un resumen de los ahorros energéticos o energía generada por el proyecto, su equivalente financiero y las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas. Esta información se calcula desde las hojas técnicas y se visualiza luego de completar la información solicitada en la respectiva hoja técnica de la tecnología propuesta.

## 3) Gestión de residuos

Hace referencia a los equipos principales que serán reemplazados (si aplica) y el tratamiento que se les dará. Incluye también la identificación de los tipos de residuos que generará la instalación, cuáles deberán tratarse y el tratamiento específico que recibirán, teniendo en cuenta el cumplimiento con toda la legislación aplicable a la gestión de residuos.

## 4) Documentos de soporte técnico

Detalla la lista de los documentos que el proveedor deberá adjuntar para que la entidad validadora pueda evaluar el proyecto. Los documentos incluyen planos, diagramas, catálogos y otros que dan soporte a las cifras y al sistema que se presentan en el formulario de validación. La lista detallada se presenta en la sección 4 de la Hoja descriptiva.

La entidad validadora podrá solicitar información adicional, por ejemplo certificaciones de los equipos propuestos o de la gestión adecuada de los residuos al momento de la verificación del proyecto, u otros documentos relevantes que estime conveniente.

### 2.2.2. Hoja técnica

En esta hoja el proveedor presenta la información técnica del proyecto según su tecnología y las mediciones que le permitirán determinar y verificar los “ahorros energéticos garantizados” o la “energía generada garantizada”, según el caso. La hoja técnica está disponible para proyectos de sustitución y para proyectos nuevos. El proveedor debe seleccionar solo una opción.

Sustitución: en proyectos de desempeño energético se refiere a los proyectos que tienen como objetivo sustituir un equipo ya existente en las instalaciones del cliente, el cual presenta un desempeño energético inferior al equipo propuesto por el proveedor. En proyectos de generación se refiere a los proyectos que cubrirán total o parcialmente la demanda de energía actual del cliente, obtenida por otro sistema de generación o a través de un sistema de distribución de energía.

Nuevos: en proyectos de desempeño corresponde a un proyecto que incorpora un equipo que ofrece un “uso final de la energía”, que en ese momento el cliente no está requiriendo; por lo tanto, el proveedor debe plantear su “línea de consumo energético base” tomando en cuenta un “equipo de referencia” que el cliente hubiese instalado en ausencia de la propuesta del proveedor, y que corresponde a un equipo con un desempeño energético estándar dentro de la industria. En proyectos de generación, corresponde a un proyecto en el cual el cliente en ese momento no está requiriendo la energía que será generada por el proyecto; por lo tanto, el proveedor debe plantear un sistema de generación (o distribución) estándar en la industria que el cliente hubiese instalado o adquirido para suplir esta futura demanda si no hubiese optado por el proyecto propuesto por el proveedor.

El cuadro 4 muestra la estructura y el orden en que debe completarse la información de la hoja técnica, tanto para proyectos de desempeño energético como de generación de energía. En las secciones siguientes se presentan los detalles específicos de esta hoja para cada tipo de proyecto.

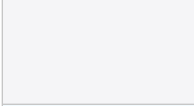

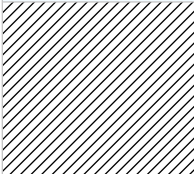
**Cuadro 4. Esquema de orden lógico para completar la hoja técnica del proyecto**

	Eficiencia energética	Generación de energía
1. Información técnica del proyecto	Información de los equipos propuestos para el proyecto	
	Relación de los equipos existentes (o de referencia) en el sitio	Suministro actual (o de referencia) de energía del cliente
	Información de los energéticos asociados al proyecto	
2. Sistema de monitoreo	Declaración de la racionalidad para la medición del proyecto	
	Declaración de los parámetros asociados al proyecto	
3. Construcción de indicadores	Definición de los periodos de medición	
	Medición de parámetros	
	Indicadores base	
	Estimación del consumo energético	Suministro energético esperado del sistema
	Indicadores estimados	Indicador de energía generada
	Porcentaje de mejora del desempeño energético propuesto	
4. Energía garantizada	Ahorros energéticos garantizados	Energía generada garantizada
5. Beneficios ambientales	Beneficios ambientales	

Fuente: elaboración propia.

Las celdas de la herramienta para estimar ahorros energéticos o energía generada incluyen una simbología cuyo significado se detalla en el cuadro 5.

**Cuadro 5. Simbología de las celdas de las hojas de formulación de proyectos**

Simbología de la celda	Significado
	Celdas grises: corresponden a celdas donde se registra información de forma manual.
	Celdas celestes: corresponden a celdas que se calculan automáticamente según la información registrada en las celdas de color gris.
	Celdas tachadas: corresponden a celdas que se liberan cuando se selecciona alguna opción en una lista desplegable de una celda gris anterior que implique la necesidad de otorgar información adicional.

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.3. Proyectos de eficiencia energética

#### Información técnica del proyecto

En esta sección el proveedor deberá describir el proyecto de manera técnica y conceptual, a saber:

- Las características de los equipos que serán instalados y, en el caso de algunas tecnologías, los equipos auxiliares u otras medidas de eficiencia energética que serán implementadas junto con la tecnología principal propuesta.
- Las características de la tecnología que será instalada. Existen dos casos bajo los que se describe la tecnología que va a reemplazarse: i) para proyectos de sustitución, y ii) para proyectos nuevos.
- Información de los energéticos asociados al proyecto: los energéticos se registran en dos subsecciones. La primera corresponde a "Energéticos utilizados actualmente". La segunda corresponde a los energéticos que se utilizarán con el equipo nuevo ("Energéticos utilizados en la condición propuesta"). En el caso de "proyectos nuevos", la primera sección corresponde a "energéticos de referencia" que usaría la "tecnología de referencia" escogida por el proveedor. Es posible detallar información de hasta tres energéticos por sección (si el energético actual y el propuesto fuesen el mismo, deberán registrarse en ambas secciones).

Todo lo solicitado en esta sección debe completarse, pues se trata de información de entrada para cálculos posteriores. Debe tenerse en cuenta que los datos de precio y el poder calorífico del energético deben estar indicados en las mismas unidades en que se mide el energético. A su vez, debe indicarse el factor de emisión correspondiente para cada energético. A manera de referencia, el anexo 2 incluye valores que pueden utilizarse por defecto.

## Sistema de monitoreo

En esta sección, el proveedor deberá explicar de forma conceptual por qué el sistema de monitoreo propuesto es adecuado para determinar el desempeño energético o la generación de energía del proyecto, y justificar por qué su sistema de medición está en la ubicación correcta para registrar los datos necesarios. Asimismo, deberá definir y describir todos los parámetros relevantes que van a medirse para determinar el desempeño energético tanto del equipo existente como del propuesto.

El formato Excel permite registrar hasta 10 parámetros (P1 a P10), los cuales se han dividido en cinco categorías:

- 1. Uso final de la energía:** parámetro que sirve para caracterizar de manera directa el servicio útil producido por el equipo que consume energía.
- 2. Variable:** parámetro que sirve para caracterizar indirectamente el “uso final de la energía” o la “energía renovable suministrada” en un proyecto.
- 3. Condición controlada:** todo parámetro que tiene influencia sobre el desempeño energético del sistema y que es necesario mantener en un valor constante o con una fluctuación acotada a fin de obtener mediciones representativas.
- 4. Consumo actual:** parámetro que sirve para caracterizar el consumo de cada uno de los energéticos que usa el sistema o equipo existente.
- 5. Consumo propuesto:** parámetro que sirve para caracterizar el consumo esperado de cada uno de los diferentes energéticos que utilizará la solución tecnológica que va a instalarse.

Por su parte, el parámetro “Consumo de referencia” solo aparece en proyectos nuevos y sirve para caracterizar el consumo de cada uno de los energéticos que usa el sistema o equipo de referencia seleccionado.

El proveedor es libre de determinar el número y el tipo de parámetros que considere necesarios, teniendo en cuenta que para cada uno debe definir lo siguiente:

- Nombre descriptivo; en algunos casos, la herramienta ofrece nombres predefinidos, si aplica.
- Unidad en la que se hará la medición de ese parámetro.
- Frecuencia de la medición con la que se obtendrán registros de medición de ese parámetro, pudiendo corresponder a:
  - **Estimado desde variable:** aplica solo para el parámetro “uso final de la energía” cuando este se obtiene mediante la medición de variables.
  - **Instantáneo:** mediciones que se hacen en el momento, sin una frecuencia predeterminada.

- **Menor a horario:** mediciones que se hacen con frecuencia menor a una hora.
- **Horario:** mediciones que se hacen cada hora, pudiendo ser una o más horas.
- **Diaria:** mediciones que se hacen todos los días, una vez al día.
- **Semanal:** mediciones que se hacen todas las semanas, una vez a la semana.
- **Mensual:** mediciones que se hacen una vez al mes.
- **Mayor a mensual:** mediciones que se hacen con una frecuencia mayor a la mensual.
- **Base de datos:** mediciones de parámetros que son tomadas desde bases de datos públicas de libre acceso, las cuales registran mediciones con una frecuencia necesaria y suficiente para el proyecto.

En caso de que un parámetro se declare como “condición controlada”, deberán registrarse los siguientes datos:

- **Valor deseado de la condición controlada:** corresponde a la cifra o valor, en las unidades declaradas, a los que se desea mantener estable el parámetro.
- **Porcentaje de tolerancia y variabilidad de la condición controlada:** se refiere al porcentaje de tolerancia en que se permite variar el valor de la condición controlada para considerarlo un valor controlado aceptable.

Una vez declarados todos los parámetros que se medirán y sus condiciones de medición, es necesario presentar los detalles del sistema de medición de cada parámetro, que incluyen:

- **Tipo de medidor o [Nombre de la base de datos]:** tipo de medidor que va a utilizarse o nombre de la base de datos, según corresponda.
- **Marca o [Fuente de la base de datos]:** marca del medidor o fuente de la base de datos usada.
- **Modelo u [Otros detalles de la base de datos]:** modelo del medidor u otros detalles de la base de datos.
- **Id o No. de serie:** número de serie del medidor.
- **Porcentaje de error del equipo de medición:** porcentaje de error de las mediciones tomado de la ficha técnica del medidor.

### **Construcción de indicadores**

En esta sección se desarrollan los pasos para determinar los indicadores de desempeño base y esperado y el porcentaje de mejora del desempeño energético (PMDE). Algunos datos los registra el proveedor y otros se generan automáticamente. La secuencia es la siguiente:

**Definición de los periodos de medición:** aquí el proveedor define cuántas veces hará mediciones al equipo existente y la duración de cada una. Cada medición se conoce como un “periodo de medición”. Su duración deberá ser lo suficientemente larga como para registrar fluctuaciones naturales de parámetros que afecten el consumo energético, teniendo en cuenta que ciertos parámetros se mantienen en valores controlados a fin de tener mediciones reproducibles.

Se deberán medir tantos periodos como el proveedor estime pertinente según la tecnología que está midiendo. En términos generales, mientras más compleja sea la tecnología y más parámetros deban registrarse, será conveniente tener más periodos de medición. Para definir los “periodos de medición” en el caso de los equipos de referencia, se sigue la misma lógica descrita para los equipos existentes, ya que los periodos de medición se usan posteriormente en la verificación de ahorros.

En el caso de los proyectos de iluminación, se hace una excepción a este procedimiento: cada periodo de medición corresponderá a un único circuito o grupo de luminarias que esté siendo medido, luego solo deberá registrarse la medición de un mismo circuito o grupo de luminarias como un único periodo de medición.

**Medición de parámetros:** con la información diligenciada en la sección de sistema de monitoreo, la planilla Excel diligencia automáticamente los títulos de las columnas de la tabla de medición de parámetros; allí, el proveedor deberá registrar los resultados de la medición de cada parámetro por periodo. La duración de la medición será igual al tiempo definido para cada periodo. En el caso de declarar “condiciones controladas”, el proveedor deberá asegurar que el rango de medición para cada una se mantenga dentro de los rangos establecidos por el proveedor, de lo contrario la medición deberá considerarse inválida.

**Indicador de desempeño base:** a partir de los datos de consumo energético del equipo existente y el “uso final de la energía” ingresados, la herramienta calcula el índice de desempeño de la tecnología existente (IDE base) automáticamente. Para las diferentes tecnologías, el valor que se presenta corresponde al promedio de los indicadores calculados para cada periodo de medición. La excepción es la tecnología de iluminación, donde la cifra corresponde a la suma de los indicadores calculados para cada periodo.

**Estimación del consumo energético:** el proveedor deberá registrar en la tabla cuál será el consumo de cada uno de los energéticos que utilizará la solución tecnológica que va a instalarse, con el que entregará la misma cantidad de “uso final de la energía” durante cada uno de los periodos de medición previstos.

**Indicador de desempeño estimado:** la herramienta calcula el índice de desempeño de la nueva tecnología propuesta (IDE esperado) automáticamente. Corresponde al promedio de los indicadores calculados para cada periodo de medición, con excepción de la tecnología de iluminación que corresponde a la suma de los indicadores calculados para cada periodo.

**Porcentaje de mejora del desempeño energético (PMDE) propuesto:** a partir del IDE base y el IDE esperado, la herramienta genera el PMDE del proyecto automáticamente.

## Ahorros energéticos garantizados

En esta sección se establece la promesa de ahorro de energía que el proveedor de tecnología le hace al cliente. Esta promesa se define tanto en términos energéticos como monetarios. El proveedor solo debe indicar la cantidad de “uso final de la energía” que ha acordado con el cliente para cada año de operación del proyecto, y la herramienta genera automáticamente los valores anuales de ahorro utilizando los datos de base de los precios de los energéticos y de los índices de desempeño registrados previamente en las secciones 1 y 3 del formato, respectivamente. El dato de “uso final de la energía” puede registrarse hasta por 10 años, y puede variar año a año. Es muy importante que el proveedor acuerde esta cifra con el cliente –basándose en datos históricos y conocimientos sobre cómo el cliente utiliza el servicio provisto por la tecnología–, ya que la cifra es la base para posibles compensaciones en caso de bajo desempeño de la tecnología.

El ahorro en términos energéticos se calcula con el procedimiento indicado en la sección 1.3. El ahorro en unidades monetarias se calcula tal como se ilustra en el cuadro 6.

El ahorro en términos monetarios lo genera la herramienta con base en los precios de los energéticos que se registran en la sección 1 de la hoja técnica del formato Excel. El compromiso de ahorro con el cliente se establece en el contrato de desempeño en unidades energéticas. A partir de la información registrada sobre los precios de los energéticos, la herramienta genera automáticamente el precio unitario de la energía que deben utilizar proveedor y cliente para definir el precio base de la energía que se utilizará en el contrato de desempeño para calcular posibles compensaciones económicas por bajo desempeño del proyecto.

**Cuadro 6. Fórmulas para la determinación de los gastos financieros evitados, por tipo de proyecto**

Tipo de proyecto	Nombre del indicador	Fórmula del indicador por tipo de proyecto	Fórmula “Gastos financieros evitados” anuales por tipo de proyecto
Eficiencia energética	“Índice de desempeño financiero” (IDF)	$IDF_{base} = \frac{\text{Gasto monetario base en energéticos}}{\text{Uso final de la energía}}$	$(IDF_{base} - IDF_{esperado}) \cdot \text{Uso final de la energía anual}$
		$IDF_{esperado} = \frac{\text{Gasto monetario esperado en energéticos}}{\text{Uso final de la energía}}$	
Generación de energía	“Índice de gastos evitados” (IGE)	$IGE = \frac{\text{Gastos evitados en energéticos actualmente usados}}{\text{Recurso renovable}}$	$IGE \cdot \text{Recurso renovable anual}$

Fuente: elaboración propia.

## Beneficios ambientales

Corresponden a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que se estima que generará el proyecto. Estos resultados son de carácter informativo y de interés principalmente para el cliente y la entidad financiera. No implica ningún tipo de compromiso para el proveedor.

La herramienta calcula automáticamente las toneladas anuales de CO<sub>2</sub> evitadas a partir de los datos de factores de emisión y el “uso final de la energía” anuales, previamente registrados en las secciones 1 y 4, respectivamente, de la hoja técnica del formato Excel, utilizando las fórmulas indicadas en la cuadro 7. Al igual que los indicadores de desempeño energético, estos indicadores se determinan para cada periodo de medición y luego se promedian para obtener el indicador final del equipo o la tecnología.

**Cuadro 7. Fórmulas para la determinación de los gases de efecto invernadero evitados, por tipo de proyecto**

Tipo de proyecto	Nombre del indicador	Fórmula del indicador por tipo de proyecto	Fórmula “Gases de efecto invernadero evitados” anuales por tipo de proyecto
Eficiencia energética	“Índice de desempeño ambiental” (IDA)	$IDA_{base} = \frac{\text{Emisiones base generadas}}{\text{Uso final de la energía}}$	$(IDA_{base} - IDA_{esperado}) \cdot \text{Uso final de la energía anual}$
		$IDA_{esperado} = \frac{\text{Emisiones esperadas generadas}}{\text{Uso final de la energía}}$	
Generación de energía	“Índice de emisiones evitadas” (IEE)	$IEE = \frac{\text{Emisiones GEI evitadas por energéticos actualmente usados}}{\text{Recurso renovable}}$	$IEE \cdot \text{Recurso renovable anual}$

Fuente: elaboración propia.

Las fórmulas de los indicadores que se presentan en los cuadros 5 y 6 son las versiones simplificadas. Cuando un proyecto implica el uso de más de un energético, es necesario expandir cada fórmula para abarcar todos los energéticos asociados al proyecto. En el anexo 4 se presentan las versiones expandidas, que son las que utiliza la herramienta.

#### 2.2.4. Proyectos de generación de energía

La hoja técnica para los proyectos de generación de energía sigue la misma estructura y conceptos de la de proyectos de desempeño energético (véase el gráfico 4). En consecuencia, en proyectos de generación aplican las mismas directrices mencionadas en las secciones anteriores, salvo algunas especificidades que se describen a continuación.

##### Información técnica del proyecto

En la sección sobre suministro de energía actual del cliente, el proveedor debe indicar el tipo de tecnología o sistema de distribución que abastece al cliente, la energía que usa en la instalación, y qué porcentaje de la demanda es cubierto por cada una de ellas. Se refiere a las fuentes que se busca reemplazar con el sistema que va a instalarse o al suministro de referencia en caso de proyectos nuevos. En estos casos el proveedor deberá fundamentar qué sistema de generación o distribución usaría el cliente para satisfacer la demanda de energía en ausencia del proyecto propuesto.

Los energéticos asociados al proyecto corresponden a los energéticos que utiliza el cliente para abastecer sus sistemas de generación en caso de que genere su propia energía, o a la energía que recibe de sistemas de distribución.

### **Sistema de monitoreo**

En esta sección, al igual que en el caso de los proyectos de desempeño energético, el proveedor deberá definir y describir todos los parámetros relevantes que van a medirse para poder determinar el indicador de desempeño del proyecto propuesto en términos de energía generada.

El parámetro “consumo propuesto” para proyectos de generación hace referencia a la energía consumida por el sistema de generación para su funcionamiento. Esta consideración es válida solo para la generación con biogás, donde en el reactor se usan agitadores, bombas y estabilizadores de temperatura. Este “consumo propuesto” será descontado automáticamente de la generación de energía, para así dar cuenta de la generación de energía neta.

El formato Excel permite registrar hasta 10 parámetros (P1 a P10), los cuales incluyen las cinco categorías mencionadas en la sección 3.2.3B (“uso final de la energía”, variable, condición controlada, consumo actual y consumo propuesto) y dos específicas para proyectos de generación de energía: i) energía renovable suministrada, que se refiere a la cantidad de energía suministrada por un sistema de generación de energía que utiliza un recurso renovable, y ii) recurso renovable, que se refiere a la cantidad de recurso natural que está a disposición del cliente para producir energía.

### **Construcción de indicadores**

En esta sección se describen los pasos para determinar el indicador de energía generada (IEG). Algunos datos los registra el proveedor y otros se generan automáticamente. La secuencia es la siguiente:

- **Definición de los periodos de medición:** aquí el proveedor define la cantidad y duración de las mediciones de los parámetros. Cada medición se conoce como un “periodo de medición”. La duración deberá ser lo suficientemente larga como para registrar fluctuaciones naturales de parámetros que afecten el consumo energético.
- **Suministro energético esperado del sistema de generación:** el proveedor registra los resultados de los parámetros medidos para cada periodo.
- **IEG esperado:** la herramienta calcula automáticamente el índice de energía generada esperado (IEG esperado). Corresponde al promedio de los indicadores calculados para cada periodo de medición. En el caso de que se instale más de un sistema de generación con distintos rendimientos, la “energía renovable suministrada” por cada sistema deberá medirse por separado considerando una única cantidad de “recurso renovable” disponible por periodo. En esa situación, el IEG esperado será igual a la suma de las energías renovables suministradas por cada sistema de generación dividido por la cantidad de “recurso renovable”.

### **Energía generada garantizada**

En esta sección se establece la promesa que el proveedor hace al cliente sobre la energía que generará el sistema. Esta promesa se define tanto en unidades energéticas como monetarias. El proveedor solo debe indicar la cantidad de “recurso renovable” que ha determinado como disponible para cada año de operación del proyecto, y la herramienta genera automáticamente los valores anuales ya que en este punto dispone de los datos de los precios de los energéticos y de los índices de desempeño registrados en las secciones 1 y 3, respectivamente, de la hoja técnica del formato Excel. La “energía generada anual” se calcula con el procedimiento indicado en la sección 1.3 de este documento. El ahorro en unidades monetarias se calcula según lo ilustrado en el cuadro 6.

El dato de “recurso renovable” puede registrarse hasta por 10 años pudiendo variar año a año. Es recomendable que el proveedor establezca la promesa de generación, basándose en un diseño conservador ya que esta cifra es la base para posibles compensaciones.

El compromiso de generación con el cliente se establece en el contrato de desempeño en unidades energéticas. El valor en términos monetarios lo genera la herramienta con base en los precios de los energéticos que se registran en la sección 1 de la hoja técnica del formato Excel. La herramienta también genera automáticamente el precio unitario de la energía que deben utilizar proveedor y cliente para definir el precio base de la energía que se usará en el contrato de desempeño para calcular posibles compensaciones económicas por bajo desempeño del proyecto.

### **Beneficios ambientales**

Corresponden a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que se estima que generará el proyecto. Estos resultados son de carácter informativo y de interés principalmente para el cliente y la entidad financiera. No implican ningún tipo de compromiso para el proveedor.

La herramienta calcula automáticamente las toneladas anuales de CO<sub>2</sub> evitadas a partir de los datos de factores de emisión y recurso renovable anuales, previamente registrados en las secciones 1 y 4 del formulario, respectivamente, mediante las fórmulas que se indican en el cuadro 7. Al igual que los indicadores de desempeño, estos indicadores se determinan para cada periodo de medición y luego se promedian para obtener el indicador final del equipo o la tecnología.

# 3.

## EJEMPLOS



## 3 EJEMPLOS

En esta sección se presentan tres ejemplos de proyectos que han utilizado los formatos, han sido validados y han respaldado los ahorros con el seguro de ahorros de energía (ESI) o la garantía tecnológica. Para simplificar, no se repiten todos los detalles del formato en cada caso, solo se resaltan los aspectos más relevantes que pueden generar dudas a los usuarios a la hora de diligenciarlos y usar la herramienta. Se incluyen un proyecto de reemplazo de una caldera por un sistema térmico solar, un proyecto de sustitución de aires acondicionados y un proyecto donde se instalará un sistema de paneles solares fotovoltaicos en una empresa que antes utilizaba energía de la red. Los formatos para cada una de estas tecnologías figuran en el anexo 6.

### 3.1. SUSTITUCIÓN DE UNA CALDERA PIROTUBULAR POR UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA CALENTAMIENTO DE AGUA

Se trata de un proyecto en el que se decidió sustituir el sistema de calentamiento de agua en un hotel. El hotel utilizaba una caldera pirotubular vertical de 24 años de antigüedad que funcionaba con gas licuado de petróleo (GLP), generando 5.917 litros diarios (2.160 m<sup>3</sup> por año) de agua caliente para uso en lavandería, cocina y duchas. La caldera consumía en promedio 2.410 kg de GLP mensuales. Los objetivos del inversionista eran instalar una tecnología más eficiente que disminuyera el consumo de GLP para generar ahorros en gastos operativos del hotel y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. El cliente solicitó a los oferentes que le garantizaran los ahorros de energía prometidos mediante una póliza de desempeño energético.

El sistema propuesto por el proveedor incluyó 22 colectores solares de placa plana instalados en un área de 61,7 m<sup>2</sup>, una bomba de calor de apoyo de 5HP, controles, motobomba y conexiones. El oferente promete una reducción del 70% del consumo de gas, con lo que la inversión se repagaría en 18 meses.<sup>4</sup> El proyecto se encuentra en operación y la experiencia con el uso del seguro de ahorro de energía se puede ver en este [video](#).

---

<sup>4</sup> Información entregada por el personal administrativo del hotel Neiva Plaza.

## Hoja descriptiva

En esta hoja el proveedor ingresa sus datos de contacto y los de la empresa que realizará la inversión, describe de manera general cómo manejará los residuos y enumera los soportes documentales que anexa a su propuesta. Aunque el nuevo sistema de calentamiento de agua es una combinación de equipo solar térmico y de bomba de calor, en tipo de tecnología se seleccionó “sistema solar térmico” teniendo en cuenta que será el equipo principal. La bomba de calor funcionará como respaldo para abastecer agua caliente cuando se presenten deficiencias en la radiación diaria o cuando la demanda sea superior a la prevista (cuadro 8).

### Cuadro 8. Sección: descripción del proyecto

Registrar la información que permita establecer claramente las condiciones actuales de la instalación del cliente previo a la implementación del proyecto así como el resultado esperado con los equipos propuestos. Se debe hacer referencia a las tecnologías, equipos, servicios prestados, usos de la energía y particularidades propias de la instalación que influyen en el consumo de energía de la empresa en la que se desarrollará este proyecto.

Nombre del proyecto		Sistema solar térmico hotel
Tipo de proyecto	Paso 1	Desempeño energético
Tipo de tecnología	Paso 2	Sistema solar térmico
Sustitución/Nuevo	Paso 3	Sustitución de tecnología

#### > Información financiera

El proveedor incluyó en costos de capital (*Capital Expenditures*–CAPEX) el costo de los equipos y otros costos diferentes al diagnóstico y la ingeniería. En los costos de operación (*Operating Expenditures*–OPEX), se registraron costos de operación, mantenimiento y monitoreo. Los ahorros energéticos, financieros y en emisiones de CO<sub>2</sub> los calcula la herramienta automáticamente.

#### > Gestión de residuos

El proveedor identificó tres tipos de residuos del proyecto: i) la caldera que iba a reemplazarse; ii) el aislamiento térmico, y iii) otros residuos. La caldera fue chatarrizada, mientras que el aislamiento térmico y los otros residuos fueron entregados a una empresa especializada en el desecho final de este tipo de materiales. Los resultados se consignaron tal como se muestra en el cuadro 9.

## Cuadro 9. Sección: gestión de residuos

Señale el tratamiento que le dará a los equipos retirados junto a sus residuos asociados, en caso de existir, cumpliendo con toda la legislación aplicable al tratamiento de estos. Pudiendo clasificarlos como:

- Peligroso: presenta riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente.
- No peligroso: no presenta riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente.
- Inerte: tipo de residuo no peligroso que no experimenta variaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble, ni combustible, ni reacciona física o químicamente, ni de ninguna otra manera.

	Identificación de residuos	Cantidad	Unidad	Clasificación del residuo	Gestión del residuo
1	Caldera pirotubular vertical	1	Unidad	No peligroso	Chatarrización
2	Aislamiento térmico de la caldera	1	Unidad	No peligroso	Disposición por empresa especializada
3	Otros	1	Kilogramo	No peligroso	Disposición por empresa especializada

### > Documentos de soporte técnico

Los documentos de soporte aportados por el proveedor de tecnología para la validación del proyecto fueron:

- Propuesta técnico-económica.
- Descripción del proyecto y memorias de cálculo de los ahorros de energía proyectados.
- Descripción de los equipos a instalar.
- Cronograma del proyecto.
- Política de seguridad y salud en el trabajo del hotel que realizó la inversión.
- Manual de instrucciones y manejo de los equipos instalados.

## Hoja técnica

### > Información técnica del proyecto

El formato permite ingresar información sobre el equipo principal y hasta de cinco tecnologías auxiliares que forman parte del sistema. Puede observarse en el cuadro 10 que también se ingresó información sobre la bomba de calor.

**Cuadro 10. Sección: información de equipos propuestos**

Registre los datos del nuevo equipamiento a instalar según corresponda.			
¿Cuántos sistemas solares térmicos diferentes se instalarán en su proyecto?:		1	
Información del equipo propuesto No.1			
Características de colectores solares			
Tipo de servicio	ACS	¿Cuál?	
Tipo de sistema	Placa plana	¿Cuál?	
Subtipo de sistema (si aplica)	Bombas de calor	¿Cuál?	
Fabricante	Chromagen		
Modelo	QA-F		
Líquido caloportador	Agua	¿Cuál?	
Área de captación por colector solar (m <sup>2</sup> /unidad)	2,8		
Eficiencia de colector solar (%)	56%		
Capacidad térmica nominal por colector	272	Unidad	listros/día
Cantidad de colectores solares	22		
Descripción de otros cambios en la instalación asociados a la tecnología	No se requieren cambios adicionales en el sistema		
¿Cuántos equipos auxiliares de distinta tecnología y/o características forman parte de su sistema?		1	
Equipo auxiliar 1			
Nombre	Bomba de calor		
Fabricante	Más centígrados		
Modelo	5 HP - trifásica		
Serie			
Capacidad nominal (si aplica)	75.000	Unidad	BTU/h
Eficiencia (si aplica)		Unidad	
Tipo de energético o combustible (si aplica)	Electricidad	¿Cuál?	
Tipo de control (si aplica)	Termostato diferencial		
Horas de operación anual (si aplica)	2.160		
Cantidad	1		
Detalle la función de este equipo dentro del sistema solar térmico	Sistema de apoyo para suplir el agua caliente cuando se presenten deficiencias en la radiación diaria o cuando la demanda es superior a la prevista		
Detalle otras características relevantes de este equipo	NA		

Como parte de la descripción debe ingresarse la información sobre los energéticos utilizados, tanto en los equipos que se reemplazarán como en los que se van a instalar; es decir, tipo de energético, precio, poder calorífico y factor de emisiones de CO<sub>2</sub> con sus respectivas fuentes de información. En el cuadro 11 se incluye el GLP, que es el combustible con el que funciona la caldera que será reemplazada. Si bien el sistema propuesto (solar térmico) no requiere un energético, se incluye electricidad porque la bomba de calor utilizará energía eléctrica para su funcionamiento.

**Cuadro 11. Sección: información de los energéticos asociados al proyecto**

Registre los energéticos asociados al proyecto tanto para la tecnología actual como para la propuesta						
	Energéticos utilizados actualmente			Energéticos utilizados en la condición propuesta		
Energéticos involucrados en el proyecto	Energético 1	Energético 2	Energético 3	Energético 1	Energético 2	Energético 3
Tipo energético	Gas_Licuoado			Electricidad		
Unidad	kg			kWh		
Precio (\$/unidad)	3.007			405		
Fuente de información de precio	Factura mensual de la empresa			Factura mensual de la empresa		
Poder calorífico inferior (PCI) (kWh/unidad)	12.614			1		
Fuente de información PCI	UPME			UPME		
Factor de emisión (tCO <sub>2</sub> eq/kWh)	2,42E-04			1,99E-04		
Fuente de información del factor de emisión	UPME			UPME		

#### > Sistema de monitoreo

Los parámetros cuya medición el proveedor consideró relevantes a fin de determinar el desempeño energético tanto del equipo existente como del propuesto fueron (cuadro 12):

- El “uso final de la energía” que otorga la tecnología, el cual se definió en m<sup>3</sup> de agua caliente; este parámetro pudo medirse directamente con un equipo ya existente en la instalación.
- El consumo energético actual, definido como el consumo mensual de GLP (2.410 kg de GLP/mes), que se midió directamente con un equipo ya existente en la instalación.

- Una condición controlada que fue el porcentaje de ocupación del hotel, ya que esto tiene incidencia directa en la cantidad de agua caliente demandada: a mayor ocupación, mayor demanda.
- Una variable que fue la temperatura de salida del agua, que se midió directamente para asegurar que el sistema entrega el agua a la temperatura que se requiere para su uso.

**Cuadro 12. Sección: datos de parámetros relevantes**

Datos del parámetro							Datos del Sistema de Medición asociado al parámetro medido (cuando aplique)				
Id	Tipo	Nombre	Unidad	Frecuencia de la medición	Valor deseado de la condición controlada	% de tolerancia y variabilidad de la condición controlada	Tipo de medidor o [Nombre de la base de datos]	Marca o [Fuente de la base de datos]	Modelo u [Otros detalles de la base de datos]	Id o No. de serie	Precisión del equipo
P1	Uso final de la energía	Agua caliente	mt <sup>3</sup>	Mensual			Medidor del cliente	Gricol	PI R63 Gr	Lm 354	100%
P2	Consumo actual	Gas_Liculado	kg	Mensual			Medidor del cliente	EKM	P213883	Uv876oX	100%
P3	Variable	Temperatura de salida del agua	°C	Mensual			Termómetro	Calidad Bien	T300MAX	ss304	98%
P4	Consumo propuesto	Electricidad	kWh	Mensual			Medidor de la red	Proelco	Monofásico electrónico	TIOM86Y9x	97%
P5	Condición controlada	Ocupación del hotel	Unidad	Mensual	60%	5%	Registros del hotel	NA	NA	NA	NA

#### > Construcción de indicadores

Para los periodos de medición del equipo existente, el proveedor consideró representativo hacer mediciones de los parámetros seleccionados durante tres meses, ya que de esta forma se incluyeron meses de temporadas altas y bajas de ocupación (cuadro 13).

### Cuadro 13. Sección: construcción de indicadores

3.1. Definición de los periodos de medición

Defina todos los periodos de medición realizados para el levantamiento de información asociada a la tecnología actual, información que será utilizada para calcular el desempeño energético de la situación inicial del proyecto.

	Medición desde				Medición hasta			
Id. del periodo	Hora	dd	mm	aaaa	Hora	dd	mm	aaaa
1	12:00:00 a.m.	1	1	2018	11:59 p.m.	31	1	2018
2	12:00:00 a.m.	1	2	2018	11:59 p.m.	28	2	2018
3	12:00:00 a.m.	1	3	2018	11:59 p.m.	31	3	2018

3.2. Medición de parámetros

Una vez realizadas las mediciones del desempeño energético de la tecnología actual, registre los resultados obtenidos para los parámetros declarados previamente (numeral 2.2.) en cada periodo de medición.

Id	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Tipo	Uso final de la energía	Consumo actual	Variable		Condición controlada					
Nombre	Agua caliente	Gas_Licuido	Temperatura de salida del agua		Ocupación del hotel					
Unidad	mt <sup>3</sup>	kg	°C		Unidad					
Id del periodo de medición	Valor medido	Valor medido	Valor medido	Valor medido	Valor medido	Valor medido	Valor medido	Valor medido	Valor medido	Valor medido
1	166,9	2.235	39		63					
2	177	2.371	40		58					
3	196,1	2.626	40		60					

A continuación, en la sección 3.4 de la hoja, el proveedor deberá registrar la cantidad del energético que utilizará la tecnología que se va a instalar para producir la misma cantidad de agua caliente producida (“uso final de energía”). Los parámetros se activan automáticamente en el formato, luego de consignarlos en la sección 2.2 de la hoja (cuadro 14).

En este proyecto se incluyó como un gasto energético del nuevo sistema el consumo de electricidad que tendrá la bomba de calor. Sin embargo, cabe notar que el sistema solar térmico no requiere un energético adicional a la radiación para su funcionamiento.

## Cuadro 14. Sección: estimación del consumo energético

3.4. Estimación del consumo energético										
Registre la información asociada a los consumos energéticos que utilizaría el sistema nuevo para producir la misma cantidad de “uso final de la energía” para cada uno de los periodos de medición considerados.										
Id	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Tipo	Uso final de la energía		Variable	Consumo propuesto	Condición controlada					
Nombre	Agua caliente		Temperatura de salida del agua	Electricidad	Ocupación del hotel					
Unidad	mt <sup>3</sup>	kg	°C	kWh	Unidad					
Id del periodo de medición	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
1	166,9		39,0	6,0	63,0					
2	177		40,0	5,1	58,0					
3	196,1		40,0	4,5	60,0					

Con la información anterior –datos de energéticos asociados al proyecto y datos de mediciones–, el formato calculó los indicadores de desempeño base y esperado y el porcentaje de mejora de forma automática:

- IDE base: kWh/m<sup>3</sup> = 187,48.
- IDE esperado: kWh/m<sup>3</sup> = 5,02.
- PMDE: 97%.

### > Ahorros energéticos garantizados

El proveedor acordó con el cliente como “uso final de la energía” el mismo volumen que producía la caldera original, esto es 2.160 m<sup>3</sup> de agua caliente por año, constantes durante cinco años. Con esto, el formato calcula automáticamente el ahorro en unidades de energía y su equivalente en dinero, basado en el precio del energético registrado en los datos de los energéticos. Por otra parte, genera las toneladas anuales de CO<sub>2</sub> evitadas y el precio unitario de la energía que deben utilizar proveedor y cliente para definir el precio base de la energía que se utilizará en el contrato de desempeño para calcular posibles compensaciones económicas. Este valor es de 405 COP por kWh (cuadro 15).

**Cuadro 15. Sección: cálculo del ahorro energético garantizado**

	Agua caliente anual	Ahorro energético garantizado	
Año	m³/año	kWheq/año	\$/año
1	2.160	364.804	86.953.730
2	2.160	364.804	86.953.730
3	2.160	364.804	86.953.730
4	2.160	364.804	86.953.730
5	2.160	364.804	86.953.730
	<b>Total</b>	<b>1.824.022</b>	<b>434.768.648</b>

### 3.2. PROYECTO DE SUSTITUCIÓN DE AIRE ACONDICIONADO

La sede de una empresa de contabilidad conformada por ocho oficinas y dos espacios comunes dispone de 10 sistemas de climatización tipo split de 2 toneladas de refrigeración (TR, 24.000 BTU/h) cada uno. La empresa notó un alto gasto en energía y la insatisfacción de los usuarios debido a una climatización no uniforme y acelerada de los espacios, lo que provoca un frecuente cambio de las temperaturas preestablecidas para cada equipo y su recurrente encendido y apagado. Los usuarios manifestaron que lo anterior causa resfríos y problemas respiratorios, lo cual afecta la productividad.

Como solución, un proveedor ofreció instalar una unidad central más eficiente de 5 TR, del tipo unidad paquete (*“rooftop package”*), combinada con ductos aislados térmicamente y cajas de volumen de aire variable en cada zona de servicio. Esto permitirá contar con menor consumo energético y mayor confort térmico gracias a una temperatura de consigna común, sensores de temperatura y humedad interior y exterior para regular las compuertas de las cajas mediante un sistema de administración de energía, y sensores de presión en ductos para regular la frecuencia de operación de los ventiladores.

#### Hoja descriptiva

En este tipo de proyecto, el usuario debe seleccionar “desempeño energético” como tipo de proyecto, “climatización” como tecnología e indicar que se trata de un proyecto de sustitución (cuadro 16).

## Cuadro 16. Sección: descripción del proyecto

Registrar la información que permita establecer claramente las condiciones actuales de la instalación del cliente previo a la implementación del proyecto así como el resultado esperado con los equipos propuestos. Se debe hacer referencia a las tecnologías, equipos, servicios prestados, usos de la energía y particularidades propias de la instalación que influyen en el consumo de energía de la empresa en la que se desarrollará este proyecto.		
Nombre del proyecto		
Tipo de proyecto	Paso 1	Desempeño energético
Tipo de tecnología	Paso 2	Climatización
Sustitución/Nuevo	Paso 3	Sustitución de tecnología

### > Información financiera

En el ítem de costos CAPEX se incluyeron los costos de los equipos (unidad paquete, ductos, cajas de volumen variable, material aislante, ventiladores, sensores) y el sistema de administración, los costos de retiro de equipos existentes e instalación de los nuevos, y los costos de diagnóstico e ingeniería.

### > Gestión de residuos

En este tipo de proyectos es fundamental un buen desecho de los equipos y en especial de los gases contaminantes, como la familia de hidrofluorocarbonos (HFC), clorofluorocarburos (CFC) e hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), los cuales se encuentran prohibidos o en retirada gradual en varios países. Entonces, una vez realizado el desecho de refrigerantes de forma segura, otra empresa se hará cargo de reciclar los componentes útiles de los equipos retirados. En cada proyecto el proveedor debe considerar la legislación vigente del país (cuadro 17).

## Cuadro 17. Sección: gestión de residuos

Señale el tratamiento que le dará a los equipos retirados junto a sus residuos asociados, en caso de existir, cumpliendo con toda la legislación aplicable al tratamiento de estos. Pudiendo clasificarlos como:					
- <b>Peligroso:</b> presenta riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente.					
- <b>No peligroso:</b> no presenta riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente.					
- <b>Inerte:</b> tipo de residuo no peligroso que no experimenta variaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble, ni combustible, ni reacciona física o químicamente, ni de ninguna otra manera.					
	Identificación de residuos	Cantidad	Unidad	Clasificación del residuo	Gestión del residuo
1	Refrigerantes	9	kg	No peligroso	Destrucción
2	Unidades split	10	Unidad	No peligroso	Reciclaje
3	Fijaciones	30	kg	No peligroso	Reciclaje

➤ **Documentos de soporte técnico**

Los documentos soporte aportados por el proveedor para la validación del proyecto fueron:

- Propuesta técnico-económica.
- Descripción del proyecto y memorias de cálculo de los ahorros de energía proyectados.
- Catálogos y manual del equipo a instalar y sistema de administración de energía.
- Registros de autorización de comercialización del equipo por autoridad competente del país.
- Plan de mantenimiento para todos los años de garantía del proyecto.
- Diagrama de ubicación de los equipos que serán instalados para la medición del desempeño energético de los equipos existentes y el propuesto.

## **Hoja técnica**

➤ **Información técnica del proyecto**

En el formato se registran los datos más relevantes del nuevo sistema: i) tipo de equipo; ii) tipo de control; iii) forma de manejo de aire; iv) eficiencia y fuente de enfriamiento; v) condiciones de operación, y vi) equipos o medidas complementarias (imagen 11). Asimismo, debe incluirse la información del equipo existente (que no figura en el cuadro 18).

## Cuadro 18. Sección: información técnica del proyecto

Registre los datos del nuevo equipamiento a instalar según corresponda.			
¿Cuántas tecnologías diferentes de climatización contempla su proyecto?:	1		
<b>Información del equipo propuesto No.1</b>			
Nombre	Centralización de climatización		
Fabricante	Trane		
Modelo	Impack		
Tipo de equipamiento	Unidad paquete	¿Cuál?	
<b>Características generales</b>			
Tipo de control	Software de administración de la energía (EMS)	¿Cuál?	
Tipo de manejo de aire	Volumen variable de aire		
Cobertura	Multizona		
Porcentaje mínimo de aire exterior (%)	30%		
Cantidad	1		
<b>Características del sistema de frío</b>			
Eficiencia de enfriamiento	4	Unidad	COP
Capacidad de enfriamiento	5	Unidad	ton
Fuente de frío	Compresor DX	¿Cuál?	
Tipo de unidad terminal	Cajas de volumen de aire variable	¿Cuál?	
Temperatura de consigna - horario hábil (setpoint) (°C)			20
Horas de operación totales de enfriamiento al año - horario hábil			1460
Temperatura de consigna - horario no hábil (setpoint) (°C)			24
Horas de operación totales de enfriamiento al año - horario no hábil			730
Otra información			
Equipamiento o solución complementarias adicionales al equipo principal 1	Aislación de ductos y/o tuberías	¿Cuál?	
Equipamiento o solución complementarias adicionales al equipo principal 2	Otro	¿Cuál?	Ventiladores con variador de frecuencia
Equipamiento o solución complementarias adicionales al equipo principal 3	Otro	¿Cuál?	Sensores de temperatura y presión
Describa ventajas adicionales que incorpora la nueva tecnología y que no estaban siendo cubiertas por la tecnología anterior			
Descripción de otros cambios en la instalación asociados al nuevo equipo			

Posteriormente, se indica la información sobre los energéticos utilizados para el proyecto (precio, factor de emisión y poder calorífico inferior). En este caso se trata de electricidad, tanto en el equipo nuevo como en el que se retira, y es preciso indicarlo en ambas situaciones (actual y propuesta). El precio del energético se definió con la facturación del cliente. Para el factor de emisión, se tomó el de la matriz energética del país. El poder calorífico para el caso de electricidad deberá dejarse como 1 (cuadro 19).

**Cuadro 19. Sección: energéticos asociados al proyecto**

Registre los energéticos asociados al proyecto tanto para la tecnología actual como para la propuesta						
	Energéticos utilizados actualmente			Energéticos utilizados en la condición propuesta		
Energéticos involucrados en el proyecto	Energético 1	Energético 2	Energético 3	Energético 1	Energético 2	Energético 3
Tipo energético	Electricidad			Electricidad		
Unidad	kWh			kWh		
Precio (\$/unidad)	130			130		
Fuente de información de precio	Proveedor			Proveedor		
Poder calorífico inferior (PCI) (kWh/unidad)	1			1		
Fuente de información de PCI	Literatura			Literatura		
Factor de emisión (tCO <sub>2</sub> eq/kWh)	4,19E-04			4,19E-04		
Fuente de información del factor de emisión	BD Energía abierta			BD Energía abierta		

#### > Sistema de monitoreo

Los parámetros cuya medición el proveedor consideró relevante a fin de determinar el desempeño energético tanto del equipo existente como del propuesto fueron (cuadro 20):

- El “uso final de la energía” que otorga la tecnología, el cual se definió como la “extracción de la energía térmica” dado que el propósito del equipo de climatización para frío es justamente extraer energía térmica interior y llevarla al exterior. No es posible medir este valor directamente, sino que se determina de forma indirecta mediante tres variables: flujo de aire acondicionado, entalpías de envío y de retorno del aire. Estos parámetros cambian de forma constante y suelen medirse con una frecuencia horaria o menor a horaria.
- El consumo energético actual (electricidad en este caso), que se midió directamente.

- Una condición controlada que fue la humedad relativa del aire, la cual debe mantenerse dentro de un rango aceptable durante las mediciones.

**Cuadro 20. Sección: datos de parámetros relevantes**

Datos del parámetro							Datos del Sistema de Medición asociado al parámetro medido (cuando aplique)				
Id	Tipo	Nombre	Unidad	Frecuencia de la medición	Valor deseado de la condición controlada	% de tolerancia y variabilidad de la condición controlada	Tipo o [Nombre de la base de datos]	Marca o [Fuente de la base de datos]	Modelo u [Otros detalles de la base de datos]	Id o No. de serie	Precisión equipo
P1	Uso final de la energía	Energía térmica extraída	BTU	Estimado desde variable							
P2	Variable	Flujo de aire acondicionado	lb/h	Menor a horario			Anemómetro térmico	Testo	405i	123	98%
P3	Variable	Entalpía de aire de envío	BTU/lb	Menor a horario			Termohigrómetro	Testo	605i	123	99%
P4	Variable	Entalpía de aire de retorno	BTU/lb	Menor a horario			Termohigrómetro	Testo	605i	124	99%
P5	Condición controlada	Humedad relativa del aire	-	Base de datos	0,40	0,05	Estación meteorológica	wunderground.com	Estación id: ISANTIAG245		
P6	Consumo actual	Electricidad	kWh	Horario			Analizador de redes	Fluke	NA	1234	98%
P7	Consumo propuesto	Electricidad	kWh	Horario			Analizador de redes	Fluke	NA	1235	98%
P8											
P9											
P10											

Defina e indique cómo se obtiene el “Uso final de la energía” a partir de su(s) “variable(s)” definidas en la sección 2.2 (cuando aplique).

i) Se toman mediciones en los ductos de envío y retorno de la temperatura del bulbo húmedo y seco, para luego mediante carta psicométrica determinar la entalpía del aire.

ii) Adicionalmente con el anemómetro se determina la cantidad de aire enviado por hora considerando el volumen de aire que pasa por minuto y la densidad del aire a la temperatura y humedad relativa del día de medición.

iii) Finalmente, la diferencia de entalpía entre envío y retorno multiplicada por la cantidad de aire enviada por hora y las horas de medición dará la carga térmica extraída por el sistema.

#### > Construcción de indicadores

Considerando que la empresa funciona de lunes a sábado, para los periodos de medición del equipo existente, el proveedor definió como suficientes y representativas seis mediciones diarias continuas. La propuesta y los resultados para cada periodo de medición figuran en el cuadro 21.

Cuadro 21. Sección: definición de los periodos de medición

3.1. Definición de los periodos de medición								
Defina todos los periodos de medición realizados para el levantamiento de información asociada a la tecnología actual, información que será utilizada para calcular el desempeño energético de la situación inicial del proyecto.								
	Medición desde				Medición hasta			
Id del periodo	Hora	dd	mm	aaaa	Hora	dd	mm	aaaa
1	9:00:00	3	1	2020	9:00:00	4	1	2020
2	9:00:00	4	1	2020	9:00:00	5	1	2020
3	9:00:00	5	1	2020	9:00:00	6	1	2020
4	9:00:00	6	1	2020	9:00:00	7	1	2020
5	9:00:00	7	1	2020	9:00:00	8	1	2020
6	9:00:00	8	1	2020	9:00:00	9	1	2020
7								
8								

3.1. Definición de los periodos de medición										
Una vez realizadas las mediciones del desempeño energético de la tecnología actual, registre los resultados obtenidos para los parámetros declarados previamente (numeral 2.2.) en cada periodo de medición.										
Id	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Tipo	Uso final de la energía	Variable	Variable	Variable	Condición controlada	Consumo actual				
Nombre	Energía térmica extraída	Flujo de aire acondicionado	Entalpía de aire de envío	Entalpía de aire de retorno	Humedad relativa del aire	Electricidad				
Unidad	BTU	lb/h	BTU/lb	BTU/lb	-	kWh				
Id del periodo de medición	Valor medido	Valor medido	Valor medido	Valor medido	Valor medido	Valor medido	Valor medido	Valor medido	Valor medido	Valor medido
1	36,3	100	20	26	0,36	21,8				
2	30,2	100	20	25	0,35	18,1				
3	12,1	100	20	22	0,37	7,3				
4	6	100	20	21	0,40	3,6				
5	18,1	100	20	23	0,36	10,9				
6	24,2	100	20	24	0,35	14,5				
7										
8										

Luego, gracias a estimaciones teóricas y su experiencia, el proveedor debe proponer cuánto sería el consumo energético de la tecnología propuesta al extraer la misma carga térmica por periodo que en el caso base. En este caso, el proveedor, tomando en cuenta el coeficiente de operatividad o eficiencia (COP) del equipo propuesto y el mejor rendimiento general de todo el sistema, determina el consumo esperado de electricidad para cada uno de los periodos de medición (cuadro 22).

**Cuadro 22. Sección: estimación del consumo energético**

Id	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Tipo	Uso final de la energía	Variable	Variable	Variable	Condición controlada		Consumo propuesto			
Nombre	Energía térmica extraída	Flujo de aire acondicionado	Entalpía de aire de envío	Entalpía de aire de retorno	Humedad relativa del aire		Electricidad			
Unidad	BTU	lb/h	BTU/lb	BTU/lb	-		kWh			
Id del periodo de medición	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
1	36,3	100,0	20,0	26,0	0,4		5,4			
2	30,2	100,0	20,0	25,0	0,4		4,5			
3	12,1	100,0	20,0	22,0	0,4		1,8			
4	6,0	100,0	20,0	21,0	0,4		0,9			
5	18,1	100,0	20,0	23,0	0,4		2,7			
6	24,2	100,0	20,0	24,0	0,4		3,6			
7										
8										

Con esta información, el formulario calcula de manera automática el indicador de desempeño energético (IDE) estimado, de la misma forma que para el caso base, dando un valor de 0,15 kWh/BTU. Con los indicadores de desempeño energético base y estimado, el formulario genera automáticamente el porcentaje de mejora del desempeño energético (PMDE), que da un valor de 75% (cuadro 23).

### Cuadro 23. Sección: indicador de desempeño e índice de mejora del desempeño

3.5. Indicadores estimados	
La siguiente tabla muestra el “Indicador de desempeño energético” autocalculado con la información registrada anteriormente que considera todos los energéticos propuestos y que indica cuanta energía se consume por 1 unidad de “Uso final de la energía”	
	IDE estimado
	kWh/ Energía térmica extraída
Valor promedio	0,15
3.6. Índice de mejora del desempeño energético propuesto (IMDE propuesto)	
A partir de la información anterior, la planilla determinará el índice de mejora del desempeño energético propuesto, el cual corresponde al porcentaje de ahorro estimado del proyecvto energético en términos relativos.	
IMDE propuesto	75,0%

#### > Ahorros energéticos garantizados

Dado que se definió como “uso final de la energía” la energía térmica extraída, el proveedor deberá indicar la cantidad de energía térmica extraída que se ha acordado con el cliente para cada año de operación del proyecto. En este caso, se propusieron 8.000 BTU por año durante un año. La herramienta generará automáticamente los valores anuales de ahorros utilizando los datos de base de los precios de los energéticos y de los índices de desempeño registrados previamente. Además, genera las toneladas anuales de CO<sub>2</sub> evitadas y el precio unitario de la energía que deben utilizar proveedor y cliente para definir el precio base de la energía que se usará en el contrato de desempeño para calcular posibles compensaciones económicas. En el caso de este proyecto sería de \$130 pesos/kWh (cuadro 24).

### Cuadro 24. Sección: ahorro energético garantizado

Año	Anual	Ahorro energético garantizado	
	BTU / año	kWheq/año	\$/año
1	8.000	3.600	468.000
2			
3			
4			
5			
	<b>Total</b>	3.600	468.000

Precio unitario de la energía a incluir en el contrato:

130

### 3.3. INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICO

El proyecto consistió en la instalación de un sistema de 640 paneles solares de 340W de potencia cada uno, en una industria que elabora empaque para alimentos en la Península de Yucatán. El inversionista ve en la generación solar una oportunidad para ahorrar en costos de energía. La propuesta del proveedor fue aprovechar la estructura del techo de la fábrica de empaques, señalando que el sistema garantiza una generación anual de 305.000 kWh, lo que permite reemplazar un 20% el consumo de electricidad consumida por la empresa de la red eléctrica nacional.

El proyecto fue financiado mediante el Programa de Eficiencia Energética de FIRA, un banco de desarrollo del sector agropecuario y agroindustrial de México. FIRA ofrece una “garantía tecnológica” que es un instrumento de cobertura equivalente al seguro de ahorro de energía, que mediante un fondo de rotación (*revolving fund*) busca crear estadísticas de proyectos en diferentes tecnologías. La garantía tecnológica ofrece cobertura durante la vida del financiamiento, que en este caso fue de tres años. Si el sistema demuestra que durante el primer año se logra la generación prometida, la meta se considera cumplida y se cancela la garantía; caso contrario, se ejecuta sobre la base del desempeño del primer año.

#### Hoja descriptiva

En esta hoja, el proveedor ingresa sus datos de contacto y los de la empresa que realizará la inversión, describe de manera general el presupuesto de inversión y gasto y la gestión de los residuos y enumera los soportes documentales que anexa a su propuesta. En este caso, se especifica que se trata de un proyecto de generación de energía y se refiere la instalación de equipo nuevo. En esta tecnología, como no se sustituye equipo en las instalaciones del inversionista, no es necesario completar el registro de residuos en el formato.

#### Hoja técnica

##### > Información técnica del proyecto

El alcance del proyecto incluye el diseño, el suministro y la instalación de los paneles solares e inversores y el diseño de la estructura que los soporta. Los datos de los equipos se registran en la sección 1.1 del formato (cuadro 25).

**Cuadro 25. Sección: información de equipos propuestos**

Registre los datos del nuevo equipamiento a instalar según corresponda.			
<b>Características generales del sistema</b>			
Tipo de sistema	Conectado a la red		
¿Entrega excedentes de energía?	No		
Área efectiva del sistema (m²)	1165.8816		
Lugar de montaje de la instalación	Techo	¿Cuál?	
Capacidad operativa del sistema (kW)	160		
Eficiencia global del sistema fotovoltaico (%)	80,76		
<b>Características de los paneles PV</b>			
Tipo de panel	Silicio monocristalino (mono-si)	¿Cuál?	
Fabricante	BYD Solar		
Modelo	360M HK-30		
Área del panel (m²)	1.82169		
Capacidad unitaria del panel (W)	360		
Tensión del panel (V)	39,14		
Eficiencia (%)	19,76%		
Azimuth (0 es al norte)	180 grados		
Inclinación (°)	20 grados		
Modo de rastreo solar	NO		
Sistema de protección eléctrica	SÍ		
Cantidad de paneles del sistema	640		
<b>Características de inversores</b>			
Tipo de inversor	Inversor		
Fabricante	HUAWEI		
Modelo	SUN2000-40KTL-US		
Eficiencia (%)	98,9%		
Capacidad nominal del inversor (kW)	40		
Cantidad de inversores	4		
¿Sistema contempla almacenamiento?	NO		
Descripción de otros cambios en la instalación asociados a la tecnología			

En una instalación de generación solar fotovoltaica, la energía de referencia será normalmente la suministrada por la red eléctrica u otras fuentes de autogeneración eléctrica. En este caso, se utilizó la red eléctrica como referencia. El costo del energético se estimó sobre la base de la última factura del suministrador eléctrico. Es importante considerar las políticas de facturación de electricidad en cada país y asegurarse de integrar o excluir los elementos que inciden en el precio, tales como potencia requerida y factor de carga (cuadro 26).

**Cuadro 26. Sección: información de los energéticos asociados al proyecto**

Registre los energéticos asociados al proyecto para la tecnología de generación de referencia (si aplica). En el caso de que su instalación fotovoltaica considere como energético de referencia la electricidad del sistema eléctrico nacional, el precio que escriba para este energético podrá ser (i) el precio de referencia pagado normalmente a la distribuidora por kWh o (ii) si el sistema fotovoltaico entrega excedentes este precio deberá considerar esta condición.			
	Energéticos utilizados de referencia		
Energéticos involucrados en el proyecto	Energético 1	Energético 2	Energético 3
Tipo energético	Electricidad		
Unidad	kWh		
Precio (\$/unidad)	2,47		
Fuente de información del precio	CFE		
Poder calorífico inferior (PCI) (kWh/unidad)	1,00		
Fuente de información del PCI	NA		
Factor de emisión (tCO <sub>2</sub> eq/kWh)	0,00045800		
Fuente de información del factor de emisión	CRE		

> **Sistema de monitoreo**

La tecnología fotovoltaica es una de las más sencillas de medir, ya que los dispositivos involucrados cuentan con medición en forma propia, además de que se dispone de registros históricos de irradiación, uno de los factores esenciales de diseño. Los parámetros cuya medición el proveedor consideró relevantes a fin de determinar el indicador de desempeño del proyecto propuesto en términos de energía generada fueron (cuadro 27):

- Energía renovable suministrada, que se refiere a la cantidad de energía suministrada por el sistema de generación de energía. En este caso fue posible medirlo directamente mediante los inversores, que a su vez transmiten los datos a aplicaciones de monitoreo suministradas por el proveedor de tecnología.
- Recurso renovable, que se refiere a la cantidad de recurso natural que está a disposición del cliente para producir energía. La aplicación empleada por el proveedor de tecnología utiliza información suministrada por la fuente de recursos renovables de la NASA.

**Cuadro 27. Sección: datos de parámetros relevantes**

Datos del parámetro							Datos del Sistema de Medición asociado al parámetro medido (cuando aplique)				
Id	Tipo	Nombre	Unidad	Frecuencia de la medición	Valor deseado de la condición controlada	% de tolerancia y variabilidad de la condición controlada	Tipo de medidor o [Nombre de la base de datos]	Marca o [Fuente de la base de datos]	Modelo u [Otros detalles de la base de datos]	Id o No. de serie	% de error del equipo de medición
P1	Recurso renovable	Irradiación solar	kWh/m <sup>2</sup>	Mensual			Internet	NASA	NA	NA	NA
P2	Energía renovable suministrada	Electricidad	kWh	Mensual			MODBUS-TCP para conexiones	Huawei NetEco	NA	NA	NA
P3											
P4											
P5											
P6											
P7											
P8											
P9											
P10											
Defina e indique cómo se obtiene la “Energía renovable suministrada” a partir de su(s) “variable(s)” definidas en la sección 2.2 (cuando aplique).											
Tomando como base la radiación solar del lugar, se consideran las condiciones de diseño como inclinación, orientación y sombreado.											

#### ➤ Construcción de indicadores energéticos

En este proyecto, el proveedor decidió usar la práctica común de tomar los registros de irradiación de un año separados en periodos mensuales, gracias a la disponibilidad de información en bases de datos históricas de radiación solar. En el cuadro 28, se establecen los periodos de medición para el proyecto de generación solar fotovoltaica:

## Cuadro 28. Sección: construcción de indicadores

3.1. Definición de los periodos de medición para el caso propuesto								
Defina todos los periodos de tiempo que usará para el cálculo del “Índice de energía estimado” (IEG estimado) por la nueva tecnología de energía renovable.								
	Desde				Hasta			
Id del periodo	Hora	dd	mm	aaaa	Hora	dd	mm	aaaa
1	0:00:00	1	4	2018	23:59:00	30	4	2018
2	0:00:00	1	5	2018	23:59:00	31	5	2018
3	0:00:00	1	6	2018	23:59:00	30	6	2018
4	0:00:00	1	7	2018	23:59:00	31	7	2018
5	0:00:00	1	8	2018	23:59:00	31	8	2018
6	0:00:00	1	9	2018	23:59:00	30	9	2018
7	0:00:00	1	10	2018	23:59:00	31	10	2018
8	0:00:00	1	11	2018	23:59:00	30	11	2018
9	0:00:00	1	12	2018	23:59:00	31	12	2018
10	0:00:00	1	1	2019	23:59:00	31	1	2019
11	0:00:00	1	2	2019	23:59:00	28	2	2019
12	0:00:00	1	3	2019	23:59:00	31	3	2019

Luego, gracias a estimaciones teóricas y su experiencia, el proveedor definió cuánto sería la “energía renovable suministrada” que generaría el sistema propuesto, considerando condiciones de diseño tales como ubicación geográfica, inclinación, orientación, sombreado y características técnicas de paneles e inversores.

En este caso, el proveedor seleccionó paneles con 20 grados de inclinación a 180 grados con respecto al norte geográfico para los cuales, considerando el sombreado y las pérdidas por inclinación, se obtuvo una eficiencia determinada por ingeniería del 80%. Luego, el proveedor definió una eficiencia menor (75%) para absorber alguna desviación no calculada en el diseño (cuadro 29).

## Cuadro 29. Sección: suministro energético esperado del sistema

3.2. Suministro energético esperado del sistema fotovoltaico										
Registre la “energía renovable suministrada” en base a la disponibilidad estimada del “recurso renovable” para cada periodo (propuesto en el numeral 3.1).										
Id	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Tipo	Recurso renovable	Energía renovable suministrada								
Nombre	Irradiación solar	Electricidad								
Unidad	Kwh/m²	kWh								
Id del periodo de medición	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
1	196,50	31.895,2								
2	191,27	30.044,8								
3	188,10	30.531,7								
4	182,90	28.730,0								
5	163,68	25.710,9								
6	138,90	22.545,8								
7	129,58	20.345,5								
8	109,50	17.773,6								
9	163,06	25.613,5								
10	128,65	20.208,4								
11	132,72	23.081,4								
12	178,56	28.048,3								

Con estos datos, la herramienta realiza cálculos automáticos y presenta en la sección 3.3 de la hoja el índice de energía generada esperado (IEG esperado), que en este caso corresponde al promedio de los indicadores calculados para cada periodo de medición. El resultado fue un IGE de 160 kWh/kWh/m².

### > Energía generada garantizada

El proveedor debe indicar a su cliente la cantidad de “recurso renovable” anual que ha calculado sobre la base de la información estadística de irradiación en la zona donde se ubica el proyecto. La herramienta genera automáticamente los valores anuales ya que dispone de los datos de los precios de los energéticos y de los índices de desempeño.

El dato de “recurso renovable” se registró en este caso para cinco años. En la hoja se aprecia una ligera disminución de la capacidad de generación en los años posteriores a la instalación. Lo anterior obedece a que para considerar la degradación de los paneles el proveedor optó por aplicar una disminución del 0,3% anual en la radiación anual.

El compromiso de generación con el cliente se establece en el contrato de desempeño en unidades energéticas. El valor en términos monetarios lo genera la herramienta con base en los precios de los energéticos antes registrados. La herramienta también genera de forma automática las toneladas anuales de CO<sub>2</sub> evitadas y el precio unitario de la energía que deben utilizar proveedor y cliente para definir el precio base de la energía que se usará en el contrato de desempeño a fin de calcular posibles compensaciones económicas por bajo desempeño del proyecto. En este caso el valor es de MXN 2,47 por kWh (cuadro 30).

**Cuadro 30. Sección: energía generada garantizada**

4. Energía generada garantizada			
Indique la disponibilidad anual estimada del “recurso renovable”, acordada con el cliente, con este valor se calculará la “Energía generada garantizada anual” en unidades energéticas y su equivalente en dinero.			
El contratista podrá garantizar la generación de energía por más de 5 años, si así lo estima, pero debe tener presente que la cobertura del seguro para el programa ESI opera para los primeros 5 años del proyecto.			
Seleccione la cantidad de años adicionales por los cuales garantiza la generación de energía			5
	Agua caliente anual	Ahorro energético garantizado	
Año	Kwh/m²-año	kWh/año	\$/año
1	1.902,23	304.792	752.835
2	1.896,53	303.877	750.577
3	1.890,84	302.966	748.325
4	1.885,17	302.057	746.080
5	1.879,51	301.151	743.842
	<b>Total</b>	<b>1.514.842</b>	<b>3.741.659</b>

## BIBLIOGRAFÍA

ANEEL. 2020. Ranking das tarifas. Disponible en: <https://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>.

ANP. 2018. Fatores de Conversão, Densidades e Poderes Caloríficos Inferiores. Disponible en: <http://www.anp.gov.br/arquivos/central-conteudos/anuario-estatistico/2019/anuario-2019-fatores-de-conversao.pdf>.

-----, 2020. Preços ANP. Disponible en: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos>.

Balderrama, R., S. Gospel, J. M. Lobo, P. Meneses y K. Pérez. 2019a. Guía Metodológica de Auditoría Energética en Agroindustria. Agencia de Sostenibilidad Energética, Ministerio de Energía. Disponible en: [https://www.programaenergias.cl/wp-content/uploads/2019/05/REF\\_Guia\\_Metodologica\\_Extendida\\_Agroindustria\\_Web.pdf](https://www.programaenergias.cl/wp-content/uploads/2019/05/REF_Guia_Metodologica_Extendida_Agroindustria_Web.pdf).

-----, 2019b. Guía Metodológica de Auditoría Energética en Alimentos. Agencia de Sostenibilidad Energética, Ministerio de Energía. Disponible en: [https://www.programaenergias.cl/wp-content/uploads/2019/05/REF\\_Guia\\_Metodologica\\_Extendida\\_Alimentos\\_Web.pdf](https://www.programaenergias.cl/wp-content/uploads/2019/05/REF_Guia_Metodologica_Extendida_Alimentos_Web.pdf).

-----, 2019c. Guía Metodológica de Auditoría Energética en Celulosa y Papel. Agencia de Sostenibilidad Energética, Ministerio de Energía. Disponible en: [https://www.programaenergias.cl/wp-content/uploads/2019/05/REF\\_Guia\\_Metodologica\\_Extendida\\_Celulosa\\_y\\_Papel\\_Web.pdf](https://www.programaenergias.cl/wp-content/uploads/2019/05/REF_Guia_Metodologica_Extendida_Celulosa_y_Papel_Web.pdf).

-----, 2019d. Guía Metodológica de Auditoría Energética en Cementos. Agencia de Sostenibilidad Energética, Ministerio de Energía. Disponible en: [https://www.programaenergias.cl/wp-content/uploads/2019/05/REF\\_Guia\\_Metodologica\\_Extendida\\_Cementos\\_Web.pdf](https://www.programaenergias.cl/wp-content/uploads/2019/05/REF_Guia_Metodologica_Extendida_Cementos_Web.pdf).

-----, 2019e. Guía Metodológica de Auditoría Energética en Edificación. Agencia de Sostenibilidad Energética, Ministerio de Energía. Disponible en: [https://www.programaenergias.cl/wp-content/uploads/2019/05/REF\\_Guia\\_Metodologica\\_Extendida\\_Edificacion\\_Web.pdf](https://www.programaenergias.cl/wp-content/uploads/2019/05/REF_Guia_Metodologica_Extendida_Edificacion_Web.pdf).

-----, 2019f. Guía Metodológica de Auditoría Energética en Minería. Agencia de Sostenibilidad Energética, Ministerio de Energía. Disponible en: [https://www.programaenergias.cl/wp-content/uploads/2019/05/REF\\_Guia\\_Metodologica\\_Extendida\\_Mineria\\_Web.pdf](https://www.programaenergias.cl/wp-content/uploads/2019/05/REF_Guia_Metodologica_Extendida_Mineria_Web.pdf).

- , **2019g**. Guía Metodológica de Auditoría Energética en Pesca. Agencia de Sostenibilidad Energética, Ministerio de Energía. Disponible en:  
[https://www.programaenergias.cl/wp-content/uploads/2019/05/REF\\_Guia\\_Metodologica\\_Extendida\\_Pesca\\_Web.pdf](https://www.programaenergias.cl/wp-content/uploads/2019/05/REF_Guia_Metodologica_Extendida_Pesca_Web.pdf).
- , **2019h**. Guía Metodológica de Auditoría Energética en Transporte. Agencia de Sostenibilidad Energética, Ministerio de Energía. Disponible en:  
[https://www.programaenergias.cl/wp-content/uploads/2019/05/REF\\_Guia\\_Metodologica\\_Extendida\\_Transporte\\_Web.pdf](https://www.programaenergias.cl/wp-content/uploads/2019/05/REF_Guia_Metodologica_Extendida_Transporte_Web.pdf).
- CENACE - Gobierno de México. 2020**. Precios de energía del mercado de corto plazo. Disponible en:  
<https://datos.gob.mx/busca/dataset/precios-de-energia-del-mercado-de-corto-plazo>.
- Comisión Nacional de Energía (CNE). 2020a**. Factor de emisión promedio anual. Energía Abierta Beta. Disponible en:  
<http://datos.energiaabierta.cl/dataviews/255509/factor-de-emision-promedio-anual/>.
- , **2020b**. Energía Abierta Beta. 2020. Estadísticas - hidrocarburos. Disponible en:  
<http://energiaabierta.cl/hidrocarburos>.
- , **2020c**. Tarificación eléctrica. Disponible en: <https://www.cne.cl/tarificacion/electrica/>.
- Comisión Reguladora de Energía. 2020**. Gobierno de México. Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2019. Disponible en:  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/538473/Factor\\_emision\\_electrico\\_2019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/538473/Factor_emision_electrico_2019.pdf).
- CONUEE. 2020**. Lista de combustibles, poderes caloríficos netos y equivalencia en términos de barriles de petróleo crudo equivalente. Disponible en:  
[https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/SITE/LISTA\\_DE\\_COMBUSTIBLES\\_2020.pdf](https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/SITE/LISTA_DE_COMBUSTIBLES_2020.pdf).
- CONUEE/GIZ. 2014**. Guía para realizar diagnósticos energéticos y evaluar medidas de ahorro en equipos de bombeo de agua de organismos operadores de agua potable. Disponible en:  
<https://docplayer.es/71509560-Guia-para-realizar-diagnosticos-energeticos-y-evaluar-medidas-de-ahorro-en-equipos-de-bombeo-de-agua-de-organismos-operadores-de-agua-potable.html>.
- IDAE. 2007**. Guía técnica: procedimientos para la determinación del rendimiento energético de plantas enfriadoras de agua y equipos autónomos de tratamiento de aire. Disponible en:  
<https://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-procedimientos-para-la-determinacion-del-rendimiento-energetico-de>.

-----, **2012**. Guía técnica: Instalaciones de climatización con equipos autónomos. Disponible en:  
<https://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-instalaciones-de-climatizacion-con-equipos-autonomos>.

-----, **2017**. Medidas de Ahorro Energético en los Circuitos Hidráulicos. Guías IDAE 013.  
Disponible en:  
<https://www.idae.es/publicaciones/medidas-de-ahorro-energetico-en-los-circuitos-hidraulicos-guias-idae-013>.

**IPCC. 2006**. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Eggleston, H. S. *et al.* (Eds.). Preparado por National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES (Japón). Disponible en:  
[https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2\\_Volume2/V2\\_0\\_Cover.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_0_Cover.pdf).

**Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. 2020**. Método da análise de despacho. Disponible en:  
[https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao\\_despacho.html](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_despacho.html).

**Ministerio de Minas y Energía de Colombia. 2020**. Precios de Combustibles - Minenergía. Disponible en:  
<https://www.minenergia.gov.co/precios-de-combustible>.

**Ministerio de Energía y Minas de Perú. 2020**. Dirección General de Eficiencia Energética. Disponible en:  
<http://www.minem.gob.pe/giee/pdf/ficha-informativa-02-secundaria.pdf>.

**Ministerio del Ambiente. 2020**. Estudio de Desempeño Ambiental. Disponible en:  
<https://www.minam.gob.pe/esda/6-1-1-emisiones-de-contaminantes-atmosfericos/>.

**Ministerio del Medio Ambiente. 2018**. Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero. Disponible en: [https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/recurso\\_1-1.pdf](https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/recurso_1-1.pdf).

**Osinergmin. 2020a**. Facilito - Precios de la energía. Disponible en:  
<http://www.facilito.gob.pe/facilito/pages/facilito/menuPrecios.jsp>.

-----, **2020b**. Facilito - Pliegos tarifarios aplicables al cliente final. Disponible en:  
<https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/regulacion-tarifaria/pliegos-tarifarios/electricidad/pliegos-tarifarios-cliente-final>.

**Secretaría de Gobernación. 2015.** Diario Oficial de la Federación. Particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero. Disponible en:  
[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5406149&fecha=03/09/2015](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5406149&fecha=03/09/2015).

**UPME. 2016.** Calculadora Fecoc 2016. Disponible en:  
[http://www.upme.gov.co/Calculadora\\_Emisiones/aplicacion/calculadora.html](http://www.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones/aplicacion/calculadora.html).

-----, **2020.** Cálculo del factor de emisión de CO<sub>2</sub> del SIN. Disponible en:  
<https://www1.upme.gov.co/siame/Paginas/calculo-factor-de-emision-de-Co2-del-SIN.aspx>.

**XM. 2020.** Precio promedio y energía transada. XM. Disponible en:  
<https://www.xm.com.co/Paginas/Mercado-de-energia/precio-promedio-y-energia-transada.aspx>.

## ANEXO 1. GLOSARIO

<b>Ahorro energético</b>	Reducción en el consumo de energía durante la producción de un bien o la prestación de un servicio dentro de un periodo determinado.
<b>Ahorro energético garantizado</b>	Corresponde al ahorro energético mínimo que garantiza el proveedor al cliente, basado en un “uso final de la energía” acordado para el proyecto.
<b>Cliente</b>	Persona natural o jurídica que ejerce alguna actividad industrial, comercial o de servicio constituido como persona jurídica, que hará la inversión en un proyecto de eficiencia energética o de generación de energía.
<b>Condición controlada</b>	Todo parámetro que tiene influencia sobre el desempeño energético del sistema y que es necesario mantener en un valor constante o con una fluctuación acotada para obtener mediciones representativas.
<b>Consumo actual</b>	Parámetro que sirve para caracterizar el consumo de cada uno de los energéticos que utiliza el sistema o equipo existente.
<b>Consumo de referencia</b>	Parámetro que sirve para caracterizar, en proyectos nuevos, el consumo de cada uno de los energéticos que utiliza el sistema o equipo de referencia seleccionado.
<b>Consumo propuesto</b>	Parámetro que sirve para caracterizar el consumo esperado de cada uno de los diferentes energéticos que utilizará la solución tecnológica a instalar.
<b>Energético</b>	Toda sustancia, material o forma de energía que pueda utilizarse como fuente de energía para el funcionamiento de algún equipo necesario para la actividad comercial de un cliente de forma directa o indirecta.
<b>Energía generada garantizada</b>	Corresponde a la energía mínima que el proveedor garantiza al cliente que va a generar con el proyecto, sobre la base de una disponibilidad anual fija del “recurso renovable” acordado con el cliente.
<b>Energía renovable suministrada</b>	Energía suministrada por un sistema de generación durante un periodo de tiempo, mediante el uso de recursos renovables.

<b>Entidad validadora</b>	Persona jurídica con competencias y experiencia en evaluación de proyectos de eficiencia energética y generación de energía que tiene la función de examinar la coherencia de la información presentada para el proyecto y: i) evaluar si el proyecto tiene el potencial de alcanzar los ahorros prometidos (validación del proyecto); ii) verificar <i>in situ</i> si el proyecto se ha entregado según especificaciones (verificación del proyecto), y iii) actuar como árbitro en caso de algún desacuerdo entre cliente y proveedor en torno al desempeño del proyecto durante un cierto periodo (verificación de resultados).
<b>Equipo de referencia</b>	Equipo definido por el proveedor como una tecnología estándar utilizada en el rubro o sector del cliente, cuando el cliente no esté en ese momento requiriendo el producto o servicio que ofrece el equipo propuesto por el proveedor.
<b>Gases de efecto invernadero (GEI) evitados</b>	Para un proyecto de desempeño energético corresponde a los GEI evitados gracias al ahorro energético alcanzado. En el caso de un proyecto de generación de energía corresponde a los GEI evitados gracias a la energía renovable generada.
<b>Gasto financiero evitado</b>	En el caso de un proyecto de desempeño energético corresponde al ahorro monetario generado por el ahorro energético alcanzado. En un proyecto de generación de energía corresponde al ahorro monetario que se logra gracias a la energía renovable generada.
<b>Índice de desempeño energético (IDE)</b>	Valor cuantitativo o medida del desempeño energético de un sistema o equipo, establecido como la relación entre el consumo de energía de entrada y el “uso final de la energía” producido.
<b>Índice de desempeño energético base (IDEbase)</b>	Valor cuantitativo o medida del desempeño energético del equipo existente (o de referencia, según el caso), establecido como la relación entre el consumo de energía de entrada y el “uso final de la energía” producido.
<b>Índice de desempeño energético esperado (IDEesperado)</b>	Valor cuantitativo o medida del desempeño energético que se espera alcanzar con el equipo o sistema que va a instalarse, establecido como la relación entre el consumo de energía de entrada y el “uso final de la energía” producido.
<b>Índice de desempeño ambiental base (IDAbase)</b>	Valor cuantitativo resultante de la relación entre la cantidad de emisiones de GEI producidas por el equipo existente (o de referencia, según el caso) y el “uso final de la energía” producido.

<b>Índice de desempeño ambiental esperado (IDAesperado)</b>	Valor cuantitativo resultante de la relación entre la cantidad de emisiones de GEI que se espera alcanzar con el equipo o sistema que va a instalarse y el “uso final de la energía” producido.
<b>Índice de desempeño financiero base (IDFbase)</b>	Valor cuantitativo resultante de la relación entre gastos en los energéticos generados por el uso del equipo existente (o de referencia, según el caso) y el “uso final de la energía” producido.
<b>Índice de desempeño financiero esperado (IDFesperado)</b>	Valor cuantitativo resultante de la relación entre los gastos teóricos que se espera en energéticos, generados por el uso del equipo o el sistema que se va a instalar, y el “uso final de la energía” producido.
<b>Índice de emisiones evitadas (IEE)</b>	Valor cuantitativo que representa la relación entre las emisiones de GEI evitadas gracias a la energía renovable generada por el sistema y el “recurso renovable” utilizado a tal fin.
<b>Índice de energía generada</b>	Valor cuantitativo que representa la relación entre la energía renovable generada por el sistema y el “recurso renovable” utilizado a tal fin.
<b>Índice de gastos evitados (IGE)</b>	Valor cuantitativo que representa la relación entre los gastos evitados gracias a la energía renovable generada por el sistema y el “recurso renovable” utilizado a tal fin.
<b>Instalación</b>	Establecimiento donde el cliente realiza su actividad industrial o comercial y donde se llevará a cabo el proyecto.
<b>Nueva tecnología</b>	Se refiere a situaciones donde no hay un cambio de equipo existente. En proyectos de eficiencia energética, se utilizará como equipo de referencia para estimar los ahorros aquel que posea el cliente, según información de estudios del sector, del proveedor o de la literatura. En el caso de un proyecto de generación, la referencia puede ser un sistema de autogeneración, la red o una combinación de los dos.
<b>Parámetro</b>	Representa una característica medible o cuantificable de un equipo o sistema y/o su entorno que resulta relevante para evaluar su condición de operación.
<b>Periodo de medición</b>	Periodo de tiempo durante el cual se realizará una medición (o estimación, según el caso) de algún parámetro relevante para determinar ya sea el desempeño energético de un equipo existente (o de referencia, según el caso) o la energía renovable suministrada por un sistema de generación.

<b>Proveedor</b>	Persona natural o jurídica dedicada a la comercialización, el suministro y el mantenimiento de equipos, que ofrece el desarrollo de proyectos de eficiencia energética y/o el aprovechamiento de energías renovables.
<b>Recurso renovable</b>	Recurso natural utilizado para producir energía (por ejemplo, radiación, biomasa, viento) el cual es posible renovar mediante mecanismos propios de la naturaleza a una tasa de velocidad mayor a la que se consume.
<b>Residuo inerte</b>	Residuo no peligroso que no experimenta variaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble, ni combustible, ni reacciona física o químicamente, ni de ninguna otra manera. No es biodegradable y tampoco afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto.
<b>Residuo no peligroso</b>	Residuo que no presenta riesgo para la salud pública ni efectos adversos para el medio ambiente.
<b>Residuo peligroso</b>	Residuo o mezcla de residuos que presenta riesgo para la salud pública y/o efectos adversos para el medio ambiente, ya sea de forma directa o debido a su manejo actual o previsto.
<b>Sustitución de tecnología</b>	Se refiere a situaciones donde no hay un cambio de equipo existente. En proyectos de eficiencia energética, el equipo nuevo debe tener un mejor desempeño energético que el que va a reemplazarse. En el caso de un proyecto de generación, el equipo nuevo es un sistema de generación que opera con recursos renovables y que reemplazará total o parcialmente un sistema que consume combustible o un sistema renovable obsoleto.
<b>Uso final de la energía</b>	Es el servicio útil producido por el equipo o tecnología que necesita el cliente para el funcionamiento de su actividad ya sea de forma directa (por ejemplo, toneladas de producto congelado en cámaras frigoríficas) o indirecta, a fin de obtener las condiciones que le permitan producir sus bienes o servicios (por ejemplo, horas de iluminación).
<b>Validación</b>	Proceso de evaluación independiente por parte de la entidad validadora sobre un proyecto de eficiencia energética o generación de energía, que busca evaluar la razonabilidad de los ahorros o energía generada garantizados, propuestos por el proveedor según información que presenta.
<b>Variable</b>	Parámetro que sirve para caracterizar indirectamente el “uso final de la energía” o la energía renovable suministrada en un proyecto.

## ANEXO 2. PARÁMETROS DE MEDICIÓN POR TECNOLOGÍA

Los cuadros que figuran a continuación muestran algunos ejemplos de variables de medición y condiciones controladas para tecnologías de proyectos de eficiencia energética y generación de energía.

**Cuadro A2.1. Ejemplo de parámetros relevantes para proyectos de desempeño energético**

Tecnología	"Uso final de la energía"		Variable		Condición controlada	
	Nombre	Unidad	Nombre	Unidad	Nombre	Unidad
Caldera de agua	Agua caliente sanitaria	m³			Temperatura de entrada de agua fría	°C
					Temperatura de envío de agua caliente	°C
					Factor de carga	%
Iluminación	Hora-Luz	h				
Motor eléctrico	Energía mecánica entregada	hp-h	Voltaje	V	Factor de carga	%
			Corriente	A		
			Factor de potencia	-		
Climatización	Energía térmica extraída	BTU	Flujo de aire acondicionado	Lb/h	Humedad relativa	%
			Entalpía de aire de envío	BTU/lb		
			Entalpía de aire de retorno	BTU/lb		
Refrigeración	Energía térmica extraída	MBTU	Capacidad	kW	Temperatura ambiente	°C
					Temperatura interior de cámara frigorífica	°C
Sistema solar térmico	Agua caliente sanitaria	m³	Tiempo de medición	h	Temperatura de entrada de agua fría	°C
					Temperatura de envío de agua caliente	°C
Horno o secador	Masa de producto	kg			Temperatura ambiente	°C
					Humedad de sustrato	g/kg

**Cuadro A2.1. Ejemplo de parámetros relevantes para proyectos de desempeño energético (continuación)**

Tecnología	"Uso final de la energía"		Variable		Condición controlada	
	Nombre	Unidad	Nombre	Unidad	Nombre	Unidad
Cogeneración	Energía térmica cedida	kWht			Factor de carga	%
	Energía eléctrica (corresponde al parámetro "generación eléctrica")	kWhe				
Mototaxis eléctricos	Distancia recorrida	km			Peso transportado	kg
Compresor de aire	Aire comprimido	l			Temperatura ambiente	°C

Fuente: elaboración propia.

**Cuadro A2.2. Ejemplo de parámetros relevantes para proyectos de generación de energía**

Tecnología	Energía renovable suministrada		Recurso renovable		Condición controlada	
	Nombre	Unidad	Nombre	Unidad	Nombre	Unidad
Sistema fotovoltaico	Electricidad	kWhe	Radiación solar	kWh/m <sup>2</sup>		
Generación de biogás	Biogás	m <sup>3</sup>	Sustrato	m <sup>3</sup>	Temperatura de digestión	°C
					pH	

Fuente: elaboración propia.

## ANEXO 3. FACTORES DE EMISIÓN Y OTROS DATOS DE ENERGÉTICOS

**Cuadro A3.1. Factores de emisión para combustión en fuentes estacionarias**

Combustible	Factor de emisión	Factor de emisión	Factor de emisión
Combustión estacionaria	kg CO <sub>2</sub> /TJ	kg CH <sub>4</sub> /TJ	kg N <sub>2</sub> O/TJ
Petróleo crudo	73.300	3	0,6
Orimulsión	77.000	3	0,6
Gas natural licuado	64.200	3	0,6
Gasolina para motores	69.300	3	0,6
Gasolina para la aviación	70.000	3	0,6
Gasolina para motor a reacción	70.000	3	0,6
Queroseno para motor a reacción	71.500	3	0,6
Otro queroseno	71.900	3	0,6
Esquisto bituminoso	73.300	3	0,6
Gas/Diesel oil	74.100	3	0,6
Fuelóleo residual	77.400	3	0,6
Gases licuados de petróleo	63.100	1	0,1
Etano	61.600	1	0,1
Nafta	73.300	3	0,6
Bitumen	80.700	3	0,6
Lubricantes	73.300	3	0,6
Coque petróleo	97.500	3	0,6
Alimentación a procesos de refinerías	73.300	3	0,6
Gas de refinería	57.600	1	0,1
Ceras de parafina	73.300	3	0,6
Espíritu blanco y SBP	73.300	3	0,6
Otros productos de petróleo	73.300	3	0,6
Antracita	98.300	1	1,5
Carbón de coque	94.600	1	1,5
Otro carbón bituminoso	94.600	1	1,5
Carbón sub-bituminoso	96.100	1	1,5
Lignito	101.000	1	1,5
Esquisto bituminoso y alquitrán	107.000	1	1,5
Briquetas de carbón y lignito	97.500	1	1,5
Combustible evidente	97.500	1	1,5
Coque para horno de coque y coque de lignito	107.000	1	1,5

**Cuadro A3.1. Factores de emisión para combustión en fuentes estacionarias (continuación)**

Combustible	Factor de emisión	Factor de emisión	Factor de emisión
Combustión estacionaria	kg CO <sub>2</sub> /TJ	kg CH <sub>4</sub> /TJ	kg N <sub>2</sub> O/TJ
Coque de gas	107.000	1	0,1
Alquitrán de hulla	80.700	1	1,5
Gas de fábricas de gas	44.400	1	0,1
Gas de horno de coque	44.400	1	0,1
Gas de alto horno	260.000	1	0,1
Gas de horno de oxígeno para aceros	182.000	1	0,1
Gas natural	56.100	1	0,1
Desechos municipales (sin biomasa)	91.700	30	4
Desechos industriales	143.000	30	4
Óleos de desecho	73.300	30	4
Turba	106.000	1	1,5
Madera/desechos de madera	112.000	30	4
Lejía de sulfito (licor negro)	95.300	3	2
Otra biomasa sólida primaria	100.000	30	4
Carbón vegetal	112.000	200	4
Biogasolina	70.800	3	0,6
Biodiésel	70.800	3	0,6
Otros combustibles líquidos	79.600	3	0,6
Gas de vertedero	54.600	1	0,1
Gas de digestión de lodos cloacales	54.600	1	0,1
Otro biogás	54.600	1	0,1
Desechos municipales (biomasa)	100.000	30	4

Fuente: Matsika *et al.* (2006).

**Cuadro A3.2. Factores de emisión de red, poderes caloríficos y precios de energéticos por país**

País	Factor de emisión		Poderes caloríficos combustibles	Precios de combustibles	Precio de electricidad
	Combustibles	Sistema eléctrico			
Colombia	Calculadora de emisiones (UPME 2016)	Cálculo del factor de emisión de CO <sub>2</sub> del SIN (UPME 2020)	Calculadora de emisiones (UPME 2016)	Precios de combustibles (Minenergía 2020)	Precio promedio y energía transada (XM 2020)
Chile	Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero (MMA Chile 2018)	Factor de Emisión - Promedio Anual (Energía Abierta beta 2020)	Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero (MMA Chile 2018)	Estadísticas de hidrocarburos (Energía Abierta Beta 2020)	Tarificación eléctrica (Comisión Nacional de Energía 2020)
Brasil	Método da análise de despacho (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações 2020)	Método da análise de despacho (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações 2020)	Fatores de conversão, densidades e poderes caloríficos inferiores (ANP 2018)	Preços ANP (ANP 2020)	Ranking das Tarifas - ANEEL (ANEEL 2020)
México	Particularidades técnicas y fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero (Secretaría de Gobernación - Diario oficial de la Federación 2015)	Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2019 - CRE (Comisión Reguladora de Energía 2020)	Lista de combustibles, poderes caloríficos netos y equivalencia en términos de barriles de petróleo crudo equivalente - CONUEE (CONUEE 2020)	Precios de petrolíferos, Gas LP y los índices de referencia de precios de gas natural (CENACE - Gobierno de México 2020)	Precios de energía del mercado de corto plazo (CENACE - Gobierno de México 2020)
Perú	Estudio de desempeño ambiental (Ministerio del Ambiente 2020)	Estudio de desempeño ambiental (Ministerio del Ambiente 2020)	Ministerio de Energía y Minas (Ministerio de Energía y Minas, 2020)	Facilito - Precios de combustibles (Osinergmin 2020)	Facilito - Pliegos tarifarios aplicables al cliente final (Osinergmin 2020)

Fuente: elaboración propia.

## ANEXO 4. INDICADORES

A continuación, se detallan más extensamente los indicadores desarrollados y las variaciones que sufren en el caso de algunas tecnologías específicas.

### Desempeño energético

- Índice de desempeño energético (formula extendida)

Al considerar tres energéticos, el indicador de desempeño energético se define como:

7.

$$IDE \left[ \frac{kWh_{eq}}{Und. \text{ uso final}} \right] = \frac{\text{Consumo de energía}}{\text{Uso final de la energía}} = \frac{\left( \begin{array}{l} Consumo_{energético1} [Unidad_{energético1}] \cdot PCI_{energético1} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético1}} \right] + \\ Consumo_{energético2} [Unidad_{energético2}] \cdot PCI_{energético2} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético2}} \right] + \\ Consumo_{energético3} [Unidad_{energético3}] \cdot PCI_{energético3} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético3}} \right] \end{array} \right)}{Unidad \text{ uso final de la energía}}$$

- Índice de desempeño ambiental (formula extendida)

8.

$$IDA \left[ \frac{tCO_2}{Und. \text{ uso final}} \right] = \frac{\left( \begin{array}{l} FE_{energético1} \left[ \frac{tCO_2}{kWh_{eq}} \right] \cdot Consumo_{energético1} [Unidad_{energético1}] \cdot PCI_{energético1} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético1}} \right] + \\ FE_{energético2} \left[ \frac{tCO_2}{kWh_{eq}} \right] \cdot Consumo_{energético2} [Unidad_{energético2}] \cdot PCI_{energético2} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético2}} \right] + \\ FE_{energético3} \left[ \frac{tCO_2}{kWh_{eq}} \right] \cdot Consumo_{energético3} [Unidad_{energético3}] \cdot PCI_{energético3} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético3}} \right] \end{array} \right)}{Unidad \text{ uso final de la energía}}$$

- Índice de desempeño financiero (formula extendida)

9.

$$IDF \left[ \frac{\$}{Und. \text{ uso final}} \right] = \frac{\left( \frac{Precio_{energético1} \left[ \frac{\$}{Unidad_{energético1}} \right]}{PCI_{energético1} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético1}} \right]} \bullet Consumo_{energético1} [kWh_{eq}] + \right. \\ \left. \frac{Precio_{energético2} \left[ \frac{\$}{Unidad_{energético2}} \right]}{PCI_{energético2} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético2}} \right]} \bullet Consumo_{energético2} [kWh_{eq}] + \right. \\ \left. \frac{Precio_{energético3} \left[ \frac{\$}{Unidad_{energético3}} \right]}{PCI_{energético3} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético3}} \right]} \bullet Consumo_{energético3} [kWh_{eq}] \right)}{Unidad \text{ uso final de la energía}}$$

### Cogeneración (generación por combustión)

- Índice de desempeño energético base (formula extendida)

Para la cogeneración, el “uso final de la energía” se considera como la energía térmica cedida a servicio, que es el punto de comparación entre el sistema actual y el de cogeneración que será instalado; por lo tanto, el indicador base considera los equipos que estén actualmente produciendo energía térmica y para ello puede considerar un máximo de tres energéticos distintos, como se muestra en la siguiente ecuación:

10.

$$IDE \left[ \frac{kWh_{eq}}{Und. \text{ uso final}} \right] = \frac{Consumo \text{ de energía equipo actual}}{Energía térmica cedida (kWh)} = \left( \frac{Consumo_{energético1} [Unidad_{energético1}] \bullet PCI_{energético1} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético1}} \right] +}{Consumo_{energético2} [Unidad_{energético2}] \bullet PCI_{energético2} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético2}} \right] +} \right) / kWh,$$

- Índice de desempeño energético esperado (formula extendida)

El índice de desempeño energético esperado para el sistema de cogeneración contempla cubrir la energía térmica cedida declarada para el caso base actual y a eso sumar la generación de energía eléctrica, lo cual produce mejoras en el desempeño energético al compararlo con la mera producción de energía térmica. La siguiente ecuación muestra el cálculo de desempeño energético al considerar tres tipos de energéticos; sin embargo, lo más común es que el sistema solo utilice un tipo de energético:

**11.**

$$IDE \left[ \frac{kWh_{eq}}{Und. \text{ uso final}} \right] = \frac{\text{Consumo de energía CoGenerador}}{\text{Energía térmica cedida (kWh)} + \text{Energía eléctrica generada (kWh)}} = \left( \frac{\text{Consumo}_{energético1} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético1}} \right] \cdot PCI_{energético1} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético1}} \right] + \text{Consumo}_{energético2} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético2}} \right] \cdot PCI_{energético2} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético2}} \right] + \text{Consumo}_{energético3} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético3}} \right] \cdot PCI_{energético3} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético3}} \right]}{\text{Consumo}_{energético1} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético1}} \right] \cdot PCI_{energético1} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético1}} \right] + \text{Consumo}_{energético2} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético2}} \right] \cdot PCI_{energético2} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético2}} \right] + \text{Consumo}_{energético3} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético3}} \right] \cdot PCI_{energético3} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético3}} \right]} \right) / kWh_t + kWh_e$$

Nota: la energía térmica cedida es la energía cedida a una cantidad de algún “producto térmico” como puede ser agua caliente, vapor, etc. Además, es lo que determina el punto de comparación para el desempeño del sistema actual y el de cogeneración.

- Índice de desempeño ambiental base (formula extendida)

El índice de desempeño ambiental base para cogeneración da cuenta del consumo de energéticos por parte de la tecnología actual que al multiplicarlos por sus respectivos factores de emisión dan cuenta de la generación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para producir la energía térmica que se cede a servicio. Además, se le agrega el factor de emisión del sistema eléctrico nacional (o grupo electrógeno, según corresponda), tal como se muestra en la siguiente ecuación:

**12.**

$$IDA \left[ \frac{tCO_2}{Und. \text{ uso final}} \right] = \frac{\left( FE_{energético1} \left[ \frac{tCO_2}{kWh_{eq}} \right] \cdot \text{Consumo}_{energético1} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético1}} \right] \cdot PCI_{energético1} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético1}} \right] + FE_{energético2} \left[ \frac{tCO_2}{kWh_{eq}} \right] \cdot \text{Consumo}_{energético2} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético2}} \right] \cdot PCI_{energético2} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético2}} \right] + FE_{energético3} \left[ \frac{tCO_2}{kWh_{eq}} \right] \cdot \text{Consumo}_{energético3} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético3}} \right] \cdot PCI_{energético3} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético3}} \right] \right)}{kWh_t} + \frac{tCO_2 \text{ Sistema Eléctrico Nacional o Grupo Electrónico}}{kWh_e}$$

- Índice de desempeño ambiental estimado (formula extendida)

El índice de desempeño ambiental estimado para cogeneración contempla las emisiones directas del sistema de cogeneración al utilizar hasta tres energéticos distintos (si aplica) respecto del total de la energía térmica cedida junto a la energía eléctrica generada.

13.

$$IDA \left[ \frac{tCO_2}{Und. \text{ uso final}} \right] = \frac{\left( FE_{energético1} \left[ \frac{tCO_2}{kWh_{eq}} \right] \cdot Consumo_{energético1} [Unidad_{energético1}] \cdot PCI_{energético1} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético1}} \right] + \right. \\ \left. FE_{energético2} \left[ \frac{tCO_2}{kWh_{eq}} \right] \cdot Consumo_{energético2} [Unidad_{energético2}] \cdot PCI_{energético2} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético2}} \right] + \right. \\ \left. FE_{energético3} \left[ \frac{tCO_2}{kWh_{eq}} \right] \cdot Consumo_{energético3} [Unidad_{energético3}] \cdot PCI_{energético3} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético3}} \right] \right)}{kWh_t + kWh_e}$$

- Indicador de desempeño financiero base (formula extendida)

El índice de desempeño financiero base para cogeneración da cuenta del consumo de energéticos por parte de la tecnología actual que al multiplicarse por sus respectivos precios dan cuenta del gasto financiero para producir la energía térmica que se cede a servicio. Además, se le agrega el costo por kWh<sub>e</sub> del sistema eléctrico nacional (o grupo electrógeno, según corresponda), tal como se muestra en la siguiente ecuación:

14.

$$IDF \left[ \frac{\$}{Und. \text{ uso final}} \right] = \frac{\left( \frac{Precio_{energético1} \left[ \frac{\$}{Unidad_{energético1}} \right]}{PCI_{energético1} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético1}} \right]} \cdot Consumo_{energético1} [kWh_{eq}] + \right. \\ \left. \frac{Precio_{energético2} \left[ \frac{\$}{Unidad_{energético2}} \right]}{PCI_{energético2} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético2}} \right]} \cdot Consumo_{energético2} [kWh_{eq}] + \right. \\ \left. \frac{Precio_{energético3} \left[ \frac{\$}{Unidad_{energético3}} \right]}{PCI_{energético3} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético3}} \right]} \cdot Consumo_{energético3} [kWh_{eq}] \right)}{kWh_t} + \frac{\$ \text{ Sistema eléctrico nacional o grupo electrógeno}}{kWh_e}$$

- Indicador de desempeño financiero estimado (formula extendida)

El índice de desempeño financiero estimado para cogeneración contempla los costos del sistema de cogeneración al utilizar hasta tres energéticos distintos (si aplica) respecto del total de la energía térmica cedida junto a la energía eléctrica generada, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

15.

$$IDF \left[ \frac{\$}{Und. \text{ uso final}} \right] = \frac{\left( \frac{Precio_{energético1} \left[ \frac{\$}{Unidad_{energético1}} \right]}{\frac{Precio_{energético1} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético1}} \right]} \cdot Consumo_{energético1} [kWh_{eq}] + \right.}{kWh_t + kWh_e}$$

$$\left. \frac{Precio_{energético2} \left[ \frac{\$}{Unidad_{energético2}} \right]}{\frac{Precio_{energético2} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético2}} \right]} \cdot Consumo_{energético2} [kWh_{eq}] + \right.$$

$$\left. \frac{Precio_{energético3} \left[ \frac{\$}{Unidad_{energético3}} \right]}{\frac{Precio_{energético3} \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{energético3}} \right]} \cdot Consumo_{energético3} [kWh_{eq}] \right)$$

## Generación de energía

- Índice de energía generada (IEG)

En el caso del índice de energía generada base, se trata del mismo que se detalla en la sección 1.2.2 de este documento, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

16.

$$IEG \left[ \frac{kWh_{generados}}{Unidad \text{ del recurso renovable}} \right] = \frac{Energía \text{ renovable suministrada}}{Recurso \text{ renovable}}$$

En caso de que el sistema de generación de energía renovable requiera del consumo de energía para funcionar –como podría ser el caso de un reactor de biogás–, este consumo se deberá descontar de la energía generada, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

17.

$$IEG \left[ \frac{kWh_{generados}}{Unidad\ del\ recurso\ renovable} \right] = \frac{Energía\ renovable\ suministrada - Energía\ consumida\ por\ el\ sistema\ renovable}{Recurso\ renovable}$$

- Índice de emisiones evitadas (IEE)

En el caso del IEE, este se calcula basado en la cantidad de energía que genera el sistema de energía renovable y en la cantidad de emisiones que tendría esta energía si fuese generada por los sistemas actuales de generación y/o consumida por el sistema de distribución por parte del cliente.

Entendiendo que esta energía demandada por el cliente además puede ser generada por distintos equipos, es preciso considerar la distribución porcentual de cómo se distribuye la generación en los distintos equipos de generación actual y/o el sistema de distribución, lo cual se declara en la hoja técnica. El cálculo se realiza tal como lo muestra la siguiente ecuación:

18.

$$IEE \left[ \frac{tCO_2}{Und.\ Recurso\ renovable} \right] = IEG \left[ \frac{kWh_{generados}}{Und.\ Recurso\ renovable} \right] \cdot \left( \frac{\%Generación\ actual\ equipo1}{\% Eficiencia\ equipo1} \cdot FE_{combustible\ equipo1} \left[ \frac{tCO_2}{kWh_{eq}} \right] + \right. \\ \left. \frac{\%Generación\ actual\ equipo\ n}{\% Eficiencia\ equipo\ n} \cdot FE_{combustible\ equipo\ n} \left[ \frac{tCO_2}{kWh_{eq}} \right] + \%Uso\ sist.\ Distribución \cdot FE_{Sist.\ Distribución} \left[ \frac{tCO_2}{kWh} \right] \right)$$

En caso de que el sistema de generación de energía renovable requiera del consumo de energía para funcionar –como podría ser el caso de un reactor de biogás–, el IEG usado en la ecuación recién mostrada tendría descontada esta energía que el sistema de energía renovable utiliza para poder funcionar.

- Índice de gastos evitados (IGE)

En el caso del IGE, este se calcula sobre la base de la cantidad de energía que genera el sistema de energía renovable y el costo que tendría esta energía si fuese generada por los sistemas actuales de generación y/o consumida desde el sistema de distribución por parte del cliente.

Entendiendo que esta energía demandada por el cliente además puede ser generada por distintos equipos, es preciso considerar la distribución porcentual de cómo se distribuye esta generación en los distintos equipos de generación actual y/o el sistema de distribución, lo cual se declara en la hoja técnica. El cálculo se realiza tal como lo muestra la siguiente ecuación:

**19.**

$$IGE \left[ \frac{\$}{Und. Recurso renovable} \right] = IEG \left[ \frac{kWh_{generados}}{Und. Recurso renovable} \right] \cdot \left( \frac{\% Generación actual equipo 1}{\% Eficiencia equipo 1} \cdot \frac{Precio Comb. equipo 1 \left[ \frac{\$}{Unidad_{Combustible}} \right]}{PCI Comb. equipo 1 \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{Combustible}} \right]} + \right. \\ \left. \frac{\% Generación actual equipo n}{\% Eficiencia equipo n} \cdot \frac{Precio Comb. equipo n \left[ \frac{\$}{Unidad_{Combustible}} \right]}{PCI Comb. equipo n \left[ \frac{kWh_{eq}}{Unidad_{Combustible}} \right]} + \% Uso sist. distribución \cdot Precio Sist. distribución \left[ \frac{\$}{kWh} \right] \right)$$

En caso de que el sistema de generación de energía renovable requiera del consumo de energía para funcionar –como podría ser el caso de un reactor de biogás–, el IGE usado en la ecuación recién mostrada tendría descontada esta energía que el sistema de energía renovable utiliza para poder funcionar.

## ANEXO 5. FORMATOS DE VALIDACIÓN, VERIFICACIÓN Y MONITOREO DEL DESEMPEÑO DE PROYECTOS

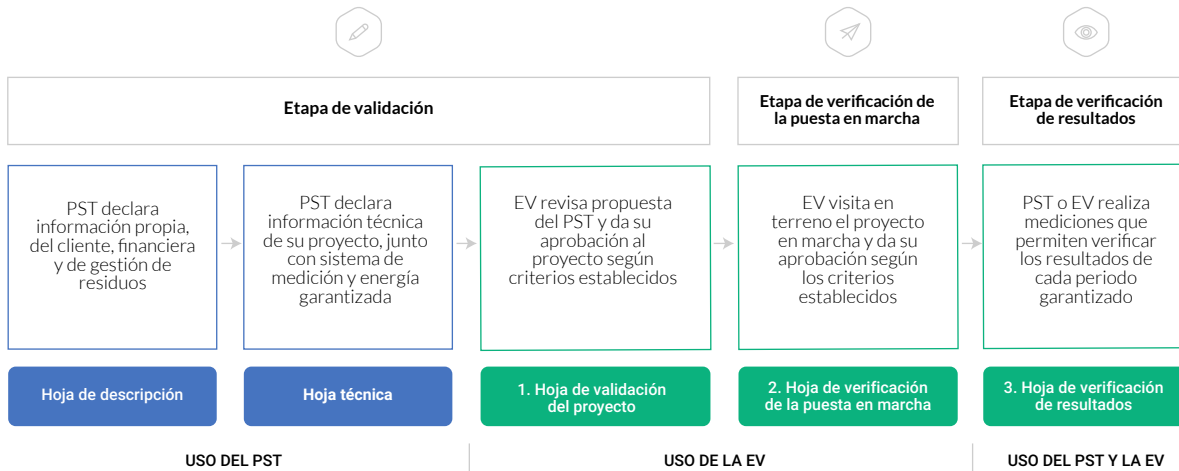
Descripción	Página
Lista de control para la validación del proyecto	1
Lista de control para la verificación de la puesta en marcha del proyecto	3
Formulario para el monitoreo del desempeño del proyecto y la verificación de resultados	4

## ANEXO 6. HERRAMIENTA PARA ESTIMAR AHORROS O GENERACIÓN DE ENERGÍA POR TIPO DE TECNOLOGÍA

Descripción				Página
Presentación general de la herramienta				1
Formato de descripción general del proyecto				2
Formato específico por tecnología		Sustitución	Nuevo	
Desempeño energético	Calderas	CAL-S	CAL-N	5
	Iluminación	IL-S	IL-N	20
	Motores	MT-S	MT-N	28
	Climatización	HVAC-S	HVAC-N	36
	Refrigeración	Refrg-S	Refrg-N	52
	Hornos-Secadores	Horno-S	Horno-N	68
	Compresores de aire	AireComp-S	AireComp-N	88
	Flotas de mototaxis	TaxiE-S	TaxiE-N	12
	Sistema solar térmico	SST-S	SST-N	60
	Generación por combustión	CHP-S	CHP-N	76
Generación de energía	Generación solar fotovoltaica	PV-S	PV-N	96
	Generación de biogás	BGas-S	BGas-N	104

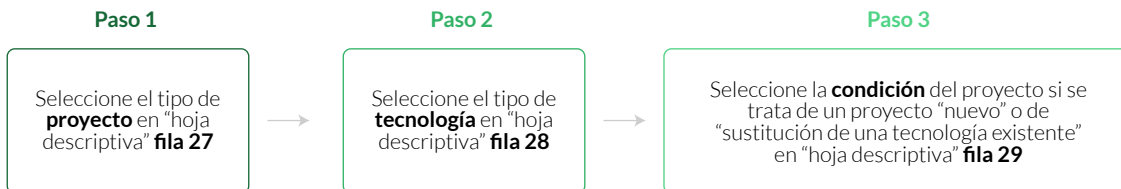
## CONTEXTO

El Programa de Seguros de Ahorros de Energía, desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), con el apoyo del Ministerio de Energía de Dinamarca y de Green Finance LAC, es un mecanismo novedoso de mitigación de riesgos, que tiene como objetivo promover las inversiones en eficiencia energética dentro del sector privado en diferentes países (Brasil, El Salvador, Chile, México, Perú, Colombia, entre otros), a través un seguro de ahorros energéticos durante el proceso de operación del sistema.



### Validación Técnica de un Proyecto:

Corresponde a la validación técnica del proyecto que se ejecutará y debe diligenciar únicamente la “hoja descriptiva” y la “hoja técnica” correspondiente a la tecnología que se implementará. Siga las siguientes indicaciones para activar la “hoja técnica” específica de la tecnología y tipo de proyecto. En caso de querer cambiar la condición de la tecnología en el paso 3, deberá volver a partir desde el paso 2 en adelante.

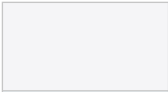




### Etapa de Verificación de Resultados:

Corresponde a la validación de los resultados de ahorros energéticos obtenidos del proyecto instalado, diligencie únicamente la hoja “3-V\_Resultados”.



### **Simbología de celdas en el formulario:**

	Corresponde a celdas donde se registra la información manualmente.
	Corresponde a celdas auto-calculadas, según información registrada en las celdas de color gris.
	Corresponde a celdas que se activan o desactivan según la selección en una lista desplegable de una celda próxima a la que tenga este color.



### **Recomendaciones e indicaciones:**

- ✓ Habilitar macros para poder comenzar a trabajar con este formulario.
- ✓ Este formulario ha sido testeado en Office 2016 y Office 365.
- ✓ Este formulario ha sido testeado en Windows 10 y macOS 10.0.4.