



# Metodología de Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Transición Energética en Edificios Públicos

Noviembre de 2019

## Contenido

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 1: Antecedentes</b>	<b>5</b>
Principios detrás de la Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Transición Energética en Edificios Públicos tipo oficinas, hospitales y escuelas	5
Complementariedad, independencia o sustituibilidad de las tecnologías	9
Tecnologías complementarias	10
Tecnologías independientes	10
Tecnologías sustitutas	10
<b>Capítulo 2: Tipología de proyectos y normatividad aplicable en el contexto mexicano para transición energética en edificios públicos</b>	<b>11</b>
Programas de reconversión energética en edificios públicos y proyectos de edificaciones nuevas eficientes energéticamente	11
Generación de energía eléctrica respecto a la demanda	14
Proyectos de generación de energía renovable versus proyectos de eficiencia energética	15
Normatividad y aspectos legales por considerar en el contexto mexicano	17
<b>Capítulo 3: Metodología de Evaluación Socioeconómica de proyectos de reconversión energética en edificios públicos</b>	<b>18</b>
Introducción	18
Paso 1: elaboración de un diagnóstico de la Situación Actual	20
Paso 2: Definición de la Situación sin Proyecto y análisis de alternativas de solución	34
Paso 3: Descripción de la Situación con el Proyecto	39
Paso 4: Identificación, cuantificación y valoración de los costos y los beneficios socioeconómicos del proyecto	46
Paso 5: cálculo de los indicadores de rentabilidad	53
Paso 6: Elaboración del análisis de sensibilidad y del análisis de riesgos	58
Paso 7: Conclusión y formulación de recomendaciones	60
<b>Capítulo 4: Transición energética para edificaciones nuevas</b>	<b>61</b>



Antecedentes para emplear este apartado de la metodología	61
Comparación de alternativas de edificaciones nuevas con un enfoque de transición energética	63
<b>Conclusiones</b>	<b>70</b>

## Introducción

Cada día son más evidentes las consecuencias del cambio climático en el medio ambiente; incrementos de temperatura en verano, inviernos más intensos, deshielo en los polos, el aumento en el nivel del mar o calentamiento de los océanos son algunas de sus consecuencias.

*Para las personas, la variabilidad y el cambio del clima causan defunciones y enfermedades debidas a desastres naturales tales como olas de calor, inundaciones y sequías. Además, muchas enfermedades importantes son muy sensibles a los cambios de temperatura y pluviosidad. Entre ellas figuran enfermedades comunes transmitidas por vectores, por ejemplo, el paludismo y el dengue, pero también otras grandes causas de mortalidad tales como la malnutrición y las diarreas. El cambio climático ya está contribuyendo a la carga mundial de morbilidad y se prevé que su contribución aumentará en el futuro<sup>1</sup>.*

México por su ubicación geográfica es vulnerable a las condiciones cambiantes del clima. Por un lado, cuenta con 11,122 km de línea de costa susceptible al incremento del nivel del mar y a desastres naturales. Por otro lado, gran parte de su territorio está conformada por desiertos y cada año se incrementa este tipo de suelo, ganando espacio a los bosques, selvas y otros ecosistemas.

En la dimensión económica, CEPAL estimó que entre 2010 y 2100, el cambio climático provocará una pérdida de 1% del producto interno bruto anual en cada uno de los países de América Latina y el Caribe. Esto significa un deterioro de la economía directamente relacionada a la actividad humana.

---

<sup>1</sup> Organización Mundial de la Salud, consultada en <https://www.who.int/globalchange/climate/es/>

Para el año 2015, México emitió 683 millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente (MtCO<sub>2</sub>e) de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Del total de emisiones, 24.1% fueron resultado del uso de combustibles en la industria de la energía<sup>2</sup>.

*Con el fin de evitar que la temperatura promedio de la Tierra aumente más de 2°C durante este siglo, nuestro país se comprometió, ante el Acuerdo de París, a reducir el 22% de sus emisiones de gases de efecto invernadero al 2030 y 51% respecto a sus emisiones de carbono negro. La reducción de gases de efecto invernadero, se conseguirá a través del compromiso de los diferentes sectores participantes, de acuerdo con las metas siguientes: transporte 18%; generación eléctrica 31%; residencial y comercial 18%; petróleo y gas 14%; industria 5%; agricultura y ganadería 8% y residuos 28%.<sup>3</sup>*

Una acción posible del gobierno para ayudar a alcanzar la meta comprometida es empezar a reducir las emisiones que se generan por el uso de energía en sus inmuebles. Para tal fin es necesario que, tanto las edificaciones ya existentes, como las que puedan construirse o adquirirse cuenten con tecnologías más eficientes en el uso de la energía, que permitan reducir el consumo de energía (eficiencia energética) o generar energía más limpia (energías renovables).

Esta metodología para proyectos de transición energética en edificios públicos tiene el objetivo de proporcionar a los tomadores de decisiones una herramienta de análisis que integra el enfoque socioeconómico en el proceso de elección de tecnologías energéticamente eficientes para edificaciones públicas existentes y/o nuevas como oficinas, hospitales y escuelas.

---

<sup>2</sup> Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, INECC, consultada en <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>

<sup>3</sup> INECC reitera su compromiso ante el Acuerdo de París con rutas de mitigación y al cambio climático, consultada en <https://www.gob.mx/inecc/prensa/inecc-reitera-su-compromiso-ante-el-acuerdo-de-paris-con-rutas-de-mitigacion-al-cambio-climatico?idiom=es>

Para la aplicación de esta metodología se recomienda emplear información pública y abierta, tanto de las tecnologías que se quieren estudiar, como de los espacios donde se quieren introducir. Hay que hacer notar que no forma parte de la evaluación socioeconómica contrastar científicamente las capacidades, las eficiencias energéticas etiquetadas para cada dispositivo y otros aspectos técnicos propios de los equipos a analizar, como tampoco es finalidad de este ejercicio evaluativo auditar a las dependencias que pretenden implementar un programa o proyecto de reconversión energética<sup>4</sup>.

No obstante, se alienta a los usuarios de este documento a utilizar información abierta, para que los resultados de sus estudios puedan ser replicables por un tercero, partiendo del mismo estudio de caso y las mismas fuentes de información.

Finalmente, esta metodología se inscribe dentro de la lógica de la Elaboración y Presentación de los Análisis Costo y Beneficio requeridos por la Ley de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria de la SHCP de México y forma parte de los métodos analíticos de políticas públicas, programas y proyectos que se realizan previamente a la implementación de una solución (ex ante).

Cabe mencionar que las metodologías son guías que apoyan a la realización de los estudios de evaluación socioeconómicos, no obstante, no se deben sustituir a la necesidad de analizar cada proyecto con cuidado ya que cada uno de ellos tiene especificidades que se deben tomar en cuenta al momento de su evaluación.

Esta metodología se encuentra dividida en cuatro capítulos.

En el *Capítulo 1* se presentará una breve descripción de los conceptos detrás de la evaluación socioeconómica de proyectos enfocados en la transición energética de edificios públicos como oficinas, hospitales y escuelas. También se explicarán los conceptos de

---

<sup>4</sup> Existen otros procedimientos, como las auditorías energéticas, que son de gran ayuda para determinar los aspectos antes citados y que mejoran la información que alimenta a las evaluaciones socioeconómicas.

separabilidad, complementariedad y sustituibilidad de programas o proyectos de inversión entre las diversas tecnologías de transición energética y que por lo tanto tienen un impacto en los estudios de evaluación.

Dentro del *Capítulo 2* se revisarán los actuales programas de reconversión energética en edificios públicos existentes y se analizarán las ventajas y desventajas tanto de la adopción de medidas de eficiencia energética como del desarrollo de energías renovables en edificios públicos. Finalmente, se resumirán los aspectos normativos y legales de este tipo de intervenciones en el contexto mexicano.

La metodología de evaluación socioeconómica de proyectos de reconversión energética en edificios públicos se planteará en el *Capítulo 3*. Esta consiste en 7 pasos consecutivos que detallan los elementos a considerar para la completa y correcta evaluación de los programas o proyectos.

Para finalizar este documento -en el Capítulo 4- se desarrollará la metodología para transición energética en edificaciones nuevas con la lógica de demostrar que optar por un edificio más eficiente de un punto de vista energético es más barato socioeconómicamente que un edificio menos eficiente. Ese análisis comparativo de alternativas energéticamente eficientes para edificaciones nuevas será un complemento a la propuesta metodológica de evaluación de edificación pública emitida por el CEPEP en 2015 titulada “Guía para la Presentación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Edificación Pública”.

## Capítulo 1: Antecedentes

### Principios detrás de la Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Transición Energética en Edificios Públicos tipo oficinas, hospitales y escuelas

Detrás de cualquier tipo de evaluación se encuentra la necesidad de elegir entre distintas alternativas. Para poder definir la elección de una alternativa debe existir un marco de principios y criterios previamente establecidos.

Desde el enfoque socioeconómico, la evaluación es necesaria para asignar recursos escasos de una infinidad de posibilidades a casos particulares. Sin escasez de recursos, no sería necesario elegir porque todas las alternativas contarían con los recursos necesarios para implementarse.

Un tipo de evaluación propuesto en las ciencias económicas es la evaluación socioeconómica de proyectos<sup>5</sup>. Esta técnica ex ante consiste en la identificación, cuantificación y valoración de costos y beneficios de un proyecto que se plantea para resolver una problemática, atender un déficit o aprovechar una oportunidad.

A diferencia de las evaluaciones privadas que buscan maximizar los beneficios de un solo agente o de un grupo de agentes privados dueños del proyecto, la evaluación socioeconómica se realiza desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto; esto quiere decir que se tomarán en cuenta todos los recursos de la sociedad necesarios para lograr la planeación, la ejecución, la implementación y la operación de un proyecto, así como todos los beneficios hacia la sociedad que se generen del mismo.

---

<sup>5</sup> En ocasiones llamada Análisis Costo Beneficio (ACB); a pesar de que el ACB sea una técnica particular de evaluación socioeconómica. En la normatividad mexicana, se utiliza el término de Análisis Costo y Beneficio como sinónimo de evaluación socioeconómica.



**Evaluación privada de proyectos**

*Es la que se hace desde el punto de vista de una persona (empresario, empleado de una empresa, miembro de una familia, etc.) o un grupo de personas (empresarios, obreros de una fábrica, familia, etc.).*

**Evaluación socioeconómica de proyectos**

*Es la que se realiza para determinar si a un país, una provincia o una región, como conjunto le conviene o no ejecutar un proyecto.*

*Ferra, C. y Botteon, C. 2007*

Todos los proyectos, sean públicos o privados, tienen repercusiones positivas y negativas, tanto en los agentes privados como en la sociedad; la diferencia analítica radica desde el punto de vista del cual se quiere evaluar.

Por ejemplo, la ejecución de un proyecto de generación de energía renovable, como la instalación de paneles solares en techos, requerirá que uno o varios agentes privados inviertan recursos para su ejecución; no obstante, estos recursos también forman parte de la sociedad y no podrán emplearse en otros usos alternativos. Por lo tanto, los agentes privados y la sociedad incurrirán en los costos necesarios para llevar a cabo el proyecto. En ocasiones, el gobierno subsidia la adquisición de dichos paneles, por lo que el costo del proyecto es menor privadamente que socioeconómicamente ya que la cantidad de insumos necesarios para producir ese bien sigue siendo la misma, que esté subsidiado o no.

Con respecto a los beneficios, lo que buscan los agentes privados es obtener como beneficio una reducción en su factura de electricidad, mientras que para la sociedad esa reducción en la factura se considera como una transferencia entre la empresa proveedora de electricidad y el consumidor, lo que gana el consumidor, lo pierde la empresa proveedora de electricidad. El verdadero beneficio socioeconómico proviene principalmente del hecho

que se pueda producir la misma cantidad de energía con proyecto a menor costo para la sociedad en comparación a lo que se hace sin proyecto<sup>6</sup>.

Y por menor costo, no se entiende solo el menor costo de generación de la energía eléctrica, sino también se tienen que tomar en cuenta las emisiones de contaminantes locales y emisiones de GEI asociadas a esa generación.

Al generar energía con paneles solares en techos, se sustituyen otras fuentes de generación potencialmente más baratas en términos de costo de generación de energía eléctrica, pero en general, más contaminantes.

Cabe señalar que a ese nivel es importante hacer un análisis preciso del momento en que se estaría generando energía con los paneles solares y como se está generando la energía eléctrica en el sistema en la Situación sin Proyecto. En un caso extremo, si solo se genera energía con paneles solares durante horas de baja demanda, la energía producida podría sustituir una fuente de energía relativamente barata como el ciclo combinado o el hidráulico y en ese caso, los beneficios socioeconómicos, incluyendo las externalidades, serían bajos y no necesariamente compensarán los costos de inversión en los paneles.

En el caso del agente privado, no necesariamente observaría el mismo efecto, ya que, en general, su factura se reducirá en función de la cantidad producida y no tanto del momento en el cual se produce, lo que representa un subsidio escondido a la introducción de esas tecnologías.

Potencialmente los resultados de la evaluación privada y la evaluación socioeconómica pueden ser muy diferentes en función de cada proyecto. Por ejemplo, en una zona cálida con un uso intensivo de aire acondicionado, en general cuando producen los paneles solares

---

<sup>6</sup> El beneficio por ahorro en costos sociales de generación de la energía eléctrica no es el único beneficio a tomar en cuenta, en particular se incluirá también el impacto que tiene el proyecto en términos de capacidad del sistema, de manera a satisfacer el consumo en horas críticas y el consumo futuro, no obstante, eso se discutirá más adelante en la metodología.

durante el día, la energía es cara y por lo tanto podría ser que el proyecto sea rentable socioeconómicamente. No obstante, si el dueño del inmueble beneficia de tarifas eléctricas muy subsidiadas, el proyecto no será rentable privadamente.

Al contrario, por el dueño de un inmueble que paga la DAC<sup>7</sup>, la reducción en su factura eléctrica permitirá rentabilizar su inversión rápidamente, no obstante, si el inmueble se encuentra en una zona templada en la cual durante el día que producen los paneles la demanda de energía es baja y el costo de generación es bajo, el proyecto no será rentable socioeconómicamente.

La tabla siguiente propone un resumen de las diferencias entre evaluación privada y socioeconómica en el caso del proyecto de instalación de paneles solares en techos.

---

<sup>7</sup> Los usuarios residenciales que consumen más de 2 500 kWh mensuales como promedio anual caen en este tipo de tarifas que se aplica a cada kWh consumido.

**TABLA 1. COMPARATIVA ENTRE LOS COSTOS Y BENEFICIOS QUE PERCIBEN LOS AGENTES PRIVADOS Y LA SOCIEDAD EN PROYECTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE PANELES SOLARES EN TECHOS.**

¿Quién incurre en los costos?		
	Agentes privados	La sociedad
Por la infraestructura para generar energía	✓	✓
Para el mantenimiento de la infraestructura	✓	✓
¿Quién recibe los beneficios?		
	Agentes privados	La sociedad
Por la reducción de la factura eléctrica	✓	✗
por la disminución de costos de generación de energía eléctrica	✗	✓
Por la disminución (parcialmente) de costos de transmisión de energía eléctrica	✗	✓
Por la disminución de emisiones de contaminantes y GEI con proyecto	✗	✓
¿y el subsidio?		
El subsidio es una transferencia entre el gobierno y el consumidor y se considera una distorsión del mercado.		

Fuente: Elaboración propia

## Complementariedad, independencia o sustituibilidad de las tecnologías<sup>8</sup>

Existen múltiples combinaciones tecnológicas que pueden considerarse como un programa o proyecto de inversión de transición energética. Para asignar correctamente los recursos, es necesario identificar si la combinación elegida corresponde a dos o más tecnologías que

<sup>8</sup> Adaptados con base a los conceptos del glosario de términos para la preparación y evaluación socioeconómica de proyecto de inversión, CEPEP 2017 (Glosario, CEPEP 2017).

se potencian entre sí (complementarios), no modifican sus costos o beneficios (separados o independientes), o si pudieran intercambiarse en alguna medida (sustitutos).

### Tecnologías complementarias

*Si se adoptan dos tecnologías y una de ellas (X) incrementa los beneficios de la otra (Y) o reduce sus costos sin que sus beneficios se modifiquen, o vice y versa, las tecnologías (X) y (Y) son complementarias.*

Ejemplo. Un proyecto para cambiar un calefactor de interiores y la adecuación del mismo espacio con aislamiento térmico.

### Tecnologías independientes

*Una tecnología es independiente de otra si acaso sus beneficios y costos no se modifican, independientemente de que se ejecute o rechace un segundo proyecto. Para que dos inversiones sean económicamente independientes tienen que prevalecer los siguientes criterios:*

- a) Ser técnicamente posible realizar la primera inversión sin la segunda.*
- b) Los beneficios netos que se obtengan por la primera inversión no deben ser afectados por la decisión de realizar la segunda.*

Ejemplo. Un proyecto que contempla la sustitución de luminarias y un proyecto para cambiar el sistema de calentamiento de agua.

### Tecnologías sustitutas

*En aquellos casos en los que por el hecho de adoptar una tecnología (X) se reducen los beneficios esperados de la adopción de una tecnología (Y) o se incrementan sus costos sin modificarse los beneficios, o vice y versa, la tecnología (X) y la tecnología (Y) son sustitutas.*

Ejemplo. La implementación de un sistema de aires acondicionados y la adquisición de ventiladores para su instalación en el mismo espacio.

## Capítulo 2: Tipología de proyectos y normatividad aplicable en el contexto mexicano para transición energética en edificios públicos

### Programas de reconversión energética en edificios públicos y proyectos de edificaciones nuevas eficientes energéticamente

Las medidas para eficientizar el uso de energía en edificios públicos son múltiples y muchas de ellas se pueden aplicar en edificaciones ya existentes o nuevas; no obstante, desde el enfoque de la evaluación socioeconómica, existen diferencias que vuelven a las reconversiones energéticas y el diseño y la construcción de edificios nuevos como programas o proyectos con un abordaje analítico distinto.

Por un lado, los programas de reconversión energética en oficinas, hospitales o escuelas públicos tienen como objetivo prioritario mejorar la eficiencia energética, disminuyendo los altos costos socioeconómicos del consumo de energía, de modo que el análisis de la eficiencia energética es determinante para la evaluación de este tipo de intervenciones.

Por otro lado, en el caso de edificaciones nuevas, el origen de los proyectos responde a varias problemáticas como altos costos de oportunidad de los edificios ocupados sin proyecto, baja capacidad por proveer servicios y/o trámites; altos costos de traslado (tiempo, transporte y seguridad) de los funcionarios y usuarios que tienen que desplazarse entre edificios dispersos en la ciudad; altos tiempos de espera de los usuarios; altos costos de operación y mantenimiento en particular en edificios poco eficientes energéticamente,

y bajos niveles de servicio<sup>9</sup>. Por lo tanto, la preocupación por mejorar la eficiencia energética en la situación con proyecto es importante, pero es uno de los múltiples aspectos a considerar.

En particular, la evaluación de tecnologías energéticamente eficientes juega un rol importante en el análisis y la elección entre las distintas alternativas de proyectos, comparando los costos sociales de las opciones más o menos eficientes energéticamente a lo largo de la vida útil del edificio. Es importante tener en cuenta a ese nivel que es menos costoso y más eficiente incorporar desde el diseño del edificio medidas de eficiencia energética que, ya una vez construido el edificio, llevar a cabo su reconversión energética (lock-in effect).

Por lo tanto, el tratamiento metodológico entre proyectos de reconversión energética y en edificaciones nuevas será diferente. En el capítulo 3 de este documento se presenta la metodología de evaluación socioeconómica de programas de reconversión energética y el capítulo 4 se centra en como tomar en cuenta la comparación de alternativas de edificios que difieren en sus niveles de eficiencia energética como complemento de la metodología de evaluación socioeconómica de edificios nuevos publicada por el CEPEP en 2015.

---

<sup>9</sup> Confirme la Guía para la presentación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Edificación Pública, CEPEP 2015.

**TABLA 2. DIFERENCIAS ENTRE PROYECTOS DE RECONVERSIÓN ENERGÉTICA Y PROYECTOS DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES NUEVAS**

Tema	Reconversión energética en edificaciones ya existentes	Transición energética en edificaciones nuevas
Problemática que da origen al programa o proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altos costos socioeconómicos por el consumo de energía en una edificación existente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altos costos de oportunidad de los edificios ocupados sin proyecto.</li> <li>Déficit de servicios y/o trámites.</li> <li>Altos costos de traslado (tiempo, transporte y seguridad).</li> <li>Altos tiempos de espera de usuarios.</li> <li>Altos costos de operación y mantenimiento, los cuales dependen del nivel de eficiencia energética de los edificios sin proyecto.</li> <li>Bajos niveles de servicio.</li> </ul>
Objetivos primarios del programa o proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminuir los costos socioeconómicos relacionados al consumo y/o la generación de energía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ahorro en rentas o liberación por otro uso o venta de los edificios ocupados</li> <li>Disminución del déficit de servicios.</li> <li>Disminución de costos de traslados entre oficinas administrativas de funcionarios públicos y usuarios.</li> <li>Reducción de tiempos de espera de usuarios.</li> <li>Disminución de costos de operación y mantenimiento, incluyendo el consumo energético.</li> <li>Incremento en el nivel de servicio entregado,</li> <li>Adecuación de la infraestructura a las normas de construcción y/o de funcionamiento vigentes.</li> </ul>
Principal método de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>La adopción de medidas de transición energética se evalúa por Análisis Costo Beneficio comparando la situación del edificio existente sin proyecto y con proyecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De por la normatividad mexicana en materia de evaluación socioeconómica, la adopción de medidas de transición energética en general se evaluará por Análisis Costo Eficiencia al momento de comparar alternativas del proyecto de edificación nueva para demostrar que es mejor optar por un edificio nuevo más eficiente energéticamente que uno menos eficiente<sup>10</sup>.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con información del CEPEP (2015)

<sup>10</sup> Sin embargo, esto no excluye que se consideren los beneficios por ahorros en costos energéticos de una edificación nueva comparando la situación sin y con proyecto al elaborar el análisis costo beneficio de la construcción del edificio.



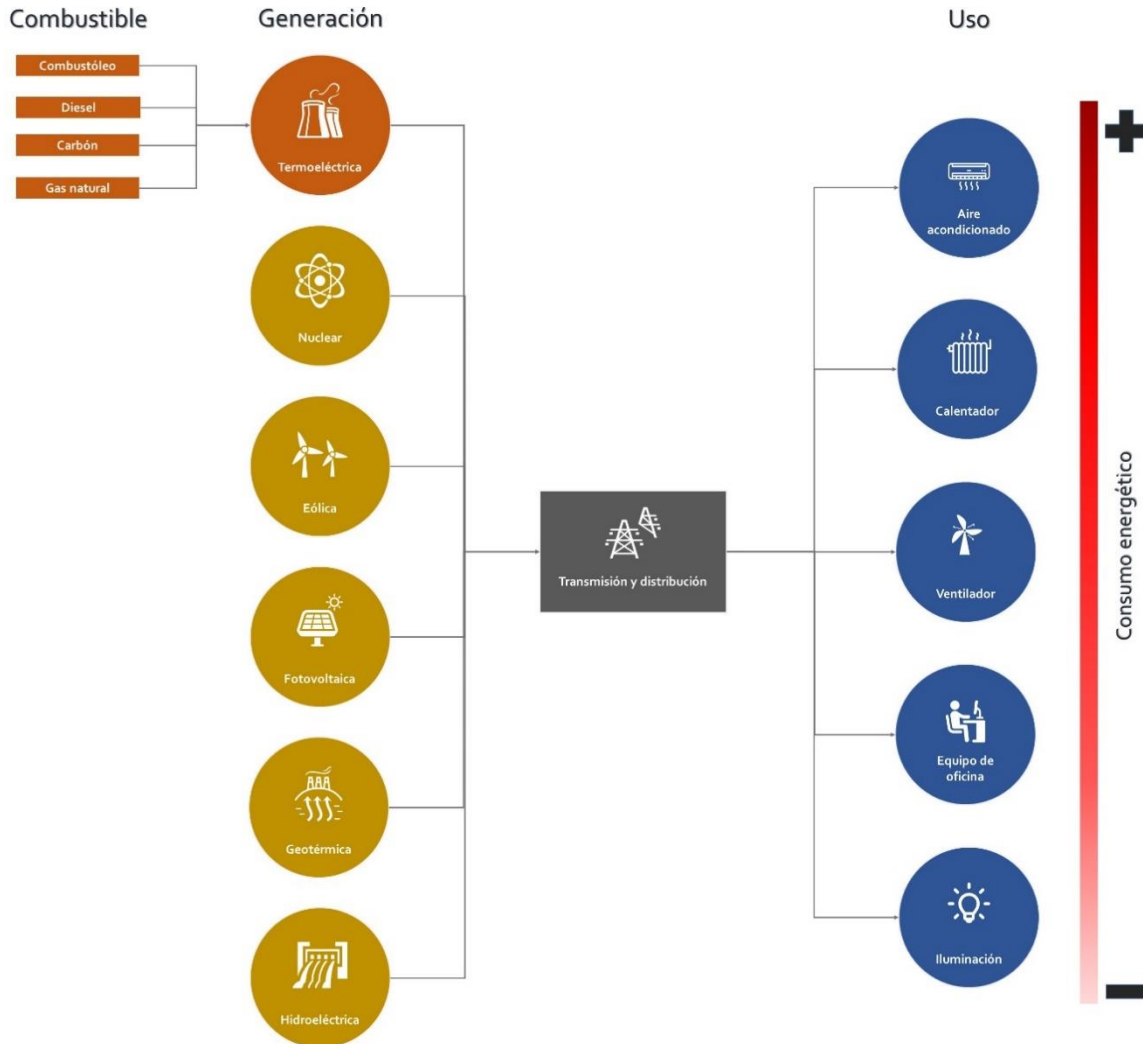
## Generación de energía eléctrica respecto a la demanda

Para emplear correctamente el enfoque de la evaluación socioeconómica, es relevante conocer los costos sociales de la energía eléctrica, que dependen de la fuente marginal de generación de la energía eléctrica. No obstante, esa fuente marginal varía en función del nivel de demanda, de la zona, de la época, y del momento del día.

Cuando la demanda de electricidad aumenta en México, se empieza a generar energía eléctrica con tecnologías que presentan mayor costo variable como la energía termoeléctrica convencional (combustóleo) o con tecnologías más flexibles como el turbogas o las plantas hidroeléctricas, por lo tanto, la fuente de generación marginal es diferente a la situación con demanda baja, en la cual se usan fuentes de generación con menor costo variable y/o menos flexibles como las plantas solares, eólicas, geotérmicas, el nuclear o el ciclo combinado. Cabe señalar que las actuales decisiones de despacho no consideran el costo por contaminación y en particular por emisiones de GEI, lo que genera un sesgo en el despacho en favor de las energías fósiles. No obstante, al momento de elaborar la evaluación socioeconómica se recomienda tomar en cuenta el costo de las externalidades ambientales causado por cada una de las tecnologías.

El Capítulo 3, se explicará más en detalle como aproximar el valor de ese costo social de la energía eléctrica que es un elemento esencial para la evaluación socioeconómica de proyectos de eficiencia energética y energía renovable.

En la siguiente figura se presentan cuáles son las principales fuentes de generación y los usos posibles de la energía eléctrica en edificios públicos.

**ILUSTRACIÓN 1. GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS PÚBLICOS**

Fuente: Elaboración propia con información de SIE, SENER.

## Proyectos de generación de energía renovable versus proyectos de eficiencia energética

Una diferencia fundamental en los proyectos energéticos para edificios públicos es la distinción entre aquellos que producen energía renovable y que así permiten sustituir otra fuente con mayores costos socioeconómicos de generación de energía, de los proyectos que contribuyen a disminuir el consumo energético mediante tecnologías más eficientes.

En el primer caso se encuentran los proyectos de generación energética solar o eólicos. En estos existe una sustitución de la fuente dónde se toma la energía por otra que genera energía de manera local.

En el segundo caso se encuentran todas las tecnologías que permiten disminuir el consumo energético proporcionando el mismo servicio que otros equipos menos eficientes. En este grupo se encuentran aires acondicionados, calefactores, focos o lámparas ahorradoras de energía, pinturas reflectivas, asilamientos térmicos de espacios y calentadores de agua a gas eficientes<sup>11</sup>.

Desde el enfoque de la evaluación socioeconómica, la principal diferencia radica en que los primeros están relacionados con el análisis de la oferta energética y los segundos a la demanda de energía, razón por la cual los efectos de su implementación deben de analizarse de manera diferenciada.

**TABLA 3. DIFERENCIAS ENTRE PROYECTOS DE ENERGÍA RENOVABLE Y PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Tema	Proyectos de Energía Renovable (ER)	Proyectos de Eficiencia Energética (EE)
Tipo de tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paneles solares en techos</li> <li>• Aero generadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aires acondicionados eficientes</li> <li>• Calefactores</li> <li>• Focos o lámparas ahorradoras de energía</li> <li>• Control de iluminación</li> <li>• Calentadores de agua eficientes</li> <li>• Aislación térmica de espacios</li> <li>• Calentadores solares de agua</li> </ul>
Efectos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectos sobre la oferta energética</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectos sobre la demanda energética</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

<sup>11</sup> Hay que hacer notar que estas tecnologías tienen el potencial de modificar las condiciones del servicio que proveen, por ejemplo, incrementar los lúmenes disponibles, el confort térmico o la cantidad de agua caliente, comparado con la condición previa a su implementación. No obstante, y para fines del presente documento, se plantearán supuestos que mantienen el mismo nivel de servicio que se pretende sustituir.

## Normatividad y aspectos legales por considerar en el contexto mexicano

En la normativa mexicana, la Eficiencia Energética (EE) está contemplada en la Ley de Transición Energética (LTE). *Dentro del artículo 11 y 12 se establece la necesidad de establecer metas específicas del Programa Nacional de Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE) y se menciona a la Secretaría de Energía (SENER) junto con la Comisión Nacional del Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) como los responsables de establecer la hoja de ruta para alcanzar las metas en eficiencia energética.*

*Paralelamente, en la Estrategia Nacional de Energía 2014-2028 se considera el uso racional, eficiente y la conservación de la energía como una medida previa al aprovechamiento de las energías renovables. Lo cual se debe resaltar para garantizar la prioridad de la EE, antes de realizar inversiones en infraestructura que requiera de una mayor inversión.*

*La reducción de emisiones, también se presenta como una acción primordial, siendo este el primer beneficio de la EE. México publicó en 2012 la Ley General de Cambio Climático (LGCC), la cual menciona a la EE como clave en las acciones de mitigación. De la misma manera ha establecido su compromiso en el Acuerdo de París a través de la denominada Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (Intended Nationally Determined Contribution, INDC, por sus siglas en inglés), en donde el país ha expresado su compromiso en reducir de manera incondicionada emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y contaminantes de vida corta en un 25% para 2030.”<sup>12</sup>*

Adicionalmente, existen Normas Oficiales Mexicanas (NOM) para servicios de iluminación eléctrica, para instalaciones eléctricas, para envolvente térmica de las edificaciones, para

---

<sup>12</sup> Hacia un México Sostenible: Asociaciones Público-Privadas en Eficiencia Energética. Ethos Laboratorio de Políticas Públicas, 2017.

eficiencia energética en acondicionadores de aire, servicios de agua caliente, seguridad, entre otras, de aplicación para tecnologías que mejoran el consumo energético<sup>13</sup>.

## Capítulo 3: Metodología de Evaluación Socioeconómica de proyectos de reconversión energética en edificios públicos

### Introducción

A continuación, se presenta la metodología para la evaluación socioeconómica de proyectos de reconversión energética en edificios públicos. Esta metodología se divide en siete pasos que abarcan desde el diagnóstico de la situación actual dónde se identifica el problema que se quiere atender, las medidas de optimización que buscan disminuir el problema, las alternativas de solución, la descripción del proyecto, la identificación, cuantificación y valoración de sus costos y beneficios, la evaluación sustentada en sus indicadores de rentabilidad, la sensibilidad de estos, hasta los riesgos de implementarse la alternativa elegida.

Para facilitar el proceso evaluativo, cada apartado contiene preguntas guía que contemplan todos los elementos que debe contener el documento, así como una descripción de lo que se espera en cada respuesta.

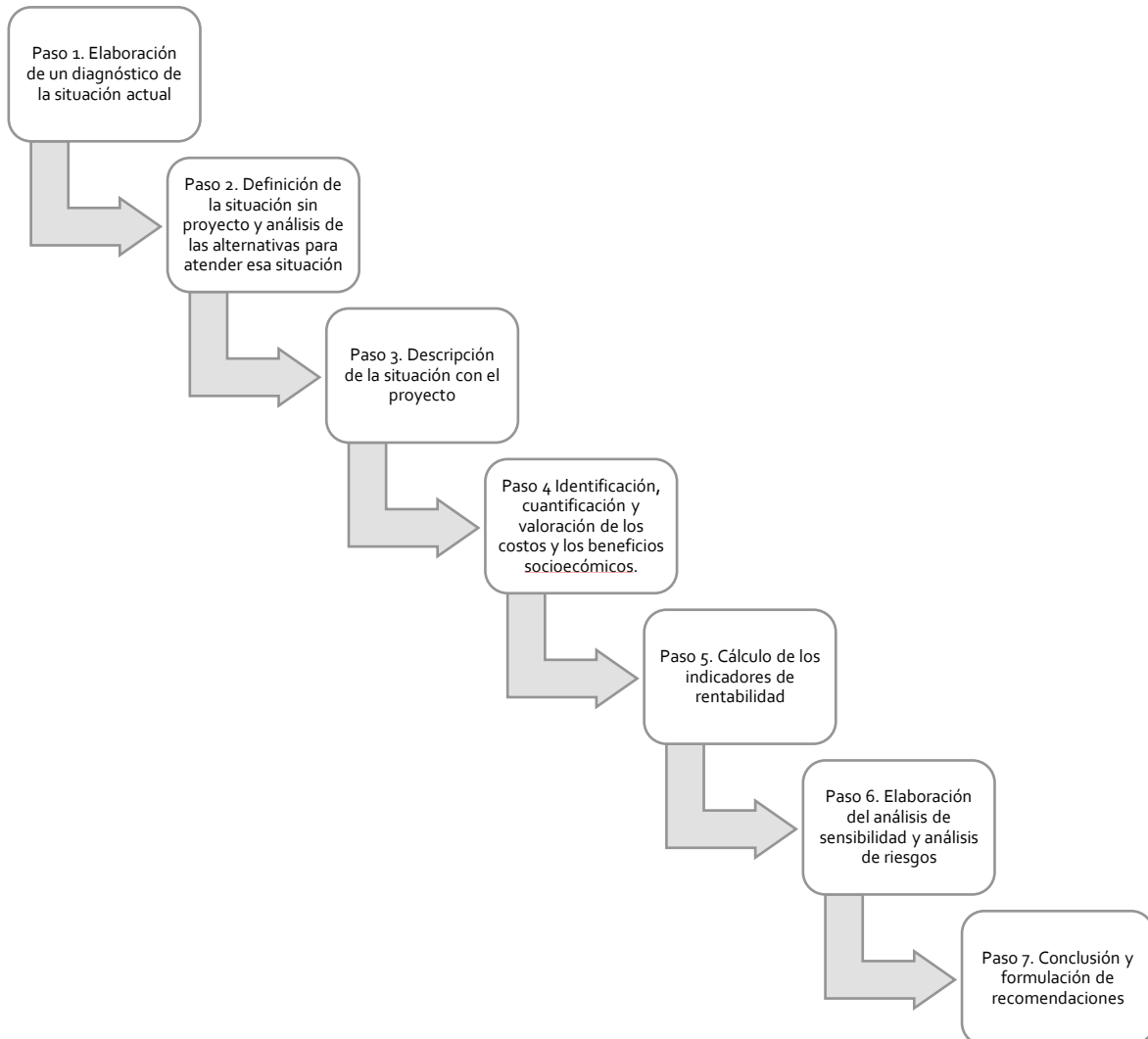
Adicionalmente, también se distingue entre tecnologías de Eficiencia Energética (EE) y tecnologías de Energías Renovables (ER). Esta distinción es consecuencia de que las tecnologías de EE tienen repercusiones sobre la demanda energética, mientras que los proyectos de ER generan efectos sobre la oferta energética, cómo se planteó anteriormente en el capítulo 2.

---

<sup>13</sup> Una lista detallada de las NOM puede consultarse en el Código de Conservación de Energía para Edificaciones de México (IECC-México) 2016, Calidad y Sustentabilidad en la Edificación, A.C.

La idea central de la metodología es construir secuencialmente una narrativa que permita analizar las condiciones actuales de la edificación a intervenir y justificar cuantitativa y socioeconómicamente la implementación de un programa o proyecto.

En la medida de que la información presentada en una evaluación socioeconómica sea de origen público y/o verificable, además de haber sido redactada de manera clara y ordenada, el proceso de revisión y análisis es más fluido y evita especulaciones de la parte revisora. Adicionalmente, es deseable que las tecnologías consideradas en la evaluación cumplan con la normatividad vigente y presenten los certificados de producto actualizados. Nuevamente se invita al usuario de esta metodología a seguir estas recomendaciones.

**ESQUEMA 1. PASOS DEL PROCESO DE LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA**

Fuente: Elaboración propia

## Paso 1: elaboración de un diagnóstico de la Situación Actual

### I. Elaboración del diagnóstico de la Situación Actual

En este apartado se necesita determinar la oferta y la demanda del servicio que se analizará, ya sea confort térmico, la iluminación, o la disponibilidad de agua caliente en un edificio, un conjunto de edificios o un área en específico. Una vez analizada la oferta y la demanda, se

planteará cuál es su interacción y se definirá el problema, necesidad o déficit que se quiere resolver.

Para elaborar el diagnóstico de la Situación Actual e identificar con mayor precisión las condiciones que se desean modificar, sus causas y las posibles soluciones es recomendable emplear la Metodología del Marco Lógico (MML). La MML es una herramienta de análisis que sirve para facilitar el proceso de conceptualizar, diseñar y ejecutar proyectos.

Los cuatro elementos analíticos de la MML son:

- i. *Análisis de involucrados. Es muy importante estudiar a cualquier persona o grupo, institución o empresa susceptible de tener un vínculo con un proyecto dado. El análisis de involucrados permite optimizar los beneficios sociales e institucionales del proyecto y limitar los impactos negativos. Al analizar sus intereses y expectativas se puede aprovechar y potenciar el apoyo de aquellos con intereses coincidentes o complementarios al proyecto, disminuir la oposición de aquellos con intereses opuestos al proyecto y conseguir el apoyo de los indiferentes.*
- ii. *Análisis del problema. Al preparar un proyecto, es necesario identificar el problema que se desea intervenir, así como sus causas y sus efectos. El procedimiento contempla los siguientes pasos: Analizar e identificar lo que se considere como problemas principales de la situación a abordar. A partir de una primera "lluvia de ideas" establecer el problema central que afecta a la comunidad, aplicando criterios de prioridad y selectividad. Definir los efectos más importantes del problema en cuestión, de esta forma se analiza y verifica su importancia. Anotar las causas del problema central detectado. Esto significa buscar qué elementos están o podrían estar provocando el problema. Una vez que tanto el problema central, como las causas y los efectos están identificados, se construye el árbol de problemas. El árbol de problemas da una imagen completa de la situación negativa existente. Revisar la validez e integridad del árbol dibujado, todas las veces que sea necesario. Esto es, asegurarse que las causas representen causas y los efectos representen efectos, que el problema central este correctamente definido y que las relaciones (causales) estén correctamente expresadas.*
- iii. *Análisis de objetivos. El análisis de los objetivos permite describir la situación futura a la que se desea llegar una vez se han resuelto los problemas. Consiste en convertir los estados negativos del árbol de problemas en soluciones, expresadas en forma de estados positivos. De hecho, todos esos estados positivos son objetivos y se presentan en un diagrama de objetivos en el que se observa la jerarquía de los*



*medios y de los fines. Este diagrama permite tener una visión global y clara de la situación positiva que se desea.*

- iv. *Identificación de alternativas de solución al problema. En este elemento [...] se proponen acciones probables que puedan en términos operativos conseguir el medio. El supuesto es que si se consiguen los medios más bajos se soluciona el problema, que es lo mismo que decir que si eliminamos las causas más profundas estaremos eliminando el problema.*<sup>14</sup>

Se recomienda al equipo evaluador recurrir a la metodología de la CEPAL citada en este documento o a otras fuentes que también hayan desarrollado la MML como puede ser CONEVAL o la misma SHCP, con la finalidad de generar una problematización más precisa y clara que permita proponer soluciones plausibles.

Finalmente, para entender de mejor manera la situación energética actual de los edificios a intervenir, se recomienda realizar una auditoría energética. *Una auditoría energética es una inspección análisis sistémico del uso y consumo de energía en una ubicación, edificio, sistema u organización. [...] Las auditorías energéticas deben: [...] identificar los patrones de consumo de energía, identificar los períodos pico de consumo, correlacionar el consumo de energía con factores y factores internos y externos, identificar las áreas y equipos más intensivos en energía, [...] y proporcionar información sobre la [...] previsión del consumo energético futuro*<sup>15</sup>.

Con esto es posible evidenciar los posibles problemas técnicos relacionados con la oferta y la demanda energética en el área a intervenir. Ese procedimiento brinda información precisa de las tecnologías y equipos empleados para proveer los servicios en la situación

---

<sup>14</sup> Metodología de marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas, CEPAL, Chile, 2005.

<sup>15</sup> Transición a Edificios Públicos Sustentables, CDMX, Financing Energy for Low-carbon Investment–Cities Advisory Facility (FELICITY) GIZ y European Investment Bank.

actual y de sus consumos energéticos, los cuales son insumos indispensables para la elaboración de las evaluaciones socioeconómicas<sup>16</sup>.

- **Definición de la zona o área de estudio**

¿Qué edificio, conjunto de edificios o área se analizará?

La ubicación (en coordenadas geográficas), así como la cantidad y tipos de edificaciones a estudiar (oficinas, salones, aulas, auditorios u otros) es necesaria para la correcta interpretación del estudio. Es imprescindible incluir un mapa legible con la microlocalización (colonia, barrio o municipio) del edificio o edificios a intervenir, así como un mapa de su macrolocalización (estado).

¿Qué características tiene el área a analizar?

Para las tecnologías de EE, es necesario describir, según sea el caso:

- a. sí es que se trata de análisis sobre el confort térmico, las variaciones de temperatura a lo largo del día o del año,
- b. sí es un análisis relacionado a la luminosidad, las variaciones de luminosidad externa (amanece más tarde o anochece más tarde en cierta época del año), o
- c. las condiciones ambientales que afecten a lo largo del día y del año el calentamiento de agua que se consume en el edificio.

Adicionalmente, se deben presentar todas aquellas condiciones externas a las edificaciones que puedan tener un efecto positivo o negativo en el consumo energético, por ejemplo, una zona con alta nubosidad en varios meses del año que obstaculice el paso de la luz solar a una oficina, una edificación que se ubica en una zona boscosa dónde los árboles impiden

---

<sup>16</sup> A pesar de que una auditoría energética aporta una gran cantidad de los insumos para las evaluaciones socioeconómicas de proyectos de transición energética, existe una diferencia fundamental entre ambos estudios, y es que la auditoría emplea una combinación de información entre consumos energéticos y precios privados de la energía para determinar una rentabilidad privada del cambio tecnológico, mientras que la evaluación socioeconómica analiza exclusivamente los efectos socioeconómicos de las intervenciones, lo que significa que los indicadores representan el beneficio o el costo para toda la sociedad de llevar a cabo un proyecto.

el paso de la luz, la orientación de un aula que incrementa el calor en las horas de clase, la disposición de las fuentes de luz dentro del edificio que afecten la luminosidad del espacio estudiado, entre otras.

Por otra parte, es necesario describir internamente el área a estudiar; esto significa especificar las medidas en m<sup>2</sup> de cada área (piso, oficinas, salones, aulas, auditorios u otros), la altura interior, los materiales de las paredes y techos y su color, así como el tipo de ventilación o ventanas (si existen) y todas las características que puedan influir en la temperatura de ese espacio. Para los proyectos de calentamiento de agua, será necesario identificar, cuantificar y describir que áreas cubre el servicio (cocina, baños u otros).

En el caso de las tecnologías de ER que sustituyen el consumo de energía eléctrica, es necesario identificar en que región del país se encuentra el área estudiada y cuáles son sus principales características en el tema energético (generación y transmisión). En este apartado es recomendable incluir un mapa que muestre la región en estudio y sus características.<sup>17</sup>

Notar que el análisis de la oferta para tecnologías de ER se refiere a la zona de generación y no precisamente al edificio a intervenir, porque se busca sustituir con una tecnología renovable (en una pequeña escala) el consumo energético de una fuente de energía de la red de la zona, lo que modificará, marginalmente, la oferta total energética.

## **II. Determinación de la Oferta actual del servicio**

¿Con que tecnología o equipos se provee el servicio actual?

En el caso de proyectos de EE, es indispensable conocer la cantidad y cualidades de los equipos o tecnologías con los que actualmente se provee el servicio, ya sea el confort

---

<sup>17</sup> Esta información puede consultarse en el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) vigente, de la Comisión Federal de Electricidad, de la Secretaría de Energía u de otras fuentes oficiales.

térmico, los lúmenes o la disponibilidad de agua caliente, según corresponda<sup>18</sup>. La cantidad debe contextualizarse a cada cuarto o zona dentro del edificio; por ejemplo, si para proveer aire caliente en un piso se emplean N equipos, o el número de focos por cada oficina, o el número de calentadores de agua y las llaves o regaderas a las que le dan servicio.

Para el análisis de la oferta actual de proyecto de ER, se deben describir las fuentes de generación energética en la zona de estudio que potencialmente pueden abastecer a los edificios que se pretenden intervenir. En este apartado debe poder identificarse claramente los tipos de tecnologías empleadas para generar energía, así como su número<sup>19</sup>.

¿Cuáles son las características y capacidades técnicas de los equipos o tecnologías que actualmente se emplean para proveer el servicio?

En el caso de EE, es necesario, en primer lugar, describir la capacidad actual de cada tecnología.

- Para aires acondicionados, tipo y capacidad de enfriamiento por toneladas de refrigeración y/o BTU y su equivalente en consumo energético en Watts<sup>20</sup> para el área en estudio.
- Para calefactores, tipo y capacidad de calentar el aire medido en watts<sup>21</sup> y su equivalente en C° para el área en estudio.
- Para focos y lámparas, tipo y capacidad en lúmenes.
- Para calentadores de agua, tipo, cantidad de agua y temperatura de uso en C°.

Además, se necesita describir el tiempo de uso real de cada tecnología con la finalidad de cuantificar correctamente su consumo energético. Por ejemplo, el tiempo que duran

---

<sup>18</sup> Hay que hacer notar que esta información puede provenir de los indicadores de desempeño energético y la línea base determinada en la auditoría energética.

<sup>19</sup> Ibídem nota al pie 17.

<sup>20</sup> Las capacidades de estas tecnologías se miden en watts y su elección depende de las dimensiones del lugar dónde se implementarán, lo que implica que existe una relación entre los m<sup>3</sup> y los watts.

<sup>21</sup> Ibídem

encendidos los aires acondicionados, las lámparas o las calderas que se emplean para calentar el agua.

En segundo lugar, es necesario describir el consumo energético de cada tecnología durante el tiempo que se mantienen encendidos. En la medida de lo posible, se plasmará el consumo verdadero<sup>22</sup> y no el que puede consultarse en las especificaciones de cada aparato, puesto que, conforme se incrementan los años en servicio van perdiendo eficiencia. En este sentido, también es necesario incluir la vida útil y antigüedad de los equipos y tecnologías analizados.

Para las tecnologías que emplean electricidad se recomienda medir el consumo eléctrico en kilowatt hora (kWh) por unidad de tiempo (mes o bimestre) que es la forma en que se cobra el servicio y posteriormente convertirla a su equivalencia al año.

Para las tecnologías que emplean gas, este se mide en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) si es gas natural o litros si es gas LP y especificar la periodicidad del consumo, para después convertirlo a su equivalencia anual.

En el caso de los análisis que involucran tecnologías de ER es necesario describir las características de generación y transmisión de energía de las tecnologías previamente identificadas que proveen electricidad a las edificaciones en estudio<sup>23</sup>. En este caso, la energía se mide en kWh o MWh.

Finalmente, tanto para las tecnologías de EE como las de ER se recomienda resumir la información de la oferta en una tabla que permita identificar claramente el tipo y cantidad

---

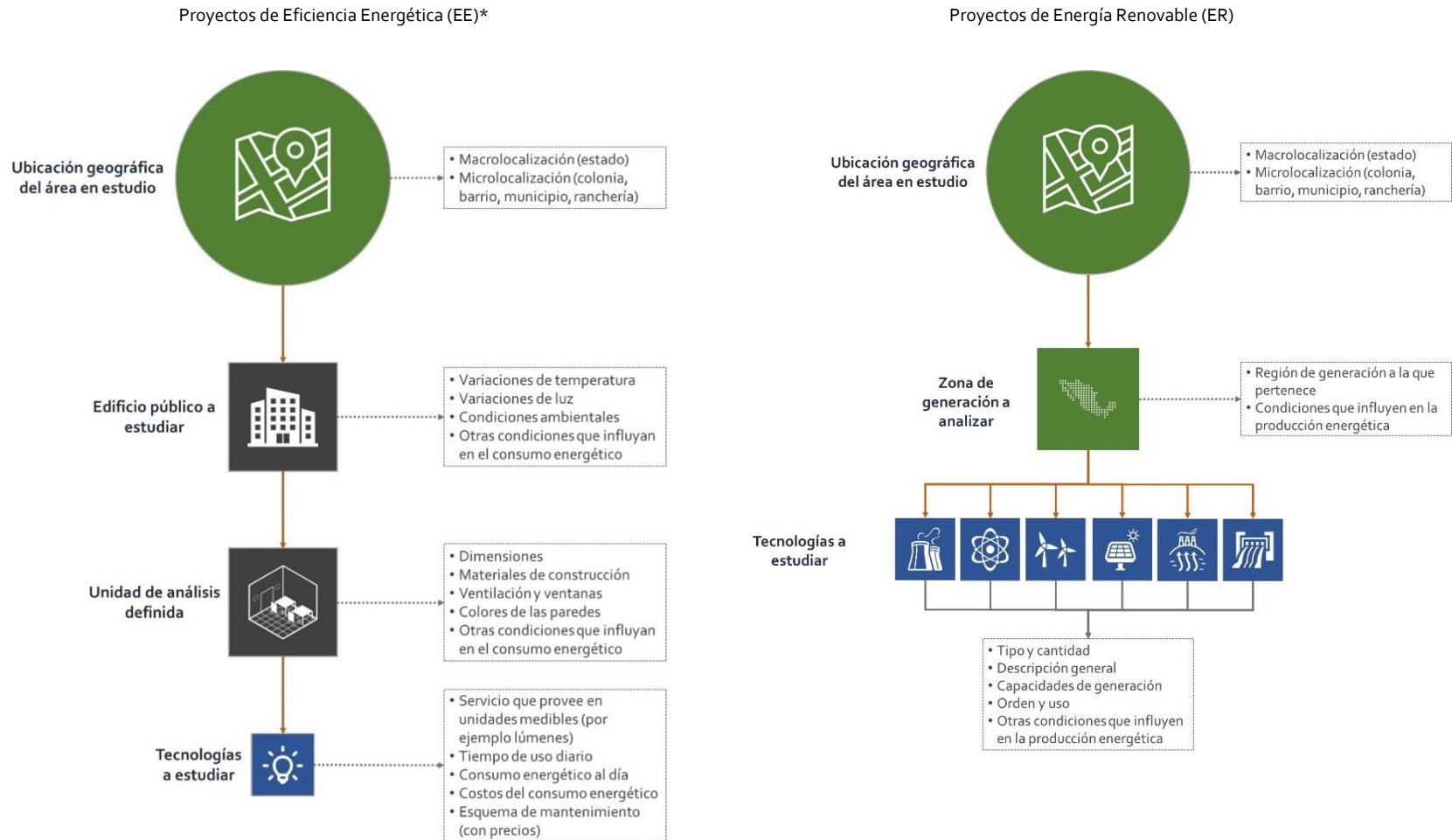
<sup>22</sup> Para determinar el consumo verdadero se debe contar con una medición directa en los equipos en uso. Este tipo de mediciones son resultado de una auditoría energética, realizada por personal capacitado con equipo especializado y tomando medidas de seguridad y protección específicas. No es recomendable que lo lleve a cabo personal no calificado.

<sup>23</sup> Esta información también puede consultarse en el PRODESEN vigente, en la CFE, en la SE u de otras fuentes oficiales.



de tecnologías empleadas para proveer el servicio, así como todas sus características, incluyendo su consumo energético.

**ILUSTRACIÓN 2. PROCESO DE ANÁLISIS DE LA OFERTA DESDE LA UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO HASTA LA TECNOLOGÍAS A ESTUDIAR**



Fuente: Elaboración propia.

\*Hay que hacer notar que esta información puede provenir de los indicadores de desempeño energético y la línea base generada en la auditoría energética.

### III. Determinación de la Demanda actual del servicio

Actualmente ¿Cuál es la cantidad demandada de servicios?

En el caso de los proyectos de EE, en función del tipo de tecnología, la demanda se puede definir como:

- La cantidad de lúmenes necesarios.
- El confort térmico, medido en C°.
- La cantidad y temperatura de agua caliente necesaria.

La cantidad demandada de un servicio de los proyectos analizados es aquella que satisface la luminosidad en un espacio oscuro, el ambiente cálido cuando afuera del edificio hace frío, el ambiente fresco cuando afuera hace calor o el agua caliente necesaria para diversas actividades, según corresponda.

La demanda puede variar por hora del día o por época del año. En este caso es necesario presentar la información de la manera más desagregada posible, por cada área y según su uso. Como sucedió con la oferta, es necesario convertir la demanda a su equivalencia energética anual, ya sea kWh en el caso de tecnologías que emplean electricidad, o m<sup>3</sup> o litros, si es el caso de tecnologías que consumen gas.

Para los proyectos de ER la demanda es la cantidad de energía necesaria para satisfacer las necesidades en los edificios o de la zona en estudio<sup>24</sup>, razón por la cual la demanda de energía se analizará en dos niveles. En el primer nivel es necesario estudiar la demanda de energía en el edificio o edificios que se pretenden intervenir.

El segundo nivel y el más general se analizará la demanda en la zona en estudio dónde se pretende implementar el proyecto. El objetivo es identificar la participación de la demanda

---

<sup>24</sup> Hay que hacer notar que la cantidad demandada de energía puede o no ser igual a la cantidad consumida.



de los edificios analizados en la demanda energética de la zona. Esta información debe presentarse en las mismas unidades que en la oferta, ya sean MWh o kWh anuales.



En este apartado también se recomienda resumir la información de la demanda en una tabla, donde pueda identificarse el área, edificio, o zona, según corresponda, con sus respectivas cantidades energéticas demandadas anualmente.

#### **IV. Análisis la Interacción de la Oferta y Demanda de servicios en la Situación Actual**

¿Cuál es el problema, déficit u oportunidad que surge de la interacción entre la oferta y la demanda?

En el caso de EE, al interactuar la oferta (la cantidad de servicios ofrecidos por unidad de análisis de lúmenes, C° o m<sup>3</sup> de agua caliente, según corresponda) con la demanda (cantidad para satisfacer las necesidades de lúmenes, C° o m<sup>3</sup> de agua caliente, según corresponda en cada unidad de análisis) pueden surgir principalmente dos tipos de problemáticas:

Que el consumo energético sea alto para lograr los niveles actuales de servicio, lo que representa un costo alto para la sociedad de producción de esa energía.

Que la calidad del servicio actual no sea “óptima” en el sentido que no se logra regular la temperatura del edificio y del agua correctamente o que la iluminación sea insuficiente.

Para las tecnologías de ER, la interacción de la oferta y la demanda energética puede tener los mismos resultados que en las tecnologías de EE; que el consumo energético sea alto y

por lo tanto que es tengan altos costos de producción energética, o que el servicio actual no logre satisfacer la demanda energética en horas críticas y en el futuro.

Para clarificar la relación entre la oferta y la demanda se presentan las siguientes gráficas. Notar que la interacción entre la oferta y la demanda en la situación actual es la misma en el caso de EE y en el de ER.

Es importante mencionar que las gráficas son una una representación simplificada del mercado de energía que presentan un sistema de producción energética ordenado, de la tecnología con el menor costo marginal por KWh a la que presenta los mayores costos marginales.

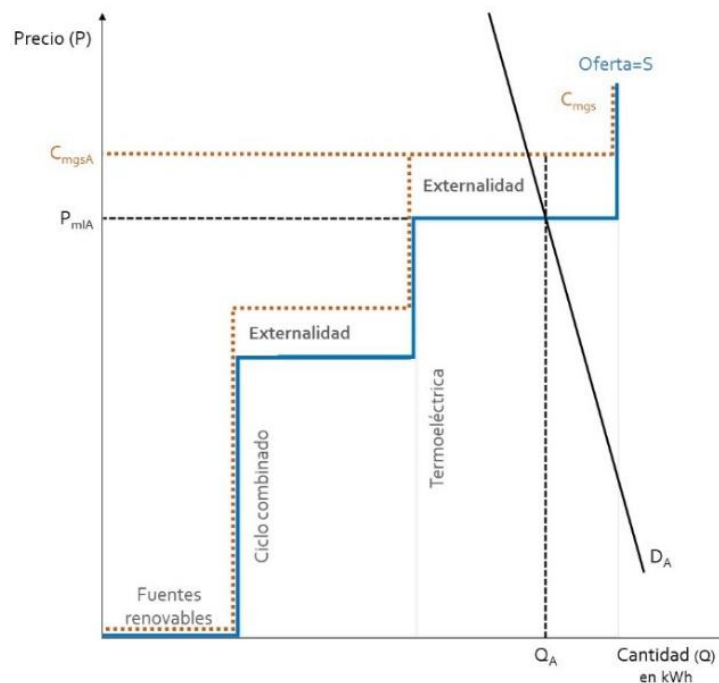
Adicionalmente se consideran dos casos, un caso de demanda baja y otro de demanda alta lo cual depende principalmente de la ubicación del proyecto, pero también de la época del año y de la hora del día y puede determinarse a partir de la información de las fuentes oficiales como el PRODESEN, la CFE o la SE anteriormente citadas.

**Caso 1. Caso de alta demanda**

La oferta **S** representada con la línea azul se construye a partir de las cantidades de energía producidas por cada tipo de tecnología. Primero, se emplean las tecnologías de generación más baratas (fuentes renovables) y cuando es necesario las más caras (ciclo combinado primero y después termoeléctrica convencional)<sup>25</sup>. Además del costo de generación de la energía, se incluye a la gráfica el costo de las externalidades negativas que es mayor en el caso de la termoeléctrica convencional que en el caso del ciclo combinado.

La demanda **D<sub>A</sub>** está representada por la línea negra y se construye a partir de toda la cantidad de energía requerida en un momento determinado.

En el caso de *alta demanda* el proveedor o los proveedores de energía eléctrica buscarán satisfacer la demanda **D<sub>A</sub>** con la cantidad **Q<sub>A</sub>** la cual se produce por medio de fuentes renovables, de ciclo combinado, pero también de procesos de quema de hidrocarburos (termoeléctrica). El precio marginal del sistema es entonces el precio **P<sub>mlA</sub>** de la generación por termoeléctrica a lo cual se le tiene que sumar la externalidad negativa por kWh producido (diferencia entre **P<sub>mlA</sub>** y **C<sub>mgsA</sub>**)



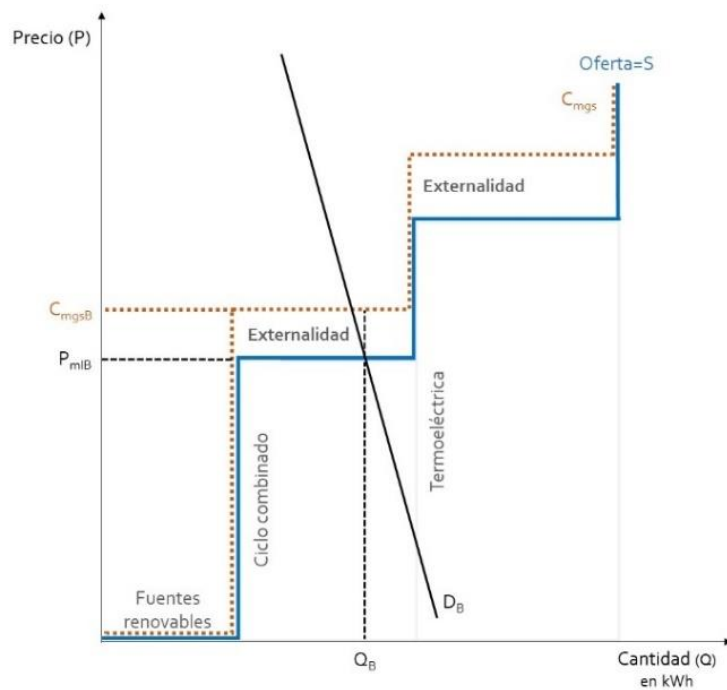
<sup>25</sup> El costo representado por la curva de oferta es el costo marginal privado (o costo variable), no incluye el costo de inversión y de mantenimiento por instalar y mantener operando la central, respectivamente.

**Caso 2. Caso de baja demanda**

Como en el caso anterior, la oferta  $S$  representada con la línea azul se construye a partir de las cantidades de energía producidas por cada tipo de tecnología. Asimismo, primero se emplean las tecnologías de generación más baratas (fuentes renovables), después otras más caras como el ciclo combinado y finalmente existe el potencial de emplear energía termoeléctrica<sup>26</sup>.

No obstante, en ese caso la demanda  $D_B$  que está representada por la línea negra y se construye a partir de toda la cantidad de energía requerida en un momento determinado es baja.

Por lo mismo en ese caso, el proveedor o los proveedores de energía eléctrica lograrán satisfacer la demanda  $D_B$  con la cantidad  $Q_B$  la cual se produce por medio de procesos de fuentes renovables y de ciclo combinado, sin usar plantas termoeléctricas. Eso hace que el precio marginal en el sistema es igual a  $P_{mIB}$ , que más barato que en el caso de la zona con alta demanda. A ese precio, se le añade una externalidad negativa menor por kWh que la que se asocia a la producción termoeléctrica (diferencia entre  $P_{mIB}$  y  $C_{mgsB}$ ).



<sup>26</sup> *Ibíd.*

## Paso 2: Definición de la Situación sin Proyecto y análisis de alternativas de solución

Este paso tiene la finalidad de encontrar medidas que mejoren y ayuden a disminuir el problema identificado en la Situación Actual sin invertir grandes cantidades de recursos. Su objetivo es definir una situación en la cual ya se consideraron e implementaron todas las optimizaciones posibles para solucionar el problema, y aun así no se logra resolver en su totalidad.

### I. Identificación medidas y/o mecanismos de optimización de servicios

¿Qué medidas administrativas o de bajo costo se pueden tomar para resolver el problema?

Conforme al CEPEP, *la optimización tiene por objeto restaurar la capacidad operativa de los sistemas, por ejemplo, hacer reparaciones menores o tomar medidas para tratar de aprovechar lo mejor posible lo que se tiene. De esta manera se puede proyectar lo que ocurriría en la Situación Actual si no se tuvieran recursos para realizar el proyecto.*

En este sentido, se debe realizar un análisis exhaustivo de las medidas administrativas o de bajo costo factibles de realizarse y que aminoren el problema identificado previamente. Hay que hacer notar que, si se llevó a cabo una auditoría energética, las medidas de optimización podrían estar indicados en estos estudios.

En el caso de las tecnologías de EE, algunas medidas de optimización para proyectos en edificios públicos son<sup>27</sup>:

- Sensibilizar a los usuarios sobre el uso de las tecnologías y el consumo energético
- Reparar fallas eléctricas
- Reparar fugas de gas
- Reparar fugas de agua caliente

---

<sup>27</sup> Esta lista de optimizaciones es ilustrativa y no limitativa.

- Reparar ventanas
- Limpiar ventanas
- Limpiar luminarias
- Limpiar o reparar los equipos de aire acondicionado
- Mejorar la ubicación de los calefactores de interiores
- Pintar con colores claros las paredes interiores
- Recorrer horarios de trabajo conforme la luminosidad y temperatura en función de la época del año

En cuanto a las tecnologías ER, hay que tener en cuenta que su ejecución está estrictamente determinada por recursos etiquetados para proyectos de ER en edificios públicos; esto significa que las medidas para disminuir el consumo energético en la zona de estudio escapan a los alcances de los posibles proyectos a evaluar. Por lo tanto, las medidas de optimización deben poder aplicarse en los edificios públicos que se pretenden intervenir y podrían ser las mismas que en los ejemplos para las tecnologías de EE u algunas otras medidas que disminuyan el consumo energético de todo el edificio.

Notar que las medidas de optimización propuestas no implicarían grandes erogaciones o cambios en los equipamientos que puedan considerarse como alternativas de proyectos, sino que representan mejoras a las condiciones actuales a un bajo costo.

## II. Determinación la Oferta en el escenario Sin Proyecto

Una vez implementadas las optimizaciones ¿En qué aspectos y medidas se modifica la oferta respecto a la Situación Actual?

Las medidas de optimización tendrán efectos positivos en la oferta respecto a la presentada en la Situación Actual. En este punto es necesario describir cuales serán esos efectos positivos y plasmar la oferta usando las mismas unidades de análisis consideradas previamente.

Por ejemplo, en el caso de EE, si se presentan mejoras en el consumo energético derivado de las reparaciones en las instalaciones eléctricas, si los lúmenes de una oficina aumentaron por la limpieza de las lámparas o las ventanas, o si el consumo de gas disminuiría por

reparaciones que evitarían fugas, existiría un menor consumo energético el cual es adjudicable a la medida de optimización.

Es la misma situación para las tecnologías ER, de existir mejoras en el consumo energético en los edificios analizados cambiará la demanda de kWh o MWh respecto a la observada en la situación actual.

- **Proyecciones de la Oferta en el Horizonte de Evaluación en el escenario Sin Proyecto**

¿Cómo se espera que cambie la oferta en la Situación sin Proyecto durante los siguientes años?

Una vez definidas las optimizaciones, se debe plantear como se verá afectado positivamente la oferta en los años siguientes respecto a la Situación Actual Optimizada.

Las condiciones de la oferta en la Situación sin Proyecto a lo largo del tiempo deben plasmarse en una tabla o gráfica (si las variaciones lo ameritan) que permitan observar la oferta año con año. Es importante contemplar en el horizonte de evaluación el factor de obsolescencia de los equipos y tecnologías analizados.

### **III. Determinación la Demanda en la Situación sin Proyecto**

Una vez implementadas las optimizaciones ¿En qué aspectos y medidas se modifica la demanda respecto a la Situación Actual?

Como sucedió con la oferta en el escenario Sin Proyecto, es posible que la demanda también sufra modificaciones del hecho de la implementación de las optimizaciones; muchas veces las optimizaciones tendrán el efecto de disminuir la demanda de energía, no obstante, también es factible considerar que la demanda de la Situación Actual Optimizada se mantendrá sin cambios respecto a la demanda de la Situación Actual.

En cualquier caso, es necesario plasmar cuál será la demanda de la Situación Actual Optimizada en las mismas unidades utilizadas en la Situación Actual que permitan comparar ambos escenarios.

- **Proyecciones de la Demanda en el Horizonte de Evaluación en el escenario Sin Proyecto**

Es factible considerar que la demanda de los servicios cambie en los años siguientes, por ejemplo, por el incremento o disminución de personal en el edificio estudiado. También es posible que no existan cambios en la demanda en el horizonte de evaluación.

En cualquiera que sea el caso, las variaciones -o no- de la demanda en los siguientes años deben de ser susceptibles de comparación respecto a lo sucedido en la Situación Actual Optimizada.

#### **IV. Análisis la Interacción de la Oferta y la Demanda en el escenario Sin Proyecto**

¿De qué magnitud sigue siendo el problema, el déficit o la oportunidad que surge de la interacción entre la oferta y la demanda una vez implementadas las medidas de optimización y cómo evoluciona en el tiempo?

Las medidas de optimización tienen el objetivo de atender la problemática identificada con medidas de bajo costo, y sus efectos se ven reflejados una vez que se analiza la interacción entre la oferta y la demanda de este escenario.

Como resultado, puede suceder que se reduzca el consumo energético o que mejore la calidad del servicio. También se debe explicar cómo evolucionara en el tiempo el consumo energético y la calidad del servicio asociado al fin que quede clara la interacción de la oferta y la demanda de la Situación sin Proyecto.



## V. Identificación y comparación de las alternativas posibles para atender la Situación sin Proyecto

¿Qué medidas se pueden implementar para resolver la problemática que persiste una vez que se implementaron las medidas de optimización?

Conforme el CEPEP las alternativas de solución *son variantes de solución al problema definido. Se deben determinar inicialmente todas las alternativas que en primera instancia son viables para solucionar el problema propuesto. Las alternativas deben estudiarse en función del tamaño, la localización, la tecnología utilizada y los recursos disponibles. Se deben descartar las que se consideren no viables por razones técnicas, sociales, institucionales o de otra índole, explicando tales razones.*

La gran variedad de tecnologías energéticamente eficientes y el dinamismo con el que se renuevan, así como la posibilidad de combinar dos o más tecnologías para resolver un problema son condiciones que deben tomarse en cuenta al momento de elegir la mejor intervención posible. En este apartado cobra relevancia la elaboración de una auditoría energética como parte de los estudios que acompañan a la evaluación socioeconómica, porque de esta se obtiene un listado de alternativas priorizadas por consumo energético.

Hay que tener en cuenta que todas las alternativas planteadas deben ser susceptibles de llevarse a cabo; esto significa que en una primera etapa de análisis deben tener la capacidad de ejecutarse sin restricciones tecnológicas, políticas, socioambientales u otras condiciones que descarten su ejecución, más allá del análisis socioeconómico. Además, deben considerarse las opciones que por su tamaño y capacidades sean adecuadas para atender el problema previamente descrito. Finalmente, tampoco se recomiendan considerar como alternativas de solución a tecnologías que se encuentran en su fase experimental o de desarrollo.

## Paso 3: Descripción de la Situación con el Proyecto

### I. Descripción del proyecto (mejor alternativa)

Una vez definida la mejor alternativa, se tendrá que describir las características de esta, los efectos que tendrá en la oferta y la demanda y, por lo tanto, en la atención al problema, déficit u oportunidad diagnosticada desde la Situación Sin Proyecto.

¿Qué características técnicas, de servicio u otras tiene el proyecto?

En este apartado es necesario describir cuáles son las características y capacidades de las tecnologías a implementar; que sea en términos de consumo energético, y calidad del servicio (confort térmico, disponibilidad de agua caliente, cantidad de lúmenes, entre otros) para proyectos de EE, o en potencia y generación de energía en el caso de ER, sea el caso de celdas solares o de generación eólica. Hay que recordar que en este apartado se deben referenciar las capacidades de las tecnologías a implementar en las mismas unidades de análisis utilizadas en la Situación Actual y sin Proyecto.

¿Cuáles son los aspectos más relevantes de los estudios de factibilidad técnica, auditoría energética, legal, económica, ambiental, financiera, social o de los estudios de mercado u otros?

En este apartado es necesario plasmar todas aquellas conclusiones y recomendaciones resultantes de los estudios que sustentan la implementación de la tecnología elegida, con la finalidad de justificar ampliamente su viabilidad.

¿Cuáles son los costos privados de inversión, de instalación, de operación y mantenimiento de las tecnologías a implementar?

Es necesario presentar un desglose amplio y preciso de los costos de inversión y de instalación, así como de todos los componentes que son necesarios para el buen funcionamiento de los equipos. Además, se deberán presentar los costos de operación,

haciendo énfasis en los costos energéticos, sin olvidar cualquier otro costo asociado. Finalmente se deben desglosar los costos de mantenimiento y la periodicidad de estos. Todos los costos deben ser unitarios, precisando las cantidades necesarias de cada ítem a lo largo del horizonte de evaluación y desglosando el IVA.

¿Cuál es el esquema de reinversiones o la vida útil de las tecnologías a implementar?

Si la tecnología así lo requiere, se deberá presentar el calendario de reinversiones o mantenimientos mayores. En este punto es indispensable describir el esquema general de la implementación del proyecto durante su vida útil, esto significa plasmar las cantidades y momentos de reinversiones, si es que la tecnología lo requiere. Este esquema debe ser coherente con los costos de inversión plasmados previamente.

## **II. Determinación de la Oferta de servicios Con Proyecto**

Una vez implementado el proyecto ¿En qué aspectos y medidas se modifica la oferta respecto a la Situación sin Proyecto?

Las condiciones de la oferta se verán modificadas respecto a la Situación sin Proyecto, por ejemplo, en la calidad del servicio (lúmenes, confort térmico o disponibilidad del agua caliente). Estos cambios también repercuten en la cantidad de energía requerida para generar el servicio. Esta información debe de presentarse en las mismas unidades empleadas en la Situación Actual y la Situación Sin Proyecto, con la finalidad de compararlas.

## **III. Determinación la Demanda de servicios Con Proyecto**

Una vez implementado el proyecto ¿En qué aspectos y medidas se modifica la demanda respecto a la Situación sin Proyecto?

Con la implementación del proyecto, es posible que la demanda Con Proyecto sufra modificaciones respecto a la Situación sin Proyecto en particular en el caso de proyectos de

EE; sin embargo, también es factible considerar que la demanda de la Situación con Proyecto se mantendrá sin cambios respecto a la demanda Sin Proyecto.

Como se sugirió anteriormente será necesario plasmar cuál será la demanda de la Situación con Proyecto en las mismas unidades utilizadas en la Situación sin Proyecto que permitan comparar ambos escenarios.

#### **IV. Análisis de la interacción de la oferta y la demanda de servicios Con Proyecto**

La interacción entre la oferta y la demanda Con Proyecto se muestra gráficamente a continuación. Este análisis se dividió para proyectos de EE en casos de alta y baja demanda energética y en proyectos de ER en casos de baja y alta demanda.

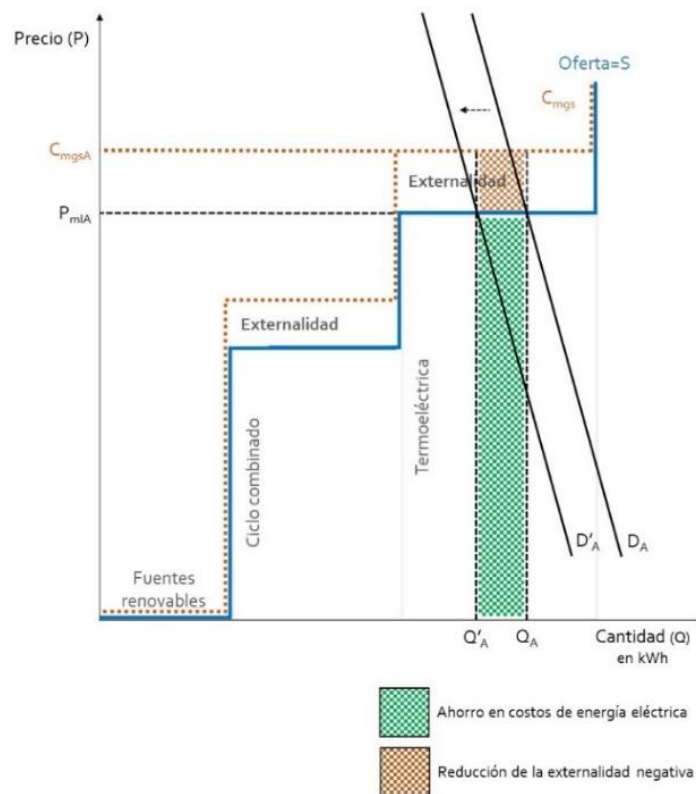
Como se mencionó en la Situación Actual, las gráficas son una representación simplificada del mercado de energía que presentan un sistema de producción energética ordenado, de la tecnología con el menor costo marginal por KWh a la que presenta el mayor costo marginal. Adicionalmente se consideran dos casos, un caso de demanda baja y otro de demanda alta lo cual depende principalmente de la ubicación del proyecto, pero también de la época del año y de la hora del día.

**Caso 1. Caso de alta demanda, efectos de un proyecto de EE**

Al implementar un proyecto de EE que disminuye el consumo energético en un caso de alta demanda, se requerirá menor cantidad de energía para satisfacer necesidades que en la Situación sin Proyecto.

Esto generará un desplazamiento de la curva de demanda de energía generada por procesos termoeléctricos ( $D_A$ ) hacia la izquierda ( $D'_A$ ). En consecuencia, se reduce la cantidad demandada de  $Q_A$  a  $Q'_A$  que en el caso de alta demanda se valora al precio  $P_{mlA}$ , a lo cual se le viene sumar la externalidad negativa asociada a esa generación (diferencia entre  $P_{mlA}$  y  $C_{mgsA}$ )<sup>28</sup>.

Por lo tanto, en ese caso, el beneficio socioeconómico por la disminución de consumo energético está representado por el rectángulo verde, y el beneficio socioeconómico por la reducción de externalidades negativas y en particular la reducción de emisiones de GEI es el rectángulo naranja



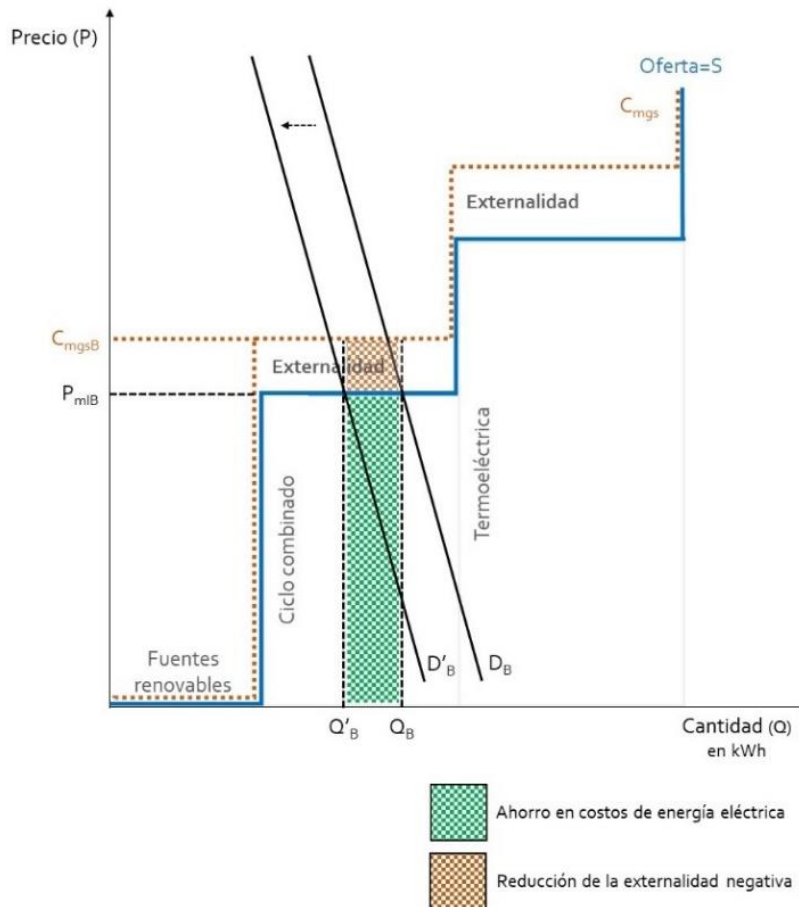
<sup>28</sup> Cabe señalar que, en todos los casos analizados, el proyecto es de tamaño chico y entonces, no cambia cual es la fuente de generación marginal en el sistema eléctrico.

**Caso 2. Caso de baja demanda, efectos de un proyecto de EE**

Para los proyectos de EE que disminuyen el consumo energético en caso de baja demanda, se desplaza la demanda de energía ( $D_B$ ) hacia la izquierda ( $D'_B$ ) y, por lo tanto, se reduce la cantidad demandada de  $Q_B$  a  $Q'_B$  valorada al precio  $P_{mIB}$  que es el costo de generación de la energía eléctrica por ciclo combinado, así como la externalidad negativa asociada a esa generación (diferencia entre  $P_{mIB}$  y  $C_{mgsB}$ ).

Notar que el ciclo combinado genera menores externalidades que las termoeléctricas y, por lo tanto, el efecto en la disminución de la externalidad de un proyecto en zonas de baja demanda es menor que en zonas de alta demanda.

El beneficio socioeconómico por la disminución de consumo energético está representado por el rectángulo verde, y el beneficio socioeconómico por la reducción de la externalidad negativa y en particular de emisión de GEI por el rectángulo naranja.

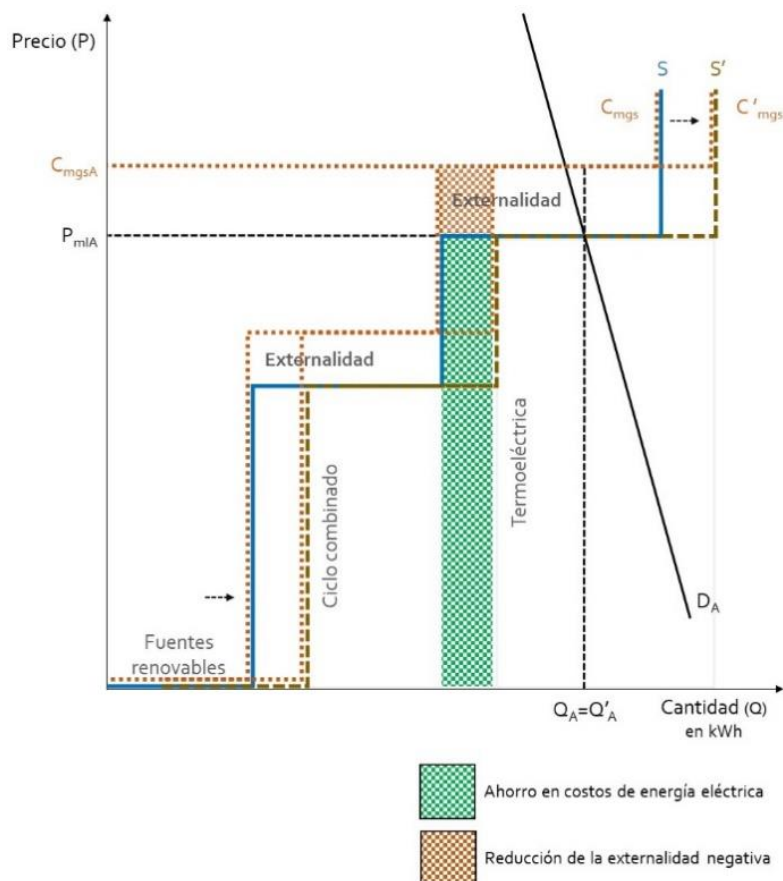


**Caso 3. Caso de alta demanda, efectos de un proyecto de ER**

Los proyectos de energías renovables incrementan la capacidad de producción energética. Este efecto se observa en el desplazamiento hacia la izquierda de la Oferta  $S$ , hasta la Oferta  $S'$  (de la línea azul a la línea punteada dorada).

En el caso de alta demanda, el incremento de la capacidad de producción de energía de fuentes renovables desplazará a la tecnología marginal más cara que es la termoeléctrica.

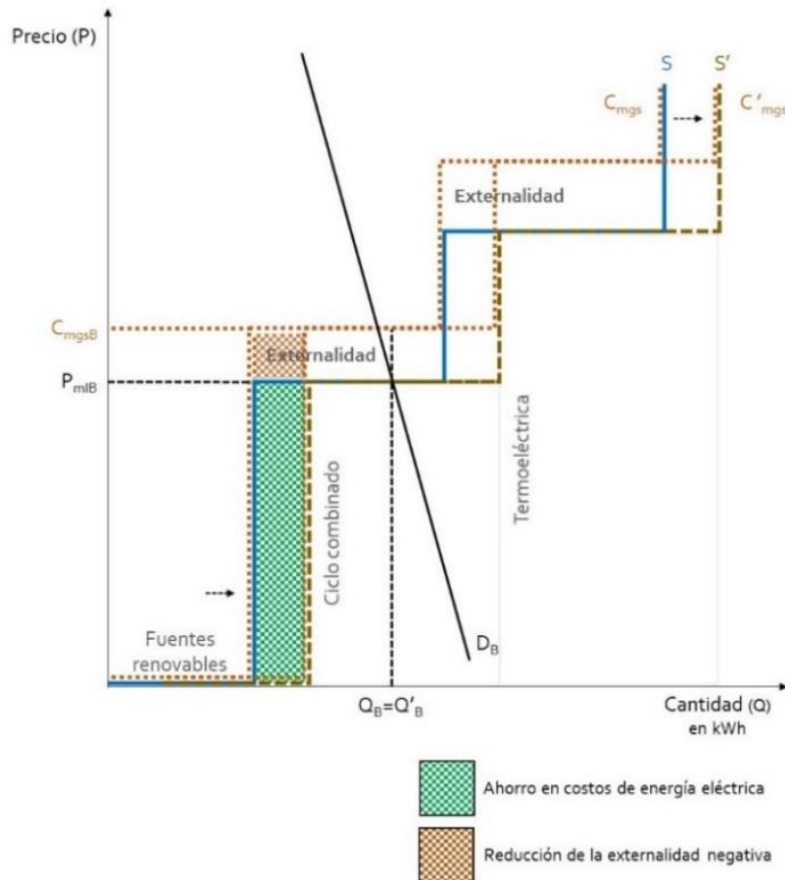
Esta reducción en el uso de la tecnología con mayor costo marginal tendrá efectos positivos en la sociedad, reduciendo los costos de generación de la energía (rectángulo verde) y su externalidad (rectángulo naranja).



**Caso 4.** Caso de baja demanda, efectos de un proyecto de ER

Del mismo modo que en el caso de alta demanda, los proyectos de energías renovables incrementan la capacidad de producción energética, desplazando a la tecnología con mayor costo o fuente de generación marginal que en ese caso es el ciclo combinado, incrementando la Oferta  $S$ , hasta la Oferta  $S'$  (de la línea azul a la línea punteada dorada).

En ese caso, el efecto en la reducción de costos energéticos solamente sucede en la energía de ciclo combinado, que es la que satisface la baja demanda. Este efecto puede notarse en la reducción de costos energéticos (rectángulo verde) y en la disminución de sus externalidades, en particular la reducción de emisiones de GEI (rectángulo naranja).





## Paso 4: Identificación, cuantificación y valoración de los costos y los beneficios socioeconómicos del proyecto

### I. Identificación los costos y beneficios socioeconómicos

En este apartado se presentarán los conceptos que corresponden a los costos y beneficios de un proyecto, ya sea de tecnologías de EE o tecnologías de ER.

Hay que tener en cuenta que los costos y los beneficios netos del proyecto son el resultado de comparar las condiciones de la situación sin proyecto, con las condiciones de la situación con proyecto. Esto significa que los costos y beneficios de la situación con proyecto siempre deben compararse contra los costos y beneficios de la situación optimizada sin proyecto.

- **Costos Socioeconómicos**

1. Costos de inversión y reinversiones

Corresponden a todos los bienes necesarios para llevar a cabo el proyecto, por ejemplo, el costo de adquisición de los paneles solares, de los aerogeneradores, de los equipos para confort térmico, de los equipos para calentar el agua, los necesarios para la iluminación, entre otros.

Asimismo, es posible que en el proyecto se tengan contempladas reinversiones en equipos en un tiempo determinado para mantener su vida útil. Estas reinversiones también forman parte de los costos del proyecto y deben contabilizarse al momento en que sucedan dentro del horizonte de evaluación.

2. Costos de instalación y adecuación de espacios

Son todas aquellas actividades e insumos necesarios para la correcta implementación de la tecnología a instalar, por ejemplo, abrir nuevos espacios en paredes, un nuevo sistema eléctrico, una nueva tubería para el agua caliente o la preparación de un terreno para instalación de un aero generador.

### 3. Costos de molestias en la instalación

Durante el proceso de instalación es posible que las actividades en los edificios públicos a intervenir se vean afectadas y no se puedan brindar los servicios con regularidad; también es posible que la instalación de equipos genere molestias en las zonas aledañas impidiendo que no se lleven a cabo actividades rutinarias. Ambos casos son costos adjudicables al proyecto.

### 4. Costos de operación y mantenimiento

Son las erogaciones necesarias para que la tecnología opere adecuadamente durante su vida útil. Este concepto lo integran los mantenimientos, menores, mayores y correctivos, entre otros. En los programas de inversión es importante diferenciar entre las reinversiones y los programas de mantenimiento correctivos, con la finalidad de no duplicar costos.

### 5. Costos de disposición final incluyendo externalidades negativas

En ocasiones, las tecnologías requieren de un tratamiento especial al final de su vida útil que depende del tipo de materiales que lo componen o se incurren en costos por el traslado de estas desde el edificio hasta el lugar de disposición final. También puede pasar que los desechos de materiales, como pueden ser equipos de enfriamiento, contengan materiales generadores de externalidades negativas. Tanto los costos de disposición final, como las externalidades que se pueden generar forman parte de los costos del proyecto y se deben contabilizar en la evaluación.

### 6. Costos de las externalidades en la producción del bien

Durante el proceso de manufactura del equipo pueden generarse externalidades negativas, por ejemplo, emisiones de GEI. Hay que hacer notar que la evaluación socioeconómica se realiza desde el punto de vista de un solo país, por lo que las externalidades negativas en la construcción de un equipo solo se contabilizan si:

- i. El equipo y entonces las externalidades se producen en el país (caso de bien doméstico), o
- ii. Si el equipo se produce en otro país (bien importable) y el precio al que se importa incluye el costo de la externalidad negativa.
- iii. Finalmente, otro caso posible en el cual se podría incluir el incremento en las emisiones de GEI de por la producción en otro país de un bien importable (que no se refleja en su precio) es si, al momento de contabilizar las emisiones de GEI en México, se tomen en cuenta esas emisiones en el balance de emisiones.

- **Beneficios socioeconómicos**

1. Disminución de costos de generación energética

El principal beneficio de los proyectos de transición energética es la disminución de costos de generación energética. Como se revisó anteriormente, existen proyectos que disminuyen los costos de generación porque requieren menor cantidad de energía para proveer servicios (tecnologías de EE) y proyectos que generan energía y desplazan la curva de oferta en el mercado energético, lo que repercute también en una disminución del costo de generación energética (tecnologías ER).

2. Disminución de los costos de transmisión energética

Que sea por la reducción de consumo energético directamente en el caso de EE o por el hecho que la generación de ER se localice en general en zonas urbanas de mayor consumo, se tiene también un impacto positivo de esos proyectos al reducir el costo de transmisión<sup>29</sup>.

---

<sup>29</sup> En el caso de EE, se podría contabilizar igualmente un efecto por reducción de costos de distribución, no obstante, en la práctica no es tan fácil hacerlo. En el caso de ER, el impacto es menos claro, ya que hay situaciones en donde ese tipo de generación puede hasta incrementar los costos de distribución del sistema para sacar la energía generada en horas de baja demanda.

### 3. Incremento en la capacidad del sistema eléctrico

Si se reduce la demanda o se incrementa la oferta en las horas críticas del sistema, que son las de mayor demanda, el proyecto va a tener un beneficio adicional por el incremento de capacidad.

### 4. Reducción de emisiones de GEI

Algunas fuentes de generación de energía requieren quemar gas o hidrocarburos. Del hecho de que por los proyectos de EE haya una menor demanda o en el caso de los proyectos de ER por el desplazamiento dese desplace la oferta en favor de tecnologías renovables, se disminuye con proyecto la cantidad de GEI liberados a la atmósfera, lo que representa un beneficio para el país, del hecho de los costos asociados al cambio climático

### 5. Reducción de emisiones de contaminantes locales en caso de sustitución de generación de energía termoeléctrica

Al reducirse la generación a partir de centrales termoeléctricas, se disminuyen las externalidades negativas causadas por esa generación en términos visuales, de olores, pero también de impacto en la salud de las poblaciones aledañas.

### 6. Incremento en la calidad del servicio en el caso de proyectos de EE

Además de reducir el consumo de energía eléctrica, se puede incrementar la calidad del servicio en el sentido que los usuarios del edificio tengan un mejor confort térmico del ambiente y del agua, así como de confort lumínico.

Como se comenta a continuación, esos dos últimos beneficios son de difícil valoración, por lo que muchas veces se quedan como beneficios intangibles.

## II. Cuantificación y valoración de los costos y beneficios socioeconómicos

Una vez identificados los costos y beneficios del proyecto, lo siguiente es cuantificarlos y valorarlos. La cuantificación es la representación numérica de las cantidades de cada uno

de los costos y beneficios, valorarlos significa asignarles un valor monetario a esas cantidades.

Por una parte, las cantidades de los costos son el resultado del análisis de todos los bienes y servicios necesarios para proveer un servicio. Pero también se tienen que tomar en cuenta otros costos, por ejemplo, los costos de molestias y los costos por externalidades negativas.

Por otra parte, las cantidades de los beneficios son, en muchos casos, derivados de los comparativos entre la situación sin proyecto y el con proyecto. Por ejemplo, la cantidad resultante de las cantidades de energía consumida entre la situación optimizada y con proyecto, los diferenciales en costos de transmisión energética y la cantidad de emisiones de GEI reducidas.

A continuación, se presenta una tabla con métodos de valoración por cada tipo de costo o de beneficio del proyecto. Es importante mencionar que la información es una sugerencia y que no limita a otras formas más precisas de valoración de cada ítem.

**TABLA 4. RESUMEN DE LA IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS COSTOS Y BENEFICIOS  
ADJUDICABLES A UN PROYECTO DE EE O ER**

Concepto	Cuantificación	Valoración sugerida no limitativa
<b>Costos socioeconómicos</b>		
1.- Costos de inversión y reinversiones	Número de equipos necesarios en el proyecto a lo largo del horizonte de evaluación	Precios de mercado libres de impuestos y subsidios
2.- Costo de instalación y adecuación de espacios	Cantidad de insumos y tareas necesarias para la instalación de los equipos	Precios de mercado libres de impuestos y subsidios
3.- Costos de molestias en la instalación	Depende del tipo de costo	Depende del tipo de costo
4.- Costos de operación y mantenimiento	Cantidad de insumos necesarios para la operación y mantenimiento de los equipos	Precios de mercado libres de impuestos y subsidios
5.- Costos de disposición final incluyendo externalidades negativas	a) Número de equipos enviados a disposición final	a) Precios de mercado libres de impuestos y subsidios
	b) Externalidades negativas emitidas al final de la vida útil por tipo de equipo	b) Valoración si posible del costo social de la externalidad
6.- Costos de las externalidades en la producción del bien	Dependiendo del caso, el incremento en emisiones de GEI se puede restar a la reducción de emisiones de GEI obtenida por el proyecto	Ver beneficio 4.
<b>Beneficios socioeconómicos</b>		
1.- Disminución de costos de generación energética	Cantidad de KWh que se dejan de consumir por el proyecto en caso de EE o que se dejan de generar por otra fuente en caso de ER	Precio marginal local por KWh en la zona de estudio emitido por el CENACE <sup>30 31</sup>
2.- Disminución de los costos de transmisión energética	Cantidad de KWh que se dejan de consumir por el proyecto en caso de EE o que se dejan de generar por otra fuente en caso de ER	El precio marginal local publicado por el CENACE tiene 3 componentes: el costo marginal de generación, el costo de las pérdidas de transmisión y el costo de la congestión en la transmisión, por lo que al usar ese precio anteriormente ya se toma en cuenta el costo de transmisión energética.
3.- Incremento de la capacidad del sistema	Capacidad en KW del proyecto por el número de horas críticas durante las cuales se reduce la demanda en caso de EE o se aumenta la capacidad de generación en caso de ER	Precio de capacidad publicado por el CENACE <sup>32</sup>
4.- Reducción de emisiones de GEI	Cantidad de KWh que se dejan de consumir por el proyecto en caso de EE o que se dejan de generar por otra fuente en caso de ER por el Factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional	Precio social del carbono
5.- Reducción de emisiones de contaminantes locales en caso de sustitución de energía termoelectrónica	Cantidad de emisiones	De difícil valoración
6.- Incremento en la calidad del servicio en caso de proyecto de EE	Depende del caso	De difícil valoración

Fuente: Elaboración propia.

Para la comprensión más completa de dos de los conceptos fundamentales para la evaluación, a continuación, se presenta la descripción del Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional y del Precio Social del Carbono.

a. Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional

*La Ley General de Cambio Climático establece la creación de diversos instrumentos de política pública, entre ellos, el Registro Nacional de Emisiones (RENE) y su Reglamento, que permitirán compilar la información necesaria en materia de emisión de Compuestos y Gases Efecto Invernadero (CyGEI) de los diferentes sectores productivos del país.*

*Este Reglamento establece la creación de acuerdos que definirán los aspectos técnicos para la operación del Registro. Uno de estos Acuerdos, el de Agrupación de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero así como su Potencial de Calentamiento Global, identifica cada una de las sustancias químicas conforme a una denominación internacionalmente aceptada y definida por asociaciones especialistas en la materia.<sup>33</sup>*

Para fines del Registro Nacional de Emisiones, el Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional para el año 2018 publicado por la Comisión Reguladora de Energía es de 0.527 tCO<sub>2</sub>e/ MWh<sup>34</sup>.

---

<sup>30</sup> Consultado en <https://datos.gob.mx/busca/dataset/precios-de-energia-del-mercado-de-corto-plazo>

<sup>31</sup> En el PRODESEN se tiene la ventaja que vienen proyecciones de precios marginales locales en el tiempo que toman en cuenta los cambios que se esperan en la matriz energética, al contrario de la información publicada por el CENACE que no viene proyectada en el tiempo. No obstante, la información del CENACE está más actualizada.

Subasta de Largo Plazo 2017, Precios Marginales Locales, consultado en <https://www.gob.mx/sener/acciones-y-programas/programa-de-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional-33462>

<sup>32</sup> Los precios y horas críticas se pueden consultar en el Informe Ejecutivo Mercado para el Balance de Potencia 2019, Año de Producción: 2018, de CENACE.

<sup>33</sup> Consultada en <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/registro-nacional-de-emisiones-rene>

<sup>34</sup> *Ibidem*.

## b. Precio Social del Carbono

El Precio Social del Carbono “*se define como el valor monetario del daño causado al emitir una tonelada adicional de carbono en un momento dado del tiempo*”<sup>35</sup>. México no ha publicado a la fecha de realización de dicha metodología un valor oficial por el precio social del carbono.

En Chile, se decidió aproximar ese valor aplicando la metodología basada en la estimación del costo marginal de abatimiento (CMA)<sup>36</sup> que representa el costo de reducción de las emisiones (y no del daño que generan), resultando una vez determinada la curva de costo de abatimiento marginal en un precio social del CO<sub>2</sub> de 0.823 UF/tonCO<sub>2</sub><sup>37</sup>, lo que corresponde a precios de octubre de 2019 a 31.93 USD<sup>38</sup>.

La CEPAL (2019) como resultado de un metaanálisis de la literatura a partir de 37 documentos (261 observaciones) sugiere usar un valor de 25.83 USD por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.

## Paso 5: cálculo de los indicadores de rentabilidad

Después de que se identificaron, cuantificaron y valoraron los costos y los beneficios del proyecto, el siguiente paso es estimar los indicadores de rentabilidad, con los cuales los tomadores de decisiones reciben información sobre la conveniencia o no de implementar el proyecto. Para proyectos de transición energética en edificios existentes, en general, el análisis será de tipo costo-beneficio.

---

<sup>35</sup> Alatorre, J.E., Caballero, K., Ferrer, J. & Galindo, L.M. (2019). *El costo social del carbono: una visión agregada desde América Latina*. Estudios del cambio climático en América Latina. CEPAL, GIZ.

<sup>36</sup> Ver definición de ese indicador en el paso 5 de la metodología.

<sup>37</sup> Ministerio de Desarrollo Social, Gobierno de Chile (2017). *Estimación del precio social del CO<sub>2</sub>*. División de Evaluación Social de Inversiones, Subsecretaría de Evaluación Social, Sistema Nacional de Inversiones.

<sup>38</sup> Con un tipo de cambio de 38.795 USD/UF a partir de datos del Banco Central de Chile al 25 de octubre de 2019.



Existen múltiples indicadores de rentabilidad, no obstante, para fines de la presente metodología se emplearán, 1.- el Valor Presente Neto, 2.- la Tasa Interna de Retorno, 3.- la Tasa de Rentabilidad Inmediata, y 4.- la Relación Beneficio Costo.

Adicionalmente, se planteará un indicador para medir la contribución del proyecto a la reducción de emisiones de GEI: 5.- el Costo Marginal de Abatimiento de Emisiones de GEI.

- Valor presente Neto (VPN)

*El Valor Presente Neto (VPN) o Valor Actual Neto (VAN) de un proyecto es la suma de los beneficios netos futuros esperados del proyecto y actualizados a un año común a una tasa de descuento relevante<sup>3940</sup>. Se calcula mediante la siguiente expresión:*

$$VPN = \sum_{t=0}^{n-1} \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t}$$

Donde n representa el horizonte de evaluación medido en años, r es la tasa de descuento,  $B_t$  es la suma de todos beneficios socioeconómicos en el año t (beneficios directos, beneficios indirectos y disminución de externalidades negativas), y  $C_t$ , es la suma de todos los costos socioeconómicos (inversión, costos directos, costos indirectos y costos por externalidades negativas, sí así corresponde) en el año t.

Notar que, en esta expresión es posible que en un momento determinado t, puedan presentarse costos por inversión y operación y beneficios, siempre y cuando las características del proyecto así los generen.

Si el VPN es positivo, es conveniente llevar a cabo el proyecto. En cambio, si el VPN es negativo, no es conveniente llevar a cabo el proyecto. En el caso de que el VPN sea igual a

---

<sup>39</sup> Glosario, CEPEP 2017.

<sup>40</sup> La tasa social de descuento vigente al 2019 para México es de 10%.

cero, se es indiferente entre ejecutar el proyecto o realizar otro proyecto con la misma tasa de descuento.

- Tasa Interna de Retorno (TIR)

*La Tasa Interna de Retorno (TIR) para algunos autores resume los méritos que tiene un proyecto porque se determina de manera intrínseca al mismo proyecto y se determina exclusivamente con los flujos esperados del proyecto. La TIR es aquella tasa de descuento que ocasiona que el VPN del proyecto sea igual a cero.<sup>41</sup>*

La expresión para calcularla es la siguiente:

$$VPN = \sum_{t=0}^{n-1} \frac{B_t - C_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Donde n representa el horizonte de evaluación medido en años, r es la tasa de descuento,  $B_t$  es la suma de todos beneficios socioeconómicos en el año t (beneficios directos, beneficios indirectos y disminución de externalidades),  $C_t$ , es la suma de todos los costos socioeconómicos (inversión, costos directos, costos indirectos y costos por externalidades negativas, sí así corresponde) en el año t, y TIR es la tasa objetivo que igualará a cero toda la ecuación. Para encontrar la TIR de un proyecto se requiere de un proceso iterativo hasta encontrar la tasa que vuelva cero la diferencia descontada entre los beneficios y los costos del proyecto.

Para hacer una lectura del indicador, la TIR resultante debe compararse con la tasa de descuento, que en este caso es 10%. Si la TIR es mayor a la tasa de descuento, el proyecto genera más beneficios que los exigidos y debe llevarse a cabo. Si la TIR es menor a la tasa de descuento, el proyecto no alcanza a generar los beneficios exigidos y por lo tanto se

---

<sup>41</sup> Glosario, CEPEP 2017.

descarta. Si la TIR es idéntica a la tasa de descuento, se es indiferente sobre ejecutar o no el proyecto.

Hay que hacer notar que la TIR puede ser múltiple en particular cuando el flujo neto cambia de signo en el tiempo.

- Tasa de Rentabilidad Inmediata

*La Tasa de Rentabilidad Inmediata indica el momento óptimo de inicio de operación de un proyecto de inversión y aplica cuando los beneficios del proyecto son crecientes en el tiempo calendario, Independientemente de la fecha en que se ejecute el proyecto.<sup>42</sup>*

Su expresión es la siguiente:

$$TRI_t = \frac{FE_t}{I}$$

Dónde  $FE_t$  es el flujo de efectivo en el año  $t$  e  $I$  es el valor de la inversión o inversiones un periodo antes del año de operación del proyecto que se está analizando.

Nuevamente se debe comparar con la tasa de descuento del proyecto. Cuando la TRI es mayor a la tasa de descuento, se encuentra el momento óptimo de operar, y por lo tanto las inversiones se deben ejecutar en la forma planteada. Cuando la TRI es menor que la tasa de descuento, el inicio de operaciones se debe retrasar hasta encontrar el momento dónde sea mayor.

---

<sup>42</sup> Glosario, CEPEP 2017.

- Relación Beneficio Costo o Índice de Rentabilidad

La relación Beneficio/Costo se define como el valor actual de los beneficios dividido por el valor actual de los costos.<sup>43</sup>

$$\frac{B}{C} = \frac{VPB}{VPC}$$

Si la Relación Costo Beneficio es mayor a 1, cada peso invertido está generando más que lo gastado y el proyecto debe ejecutarse. Si la relación es menor a 1, se está perdiendo valor por cada peso y el proyecto no debe llevarse a cabo. Si la relación es igual a 1, existe indiferencia sobre invertir o no en el proyecto. Ese indicador se puede usar para comparar proyectos y priorizarlos.

- Costo Marginal de Abatimiento de Emisiones de GEI (CMA)

El indicador de costo marginal de abatimiento de GEI se define como el costo (neto de los beneficios valorables) promedio con proyecto de evitar una tonelada métrica de CO<sub>2</sub>e en comparación a la situación sin proyecto o escenario de referencia.

$$CMA = \frac{VPC - VPB^*}{VPT_{GEI}}$$

Dónde al Valor Presente de los Costos del proyecto (VPC) se le resta el Valor Presente de los beneficios que se pudieron valorar (VPB\*) sin tomar en cuenta el beneficio por reducción de emisiones de GEI<sup>44</sup> entre las toneladas de GEI reducidas por el proyecto T<sub>GEI</sub> en valor presente VPT<sub>GEI</sub>. Ese indicador permite medir la contribución del proyecto a la reducción de emisiones de GEI y se puede interpretar de dos maneras:

---

<sup>43</sup> Ibídem.

<sup>44</sup> Para el cálculo de ese indicador, no se valora el efecto del proyecto en las emisiones de GEI, lo que permite que ese indicador no dependa del valor del precio social del carbono.

Comparando el indicador obtenido con el de otras medidas de reducción de emisiones, por lo que ese indicador puede comparar diversas alternativas de EE y ER, e ir seleccionando la alternativa que presenta el menor CMA.

Comparando el indicador con el precio social del carbono. Si el CMA es inferior al precio social del carbono, entonces esa medida de reducción de emisiones se debe llevar a cabo. Y si el CMA es superior al precio social del carbono, esa medida no se debe implementar<sup>45</sup>.

Cabe señalar que ese indicador puede llegar a ser negativo, como es el caso de varias medidas de EE, como el cambio a focos ahorradores o la sustitución de aires acondicionados u otros equipos poco eficientes, lo que significa que el proyecto es rentable, aunque no se incluya al flujo de beneficios el de reducción de emisiones. Al contrario, para otros proyectos, como es generalmente el caso de los de ER, el CMA es negativo, lo que significa que el proyecto no es rentable si no se considera el beneficio por reducción de emisiones, razón por la cual para que ocurren esos proyectos se tienen que subsidiar reconociendo su contribución a la reducción de emisiones de GEI.

## Paso 6: Elaboración del análisis de sensibilidad y del análisis de riesgos

### I. Elaboración del análisis de sensibilidad

*Este análisis permitirá conocer qué tan sensible es la rentabilidad del proyecto ante posibles variaciones en variables relevantes del proyecto. Variables relevantes que pueden afectar la rentabilidad del proyecto pueden ser: la inversión, los costos de operación y mantenimiento, y los beneficios.*

---

<sup>45</sup> Cabe recordar que a su vez se puede determinar el precio social del carbono a partir de la curva de CMA que va ordenando los proyectos del menor al mayor CMA tomando en cuenta para cada medida su potencial de reducción en toneladas. En función de la reducción de emisiones a la cual se comprometió el país, se determina la medida marginal que se tendría que implementar, cuyo CMA corresponde al precio social del carbono. Dicho método es el que se empleó para determinar el precio social del CO<sub>2</sub> en Chile.

*Este análisis es relevante porque de la sensibilidad de los proyectos ante estas variables puede ser factor determinante para tomar la decisión de realizar o no el proyecto. En general los proyectos tienen variaciones en sus variables relevantes, sin embargo, en la medida de que los proyectos cuenten con mejores estudios de preinversión se podrá tener mayor certeza acerca de la información que dará sustento al Análisis Costo-Beneficio.*

*En el análisis de sensibilidad se busca conocer el impacto que podría tener en la rentabilidad del proyecto un comportamiento inesperado de alguna variable que ha sido estudiada en la preinversión. Lo importante es mostrar hasta qué punto se puede desviar una variable para hacer que el proyecto deje de ser conveniente.<sup>46</sup>*

Para los proyectos de transición energética, tres variables son fundamentales -más no las únicas- para el análisis de sensibilidad 1.- los costos sociales de la energía, 2.- el precio social del carbono, y 3.- el costo social de las tecnologías.

Se recomienda analizar los cambios en cada variable -individual y colectivamente- que comprometen la rentabilidad del proyecto, así como los otros indicadores de rentabilidad, para conocer cuáles son los límites mínimos que soporta la alternativa estudiada y que tan lejanos se encuentran respecto al valor empleado originalmente, lo que le da una indicación de la robustez de los resultados obtenidos originalmente.

## **II. Elaboración del análisis de riesgos**

*Los proyectos pueden tener pérdidas potenciales ante la ocurrencia de sucesos negativos que están fuera del control de los responsables del proyecto. Estas pérdidas potenciales pueden afectar de manera sustancial a los proyectos incrementando sus costos o reduciendo sus beneficios, lo cual impactará directamente en su rentabilidad<sup>47</sup>.*

---

<sup>46</sup> Guía General para la Presentación de Evaluaciones Costo y Beneficio de Programas y Proyectos de Inversión, 2018, CEPEP (Guía General, CEPEP 2018).

<sup>47</sup> *Ibíd.*

*Es importante señalar que, para este análisis, los riesgos deben estar asociados en todo caso a potenciales afectaciones negativas a los proyectos y, por otro lado, no pueden considerarse como riesgos aquellas ineficiencias que pudieran tener los responsables de los proyectos en su ejecución u operación<sup>48</sup>.*

En el ámbito de proyectos de transición energética, algunos riesgos pueden ser:

- Disminución del precio de las actuales fuentes de energía
- Incremento del precio de importación de las tecnologías
- Cambios en los aranceles o restricciones a la importación de tecnologías
- Disminución del precio social del carbono
- Entrada de nuevos oferentes al mercado local de energía
- Nuevas regulaciones para las tecnologías a implementar
- Pérdidas de la capacidad de generación o transmisión de energía por desastres naturales<sup>49</sup>

## Paso 7: Conclusión y formulación de recomendaciones

*En este apartado deberán incluirse las principales conclusiones a las que se llega una vez analizada la información de los apartados anteriores: profundizar en el estudio de evaluación, postergar la ejecución del proyecto, descartar el proyecto o bien ejecutar el proyecto. Adicionalmente deberán indicarse todos aquellos supuestos en los que se incurre para el análisis, los problemas presentados para la evaluación incluyendo un análisis de las variables que representan mayor inconveniente para su estimación, la disponibilidad de información, los factores externos al proyecto que condicionan los resultados y las recomendaciones sobre estos elementos.<sup>50</sup>*

---

<sup>48</sup> Glosario, CEPEP 2017.

<sup>49</sup> Para profundizar en este tema, se recomienda revisar la *Propuesta para la inclusión de la variable de riesgo de desastres en el análisis de proyectos de inversión pública en México*, elaborada por GIZ, IGGRD y el CEPEP en 2018.

<sup>50</sup> Guía General, CEPEP 2018.

## Capítulo 4: Transición energética para edificaciones nuevas

En este capítulo se desarrollará la metodología para transición energética en edificaciones nuevas con la finalidad de mostrar que, en los edificios energéticamente eficientes, se incurre en menores costos socioeconómicos en comparación con las edificaciones que no consideran el tema de eficiencia energética en su planeación y ejecución.

### Antecedentes para emplear este apartado de la metodología

Este capítulo es un complemento de la Guía para la Presentación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos Edificación Pública 2015 del CEPEP (Guía de Edificación Pública, CEPEP) para que se tome en cuenta el factor de transición energética en la evaluación.

En general, los proyectos de adquisición y/o construcción de edificación pública se evalúan a partir de un análisis costo-beneficio que consiste en comparar la situación sin proyecto (en la cual la entidad pública incurre en altos costos y hasta déficit o mala calidad de los servicios que está entregando del hecho de ocupar espacios muchas veces antiguos, poco adecuados a sus actividades y con altos costos de renta y de operación y mantenimiento) con la situación con proyecto que corresponde a la adquisición o construcción de un edificio nuevo.

El tema de transición energética es relevante en ese tipo de proyectos, a dos niveles:

- Primero, en el apartado de la Identificación, Cuantificación y Valoración de los Beneficios Socioeconómicos, porque como parte de los beneficios del proyecto de adquisición y/o edificaciones nuevas, uno de los beneficios será la disminución de costos de operación y mantenimiento, incluyendo el consumo energético. Esa reducción del consumo energético se tendrá que valorar a precio social de la energía, que, como lo vimos en el capítulo anterior, incluye principalmente en el



caso de la electricidad el costo de la energía que se deja de generar por fuentes alternativas, más el beneficio por reducción de emisiones de GEI<sup>51</sup>.

- Segundo, en el apartado de Alternativas de Solución, porque al momento, en particular de construir un edificio nuevo, pero también en menor medida de adquirir uno, es importante comparar alternativas que pueden diferir en su nivel de eficiencia energética. Se puede tener que elegir entre una opción más barata en términos de costos de inversión, pero menos eficiente energéticamente con una opción más cara al principio, pero más eficiente energéticamente.

Conforme la Guía de Edificación Pública del CEPEP *las alternativas de solución surgen del análisis de las causas de la problemática identificada previamente y deben plantearse como las diferentes maneras que existen para resolver la problemática. Adicionalmente se menciona que la elección de la mejor alternativa de solución se basará en un análisis que determine las ventajas y desventajas de cada una de ellas; considerando los costos de inversión, de operación y mantenimiento, así como cualquier otro costo indirecto y externalidad que genere cada alternativa. Además, el análisis de costos se realizará mediante el cálculo del Costo Anual Equivalente (CAE) obteniéndose así un valor anualizado de los costos durante la vida útil de cada alternativa y cuyo criterio de selección se basa en elegir a aquella que resulte con el menor CAE, bajo el supuesto de que dichas alternativas producen los mismos beneficios.*

Hay que hacer notar que **este complemento no sustituye a ningún componente del ACB de un proyecto de construcción de una edificación**, sino que enriquece el estudio integrando el tema de la eficiencia energética en los costos de inversión, operación y mantenimiento de las edificaciones consideradas como alternativas de solución.

---

<sup>51</sup> Más adelante, se explica cómo se puede ir valorando cada uno de esos elementos.

## Comparación de alternativas de edificaciones nuevas con un enfoque de transición energética

Cabe resaltar que en lo que sigue se está pensando al caso de una construcción nueva, no obstante, se puede adaptar fácilmente al caso de adquisición.

- **Identificación de los costos socioeconómicos**

El desarrollo de un proyecto de edificación que contempla -desde su diseño hasta su ejecución- la disminución del consumo energético generará distintos costos y beneficios socioeconómicos en comparación con una edificación convencional; la finalidad de este apartado es hacer evidentes estas diferencias para que el equipo evaluador integre la eficiencia energética para el Análisis de Alternativas.

En la siguiente tabla se muestran las etapas de un proyecto y algunos ejemplos de variaciones de costos entre proyectos que integran la transición energética respecto a proyectos de edificación convencionales.

**TABLA 5. EJEMPLOS DE DIFERENCIAS EN LOS COSTOS SOCIOECONÓMICOS ENTRE EDIFICACIONES EFICIENTES ENERGÉTICAMENTE Y EDIFICACIONES CONVENCIONALES (LISTA NO LIMITATIVA)**

Etapa	Concepto del costo	Variación de costos respecto a edificaciones convencionales
Planeación	Diseño de la edificación	Se puede incrementar el costo del diseño en caso de un edificio eficiente energéticamente ya que requiere la intervención de especialistas en el tema. No obstante, vale la pena recalcar que ese costo adicional es bajo en comparación a las ganancias que se pueden obtener cuando el diseño integra correctamente medidas de eficiencia energética (lock-in effect <sup>52</sup> ).
	Adquisición de predios	Poca o nula variación respecto a construcciones convencionales.
	Construcción de la obra civil	Los cambios en los costos de la obra civil sucederán si desde el diseño se requieren obras distintas a las convencionales y si los materiales para construir la obra son más caros.
Ejecución	Equipamiento del edificio	Por lo general los costos de adquisición de las tecnologías más eficientes son más altos que los de las tecnologías convencionales. Al costo de adquisición del equipo, se le puede llegar a sumar las externalidades negativas, por ejemplo, emisiones de GEI que la construcción de ese equipo implica. Hay que hacer notar que la evaluación socioeconómica se realiza desde el punto de vista de un solo país, por lo que las externalidades negativas en la construcción de un equipo solo se contabilizan si: <ul style="list-style-type: none"> <li>i. El equipo y entonces las externalidades se producen en el país (caso de bien doméstico), o</li> <li>ii. Si el equipo se produce en otro país (bien importable) y el precio al que se importa incluye el costo de la externalidad negativa.</li> <li>iii. Finalmente, otro caso posible en el cual se podría incluir el incremento en las emisiones de GEI de por la producción en otro país de un bien importable (que no se refleja en su precio) es si, al momento de contabilizar las emisiones de GEI en México, se tomen en cuenta esas emisiones en el balance de emisiones.</li> </ul>
	Adecuación de espacios	Pueden ser más altos los costos en caso de edificaciones eficientes energéticamente si se requieren adecuaciones especiales o materiales particulares para su correcto funcionamiento adicionales a las contempladas en la etapa de construcción.
	Costos de Molestias durante la construcción	Poca o nula variación respecto a construcciones convencionales.
Operación	Costos de Operación	Por definición, los costos energéticos deberían ser menores respecto a construcciones convencionales. Se deben de valorar a precios sociales, incluyendo las externalidades negativas que se generan por ese consumo
	Costos de Mantenimiento	Los costos de mantenimiento pueden ser mayores a las edificaciones convencionales si las tecnologías requieren de un mantenimiento más frecuente o especializado. Pero dependerá de cada caso.

<sup>52</sup> Es más caro reconvertir un edificio existente para que se vuelva eficiente energéticamente, más que en caso de una construcción nueva incluir medidas de eficiencia energética desde el diseño.

Etapa	Concepto del costo	Variación de costos respecto a edificaciones convencionales
Finalización	Disposición final	En ocasiones, las tecnologías requieren de un tratamiento especial al final de su vida útil que depende del tipo de materiales que lo componen o se incurren en costos por el traslado de estas desde el edificio hasta el lugar de disposición final. También puede suceder que los desechos de materiales, como pueden ser equipos de enfriamiento, contengan materiales generadores de externalidades negativas. Tanto los costos de disposición final, como las externalidades que se pueden generar forman parte de los costos de cada alternativa.

Fuente: Elaboración propia.

- **Cuantificación y valoración de los costos**

Una vez identificados los costos de cada alternativa, lo siguiente es cuantificarlos y valorarlos. La cuantificación es la representación numérica de las cantidades de cada uno de los costos, valorarlos significa asignarles un valor monetario a esas cantidades.

Por una parte, las cantidades de los costos son el resultado del análisis de todos los bienes y servicios necesarios para proveer un servicio. Pero también se tienen que tomar en cuenta otros costos, por ejemplo, los costos de molestias y los costos por externalidades negativas.

A continuación, se presenta una tabla con métodos de valoración por cada tipo de costo. Es importante mencionar que la información es una sugerencia y que no limita a otras formas más precisas de valoración de cada ítem.

**TABLA 6. RESUMEN DE LA IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS COSTOS ADJUDICABLES A UN PROYECTO DE EDIFICACIÓN NUEVA CON UN ENFOQUE DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA**

Concepto	Cuantificación	Valoración sugerida no limitativa
Diseño de la edificación	Evento único	Precios de mercado libres de impuestos y subsidios
Adquisición de predios	Cantidad de m <sup>2</sup> necesarios para la edificación	Precios de mercado libres de impuestos y subsidios
Construcción de la obra civil	Número de obras necesarias por tipo a lo largo de la etapa de construcción	Precios de mercado libres de impuestos y subsidios
Equipamiento del edificio	Número de equipos necesarios en el proyecto a lo largo del horizonte de evaluación	Precios de mercado libres de impuestos y subsidios Y si aplica, costo por las emisiones de GEI por la construcción de ese equipo (valoración a partir del precio social del carbono)
Adecuación de espacios	Cantidad de insumos necesarios	Precios de mercado libres de impuestos y subsidios
Costos de Molestias durante la construcción	Depende del tipo de costo	Depende del tipo de costo
Costos de Operación	a) Consumo en KW del proyecto por el número de horas empleadas b) Cantidad de KWh que se consumen por el Factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional	a) Precio marginal local publicado por el CENACE <sup>53 54</sup> b) Precio social del carbono
Costos de Mantenimiento	Cantidad de insumos necesarios para el mantenimiento de los equipos	Precios de mercado libres de impuestos y subsidios
Disposición final	a) Número de equipos enviados a disposición final b) Externalidades negativas emitidas al final de la vida útil por tipo de equipo	a) Precios de mercado libres de impuestos y subsidios b) Valoración si posible del costo social de la externalidad

Fuente: Elaboración propia.

<sup>53</sup> Consultado en <https://datos.gob.mx/busca/dataset/precios-de-energia-del-mercado-de-corto-plazo>

<sup>54</sup> En el PRODESEN se tiene la ventaja que vienen proyecciones de precios marginales locales en el tiempo que toman en cuenta los cambios que se esperan en la matriz energética, al contrario de la información publicada por el CENACE que no viene proyectada en el tiempo. No obstante, la información del CENACE está más actualizada.

Subasta de Largo Plazo 2017, Precios Marginales Locales, consultado en <https://www.gob.mx/sener/acciones-y-programas/programa-de-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional-33462>

Para la comprensión más completa de dos de los conceptos fundamentales para la evaluación, a continuación, se presenta la descripción del Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional y del Precio Social del Carbono.

a. Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional

*La Ley General de Cambio Climático establece la creación de diversos instrumentos de política pública, entre ellos, el Registro Nacional de Emisiones (RENE) y su Reglamento, que permitirán compilar la información necesaria en materia de emisión de Compuestos y Gases Efecto Invernadero (CyGEI) de los diferentes sectores productivos del país.*

*Este Reglamento establece la creación de acuerdos que definirán los aspectos técnicos para la operación del Registro. Uno de estos Acuerdos, el de Agrupación de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero así como su Potencial de Calentamiento Global, identifica cada una de las sustancias químicas conforme a una denominación internacionalmente aceptada y definida por asociaciones especialistas en la materia.<sup>55</sup>*

Para fines del Registro Nacional de Emisiones, el Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional para el año 2018 publicado por la Comisión Reguladora de Energía es de 0.527 tCO<sub>2</sub>e/ MWh<sup>56</sup>.

b. Precio Social del Carbono

El Precio Social del Carbono “se define como el valor monetario del daño causado al emitir una tonelada adicional de carbono en un momento dado del tiempo”<sup>57</sup>. México no ha publicado a la fecha de realización de dicha metodología un valor oficial por el precio social del carbono.

---

<sup>55</sup> Consultada en <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/registro-nacional-de-emisiones-rene>

<sup>56</sup> *Ibíd.*

<sup>57</sup> Alatorre, J.E., Caballero, K., Ferrer, J. & Galindo, L.M. (2019). *El costo social del carbono: una visión agregada desde América Latina*. Estudios del cambio climático en América Latina. CEPAL, GIZ.

En Chile, se decidió aproximar ese valor aplicando la metodología basada en la estimación del costo marginal de abatimiento (CMA)<sup>58</sup> que representa el costo de reducción de las emisiones (y no del daño que generan), resultando una vez determinada la curva de costo de abatimiento marginal en un precio social del CO<sub>2</sub> de 0.823 UF/tonCO<sub>2</sub><sup>59</sup>, lo que corresponde a precios de octubre de 2019 a 31.93 USD<sup>60</sup>.

La CEPAL (2019) como resultado de un metaanálisis de la literatura a partir de 37 documentos (261 observaciones) sugiere usar un valor de 25.83 USD por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.

- **Cálculo de los indicadores de rentabilidad**

Después de que se identificaron, cuantificaron y valoraron los costos del proyecto, el siguiente paso es estimar los indicadores de rentabilidad, con los cuales se decidirá cuál de las alternativas es más conveniente llevarse a cabo.

Para fines del presente complemento se emplearán, 1.- el Valor Actual de los Costos, y 2.- el Costo Anual Equivalente.

Notas que, para la correcta interpretación de ambos indicadores, es necesario que existan por lo menos dos alternativas para poder comparar los resultados.

- Valor Actual de los Costos (VAC)

*El Valor Actual de los Costos (VAC) de un proyecto es la suma de los costos esperados del proyecto actualizados a un año común a una tasa de descuento relevante. En el caso de una*

---

<sup>58</sup> Ver definición de ese indicador en el paso 5 de la metodología.

<sup>59</sup> Ministerio de Desarrollo Social, Gobierno de Chile (2017). *Estimación del precio social del CO<sub>2</sub>*. División de Evaluación Social de Inversiones, Subsecretaría de Evaluación Social, Sistema Nacional de Inversiones.

<sup>60</sup> Con un tipo de cambio de 38.795 USD/UF a partir de datos del Banco Central de Chile al 25 de octubre de 2019.

evaluación privada será considerada la tasa de mercado y, en el caso de una evaluación socioeconómica la Tasa Social de Descuento.<sup>61</sup> Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$VAC = \sum_{t=0}^{n-1} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Donde n representa el horizonte de evaluación medido en años, r es la tasa de descuento, y  $C_t$ , es la suma de todos los costos socioeconómicos (inversión, costos directos, costos indirectos y costos por externalidades negativas, sí así corresponde) en el año t

- Costo Anual Equivalente (CAE)

*El Costo Anual Equivalente (CAE) se utiliza para seleccionar entre diferentes alternativas de proyectos que tienen una vida útil distinta. En el Análisis Costo-Eficiencia, donde los beneficios son de difícil cuantificación y valoración, o bien, si los beneficios de ambas alternativas son iguales, se utiliza por lo general el CAE para seleccionar entre diferentes alternativas, mutuamente excluyentes, que tengan distinto horizonte de evaluación.<sup>62</sup>*

$$CAE = \frac{VPC}{\frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^n}}$$

Dónde VPC es el valor presente de todos los costos, r es la tasa de descuento y n es el número de años.

Para interpretar correctamente este indicador es indispensable que existan dos o más alternativas y que todas estas cuenten con los mismos beneficios. En consecuencia, la

---

<sup>61</sup> Glosario, CEPEP 2017.

<sup>62</sup> Ibídem.



alternativa con menor CAE produce beneficios más eficientemente respecto a las demás opciones.

## Conclusiones

Esta metodología es una guía para la evaluación socioeconómica de programas o proyectos de transición energética en edificios ya existentes o para nuevas edificaciones de manera más amplia que versiones anteriores, definiendo e identificando tanto los costos socioeconómicos, como los beneficios de los proyectos de eficiencia energética y de energías renovables.

Adicionalmente, se proponen métodos para la identificación, cuantificación y valoración de las externalidades negativas de la producción energética para analizar los efectos socioeconómicos de los proyectos con mayor amplitud.

Con esto, los tomadores de decisiones pueden elegir entre diferentes alternativas de proyectos de transición energética, que, además de satisfacer una necesidad de la sociedad, puedan ser más amigables con el medio ambiente, aportando a la disminución de GEI a la que el gobierno de México se ha comprometido.