

# Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes



**2023**

 **invierte.pe**

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

© Ministerio de Economía y Finanzas - MEF  
Dirección General de Programación Multianual de Inversiones - DGPMI

**Versión:** Agosto 2023

**Ministro de Economía y Finanzas**  
Alex Alonso Contreras Miranda

**Viceministro de Economía**  
Zósimo Juan Pichihua Serna

**Dirección General de Programación Multianual de Inversiones**

Daniel Moisés Leiva Calderón  
Director General de Programación Multianual de Inversiones

Christian Cabrera Coronado  
Director de Política y Estrategias de la Inversión Pública

Victor Cueva Herold  
Ejecutivo en Programación y Articulación

La información contenida en este documento puede ser reproducida total o parcialmente, siempre y cuando se mencione la fuente de origen y se envíe un ejemplar al Ministerio de Economía y Finanzas del Perú – MEF

## Contenido

Contenido .....	1
1. Introducción .....	3
2. Precio Social del Carbono .....	5
2.1 Uso Precio Social del Carbono en proyectos de servicios de movilidad urbana .....	5
2.1.1 Aspectos metodológicos .....	6
2.1.2 Beneficios de intervenciones en servicios de movilidad urbana con ciclovías .....	7
2.1.3 Procedimiento metodológico para aplicar el precio social del carbono en proyectos de inversión en servicios de movilidad urbana que incorporan ciclovías de uso exclusivo .....	9
2.1.4 Cuantificación de la reducción de emisiones GEI en proyectos de inversión de servicios de movilidad urbana que incorporan ciclovías de uso exclusivo .....	12
2.1.5 Aplicación práctica a un proyecto de inversión de servicio de movilidad urbana que incluye la implementación de una ciclovía de uso exclusivo integrada a la red de ciclovías.....	17
2.2 Uso Precio Social del Carbono en proyectos de recuperación de ecosistemas forestales degradados .....	21
2.2.1 Aspectos metodológicos .....	22
2.2.2 Cuantificación de absorción de GEI para la situación sin y con proyecto de inversión .....	25
2.2.3 Aplicación práctica a un proyecto de inversión .....	26
2.3 Uso Precio Social del Carbono en proyectos de espacios públicos urbanos que incluyen áreas verdes .....	30
2.3.1 Aspectos metodológicos .....	32
2.3.2 Cuantificación de absorción de GEI de un proyecto de inversión de espacios públicos urbanos con áreas verdes .....	38
2.3.3 Aplicación práctica a un proyecto de inversión .....	39
3. Bibliografía .....	45
ANEXO 1: Parámetros para el cálculo del consumo de combustible y factores de emisión de GEI en PI del servicio de movilidad urbana .....	48
ANEXO 2: Estimaciones de captura de CO2 por especie y años de vida de la plantación ...	49

## Ilustraciones

Ilustración 1: Efectos directos y beneficios sociales típicos de un proyecto de inversión en servicios de movilidad urbana que implementa una ciclovía conectada a la red de ciclovías .....	8
Ilustración 2: Efecto sobre las emisiones GEI de un proyecto de inversión en servicios de movilidad urbana que incluye la incorporación de una ciclovía conectada a la red de ciclovías	14
Ilustración 3: Esquema proceso de los ecosistemas vegetales .....	22
Ilustración 4: Esquema general de captura de carbono debido a un PI de sumidero .....	23
Ilustración 5: Esquema proceso de los ecosistemas vegetales .....	32
Ilustración 6: Esquema general de captura de carbono debido a un PI de sumidero .....	33
Ilustración 7: Localización proyecto .....	39

## Tablas

Tabla 1: Jerarquía de las vías urbanas y su relación con la infraestructura de ciclovías.....	9
Tabla 2: Efecto esperado de un proyecto de inversión en servicios de movilidad urbana que incorpora una ciclovía de uso exclusivo integrada a la red de ciclovías .....	12
Tabla 3: Demanda promedio anual proyectada de viajes de transporte privado, cuantificación y valorización de emisiones GEI – Situación sin Proyecto .....	19
Tabla 4: Demanda promedio anual proyectada de viajes de transporte privado, cuantificación y valorización de emisiones GEI – Situación con Proyecto .....	19
Tabla 5: Estimación Beneficio Social por menores emisiones GEI asociadas a la Ciclovía (en S/) .....	20
Tabla 6: Flujos de la Evaluación Social del Proyecto, a precios sociales (en S/)	21
Tabla 7: Superficie propuesta por especie en Situación Con Proyecto.....	27
Tabla 8: Flujos de caja proyecto, a precios sociales (en S/)	28
Tabla 9: Captura promedio de CO <sub>2</sub> , según edad del árbol .....	30
Tabla 10: Indicadores de rentabilidad (en S/., moneda 2021).....	40
Tabla 11: Tamaño del proyecto, según activos.....	41
Tabla 12: Detalle vegetación nueva incluida en las Alternativas 1 y 2 del proyecto .....	41
Tabla 13: Flujos de caja proyecto, a precios sociales alternativa seleccionada (en S/)	43
Tabla 14: Indicadores de costo-efectividad incluido el Valor Social de la captura de CO <sub>2</sub> .....	43

## 1. Introducción

Para una asignación óptima de los recursos públicos, se debe velar por la correcta selección de proyectos de inversión. Este proceso se inicia con la identificación y análisis de la situación problemática, ya sea una necesidad no atendida o mal cubierta, un servicio mal entregado, desaprovechamiento de oportunidades de mejora, entre otros; para luego, continuar con la definición y evaluación de posibles alternativas que den solución al problema, finalizando con la elección de la alternativa que maximice el bienestar social.

Lo anterior, constituye el objetivo central de la evaluación social de proyectos, permitiendo establecer la conveniencia para la sociedad en su conjunto de llevar a cabo un proyecto de inversión (PI) determinado, en el caso de los proyectos que se evalúan bajo un enfoque costo-beneficio; o determinar aquella alternativa de proyecto más eficiente para lograr un mismo nivel de beneficio, en aquellos proyectos donde la cuantificación y valoración de los beneficios es compleja y por tanto, para su evaluación se utiliza un enfoque costo-eficiencia o costo eficacia.

Cualquiera sea el enfoque de evaluación que se utilice, en la evaluación social de proyectos es importante el uso de “precios sombra”, corrigiendo de esta forma las imperfecciones de mercado que existan y que pudieran distorsionar el valor que la sociedad le asigna a determinados bienes o servicios.

Desde el punto de vista económico, las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) – típicamente el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (NO<sub>2</sub>) – son una externalidad negativa, ya que quienes las emiten no internalizan el costo que imponen a la sociedad por la emisión a la atmósfera de sustancias contaminantes que tienen efectos nocivos sobre la salud o el medio ambiente.

En el caso particular de los GEI, los efectos nocivos que en la actualidad preocupan están asociados fundamentalmente al cambio climático. Uno de los mayores factores determinantes del cambio climático es la quema de combustibles fósiles que ha aumentado la concentración de GEI, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), en la atmósfera. En este contexto surge el Acuerdo de París el año 2015, dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) que establece medidas para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, de modo de mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5°C.

Por otra parte, tal como señala el Banco Mundial (2022), según el último inventario nacional de GEI, en 2016 las emisiones del país ascendieron a 205.2 MtCO<sub>2</sub>eq y se distribuyeron de la siguiente manera: uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS), 53 %; energía, 28 %; agricultura y ganadería, 13 %; desechos, 3 %, y procesos industriales, 3 %; de donde se desprende que el **sector UTCUTS** es la principal fuente de emisiones del Perú<sup>1</sup>, mientras que el **sector Transporte**, con una participación del 10 % en el total de emisiones, es

---

<sup>1</sup> Del total de las emisiones provenientes del UTCUTS, el 85 % corresponde a las emisiones de parcelas convertidas en tierras de cultivo o pastizales. Entre 2001 y 2019, Perú perdió más de 4 millones de hectáreas de cubierta forestal, lo que representa el 4 % del total. Si bien la pérdida de los bosques naturales provocada por la expansión de la frontera agrícola, la minería comercial y la tala ilegal es uno de los principales problemas ambientales que enfrenta el país en la actualidad, la agricultura se ha establecido firmemente como el principal motor de la deforestación. (Banco Mundial, 2022)

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

el que ha aumentado con mayor rapidez<sup>2</sup>, revelando la urgente necesidad de contar con un marco metodológico que permita masificar aquellas inversiones públicas que contribuyan con el cumplimiento de las metas de reducción de emisiones establecidas para el Perú – conocidas como **contribuciones determinadas a nivel nacional** (NDC por sus siglas en inglés) – teniendo como objetivo alcanzar un **nivel máximo de 179,0 MtCO<sub>2</sub>eq al año 2030** en función a la disponibilidad de financiamiento externo internacional y a la existencia de condiciones favorables (meta condicionada)<sup>3</sup>, sobre todo en los sectores UTCUTS y Transporte .

Así, es necesario fortalecer el marco institucional, que permita reducir los riesgos y los efectos adversos del cambio climático. En este sentido, el uso de un precio social del carbono (PSC) es indispensable en una estrategia para avanzar en la ejecución de proyectos de infraestructura pública baja en carbono y que contribuya a compatibilizar las decisiones de inversión pública con las metas y compromisos de cada país frente a la UNFCCC.

Si bien el uso del precio social del carbono, como un criterio más para evaluar los proyectos de inversión pública es fundamental, presenta también algunos desafíos. Uno de ellos, es su incorporación en las metodologías de evaluación. Para tal efecto, el 2021 se publicó la “Nota técnica para el uso del precio social del carbono en la evaluación social de proyectos de inversión”, mediante la cual se brindó orientaciones metodológicas para el uso del PSC en tres tipologías de inversión específicas: i) generación eléctrica renovable, ii) tratamiento de aguas residuales, y iii) tratamiento y disposición de residuos sólidos. Continuando con esta senda, el presente documento entrega orientaciones para incorporar el uso del PSC en tres tipologías de proyectos de inversión adicionales intensivas en la reducción de emisiones en los sectores de mayor contribución a las NDC del Perú (UTCUTS y Transporte): i) servicios de movilidad urbana en vías locales (Ciclovías), ii) recuperación de sistemas forestales degradados y iii) espacios públicos urbanos verdes.

---

<sup>2</sup> Entre 2000 y 2016 se produjo un crecimiento del 44 % en la flota de vehículos<sup>21</sup> y un incremento del 123 % en las emisiones. Del total de emisiones derivadas del transporte contabilizadas en 2016, el 92 % correspondió al transporte vial, el 5 % a la aviación civil, el 2 % al transporte marítimo y el 1 % a los ferrocarriles. Dentro del transporte vial, las emisiones provienen principalmente de camiones y autobuses ligeros y pesados. (Banco Mundial, 2022)

<sup>3</sup> La NDC al 2030 corresponden a un equivalente al de 40% de reducción de emisiones de GEI con respecto al escenario *Business as Usual* (BaU), estimado en el año 2015 con un valor de 298,3 MtCO<sub>2</sub>eq para el año 2030. Comisión de Alto nivel para el Cambio Climático (2021).

## 2. Precio Social del Carbono

Este precio social permite incorporar la medición monetaria externalidades que producen los PI sobre el medio ambiente (externalidad positiva o negativa), en la evaluación social de PI, a través de la asignación de valor a las variaciones de emisiones de GEI, en su equivalente en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub> eq.), que se generan cuando se ejecutan determinadas tipologías de PI.

Su uso permite que alternativas más amigables al medio ambiente sean más “competitivas” al momento de realizar la evaluación social frente a otras opciones tecnológicas, debido a que el VANS captura el efecto positivo de reducción en emisiones de dióxido de carbono. De manera opuesta, alternativas menos amigables con el medio ambiente pueden ser “castigadas” en la evaluación social debido a que se refleja un mayor costo en la estimación del VANS.

El cálculo que se obtiene para el Precio Social del Carbono es de US\$ 7.17 por tonelada de CO<sub>2</sub>.

**Tabla 1: Precio Social del Carbono**

Parámetro	(US\$ por tonelada de carbono)
Precio social del carbono (CO <sub>2</sub> )	7.17

Fuente: CIUP, 2016.

### ¿Cuáles son los PI que potencialmente usan este parámetro?

Los PI que potencialmente usan este parámetro son:

- Generación de energía eléctrica
- Transporte ferroviario
- Transporte público urbano masivo
- Transporte hidroviario
- Gaseoductos
- Abastecimiento de agua potable
- Tratamientos de aguas residuales
- Tratamiento de residuos sólidos
- Ecosistemas forestales degradados
- Apoyo al desarrollo productivo cuando presenten cambio de cedula de cultivos
- Recuperación de ecosistemas degradados
- Todos los PI que tengan como externalidades la emisión de GEI

Dado que este parámetro valoriza las externalidades positivas y negativas de las emisiones de GEI, se aplica para ambas metodologías de evaluación social: Costo-Beneficio, Costo-Eficacia y Costo Efectividad.

### 2.1 Uso Precio Social del Carbono en proyectos de servicios de movilidad urbana

A partir de los compromisos de reducción de emisiones en el marco de las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDC por sus siglas en inglés), parte fundamental del Acuerdo de París (2015) y con el fin de lograr los objetivos definidos para el largo plazo, adquiere relevancia

## **Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

incorporar en la evaluación social de proyectos los efectos de las consideraciones ambientales, en términos de la reducción de emisiones de contaminantes; en especial, en proyectos de movilidad urbana, dado su aporte a las emisiones totales, mediante el uso de metodologías capaces de cuantificar los cambios de emisiones de GEI que generan los proyectos de inversión (PI).

En este contexto, la provisión de infraestructura para la circulación exclusiva de medios de transporte público urbano, así como de modos no motorizados dentro de los servicios de movilidad urbana, se ha transformado en una opción de inversión cada vez más importante. Al respecto, la dotación de redes de ciclovías cumple un rol cada vez más importante en otorgar más y mejores condiciones de circulación, tanto a los ciclistas como a usuarios de los otros modos, cumpliendo con el propósito de generar incentivos para su uso habitual por parte de los ciudadanos y con esto, avanzar hacia la formalización de la bicicleta como modo de transporte.

A continuación, se entregan lineamientos para incorporar el uso del precio social del carbono en la evaluación social de proyectos del servicio de movilidad urbana, que incorporan la habilitación de ciclovías dentro de sus componentes.

### **2.1.1 Aspectos metodológicos**

Un proyecto de creación, mejora o ampliación servicio de movilidad urbana tiene por objetivo la mejora de la capacidad de una vía urbana – en su calidad de unidad productora (UP) de un servicio de movilidad urbana – teniendo como indicadores de capacidad (nivel de servicio) de la UP la velocidad de operación promedio de los usuarios de la vía en los distintos modos de transporte (Km/h), el flujo de los vehículos motorizados y no motorizados por unidad de tiempo (veh/h) o la tasa de accidentes de tránsito, entre otros, teniendo en cuenta que la topología de la **infraestructura vial de una ciudad** configura una red interconectada sensible a **externalidades de red** que afectan el bienestar de la sociedad, típicamente **problemas de congestión (pérdida de tiempo), seguridad (accidentes de tránsito) y ambientales (emisiones GEI)**.

Al respecto, las inversiones que orientadas a resolver los problemas antes mencionados responden a un enfoque de **Sistema de Transporte Urbano (STU) intermodal**, que explota el diseño de la topología de la red facilitando el intercambio por los usuarios entre distintos modos de transporte público y privado. En tal sentido, entre **los proyectos de inversión que brindan una mayor contribución a la resolución de los problemas del transporte urbano**, principalmente aquellos relacionados a la reducción de emisiones GEI por la aplicación del PSC para su valorización, propósito principal del presente documento, destacan los proyectos de inversión que implementan **sistemas de transporte urbano masivo**, por la **mayor capacidad de ocupación por vehículo y su mayor velocidad de operación respecto al transporte privado, así como por consumir energía de fuentes renovables (electricidad)**:

- ✓ **Implementación de líneas de metro, trolebús, tren ligero, tren suburbano.**
- ✓ **Autobús de transporte público de tránsito rápido (BRT)<sup>4</sup>.**
- ✓ **Buses articulados de transporte público sin carril exclusivo.**

---

<sup>4</sup> Corredores segregados de uso exclusivo para el transporte público urbano.

## Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes

En este contexto, tomando como referencia la experiencia chilena<sup>5</sup>, la **incorporación de ciclovías** como resultado de la implementación de **planes maestros que optimizan las rutas de las redes de ciclovías** en combinación con soluciones de transporte urbano masivo y de gestión del tránsito (semaforización inteligente) ha resultado en menores emisiones GEI, podría tener efectos similares en las ciudades del Perú que experimentan externalidades de red.

### 2.1.2 Beneficios de intervenciones en servicios de movilidad urbana con ciclovías

Un proyecto de inversión en servicios de movilidad urbana que comprende infraestructura para circulación de modos no motorizados (ciclovías) integrada a una red de ciclovías, siempre y cuando se sustente en un plan maestro intermodal que conecte áreas de origen y destino de alta densidad, puede generar los siguientes beneficios<sup>6</sup>:

- Ahorro de tiempo de viaje de los usuarios de modos de transporte motorizado – público (bus, taxi) o privado (auto, station wagon, motocicleta) que circulan por la unidad productora de servicios de movilidad urbana, por la mayor velocidad de operación en horas punta de los modos motorizados de transporte público y privado producto de la segregación de los flujos de ciclistas por la ciclovía (siempre y cuando la ciclovía se encuentre interconectada en red)<sup>7</sup>.
- Ahorro de costos de operación vehicular – menor consumo de combustible - por la mayor velocidad de operación en horas punta de los modos motorizados de transporte público y privado producto de la segregación de los flujos ciclistas por la ciclovía (siempre y cuando la ciclovía se encuentre interconectada en red)<sup>8</sup>.
- Ahorro de tiempo de viaje por el cambio modal de los viajes a pie hacia viajes en bicicleta<sup>9</sup>.
- Reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), de contaminantes climáticos de vida corta (CCVC) y de ruido, producto del aumento en la velocidad de operación en horas punta del transporte motorizado que se desplaza por la UP por la segregación de flujos de ciclistas a través de una ciclovía. Asimismo, existe una reducción suplementaria de emisiones GEI por el cambio modal desde vehículos motorizados de transporte privado (auto particular) hacia el transporte público o hacia la bicicleta, sustituyendo viajes de los primeros en favor de los segundos.
- Disminución de accidentes de ciclistas producto de la segregación de los flujos de ciclistas.
- Mejora en el estado de salud de los usuarios de bicicleta, con la consecuente disminución de gastos del Estado en este ítem y la disminución del ausentismo laboral asociado.

---

<sup>5</sup> Ministerio de Desarrollo Social y Familia – MDSF, Chile (2022), *“Instructivo metodológico para la incorporación de emisión de contaminantes en la evaluación social de proyectos de transporte vial urbano”*; Ministerio de Desarrollo Social - MDS, Chile (2013), *“Metodología para la formulación y evaluación de planes maestros de ciclo-rutas”*; Secretaría de Planificación de Transporte - SECTRA, Chile (2013), *“Análisis y Evaluación del Plan Maestro de Ciclovías en el Gran Santiago”*; Ministerio de Desarrollo Social – MDS y Secretaría de Planificación de Transporte - SECTRA, Chile (2013), *“Manual de Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana (MESPIVU)”*.

<sup>6</sup> MDS (2013), MDS y SECTRA (2013).

<sup>7</sup> SECTRA (2013), pp. 213 – 223. MDS - SECTRA (2013), pp. 27 – 36.

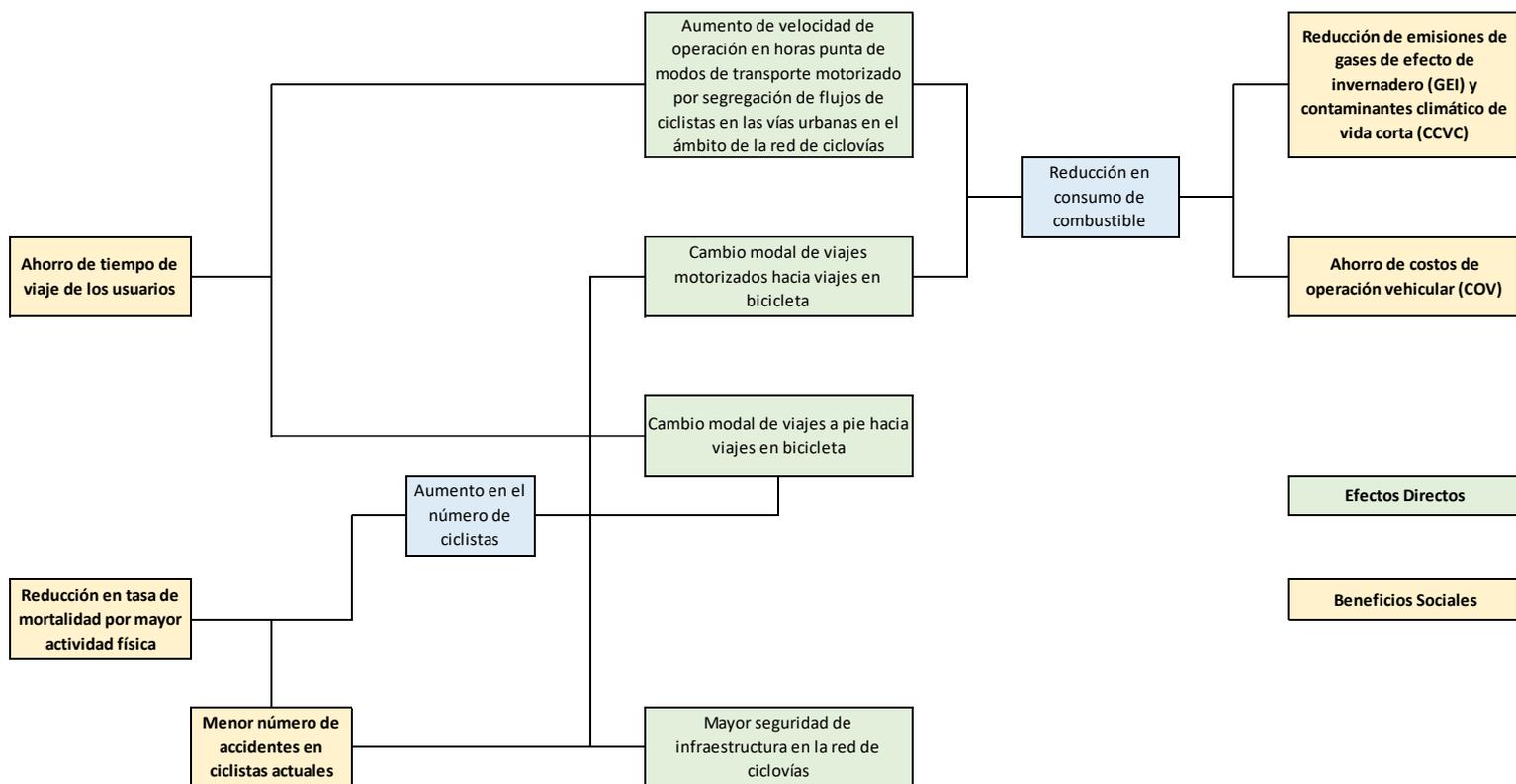
<sup>8</sup> Ídem.

<sup>9</sup> SECTRA (2013), pp. 224 – 230.

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

De estos beneficios, la **reducción de emisiones de GEI** (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub>) producto de la **intervención sobre una UP de servicios de movilidad urbana que incorpora una ciclo vía conectada a la red de ciclo vías**, en su calidad de **externalidad positiva** atribuible al proyecto, al expresarse en cantidades de carbono equivalente, puede considerarse dentro de la evaluación social aplicando el parámetro nacional PSC<sup>10</sup> (expresado en S/ por tCO<sub>2</sub>eq) para su valorización.

**Ilustración 1: Efectos directos y beneficios sociales típicos de un proyecto de inversión en servicios de movilidad urbana que implementa una ciclo vía conectada a la red de ciclo vías**



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, tomando en cuenta la jerarquía de las vías urbanas, se tiene que aquellas vías urbanas clasificadas como vías colectoras o vías arteriales son las que resultan mejor adaptadas para su incorporación en la red de ciclo vías. En el contexto del instrumento metodológico vigente para vías urbanas en el SNMPGI<sup>11</sup>, las vías colectoras y las vías arteriales tienen la

<sup>10</sup> Tomando como referencia la metodología de MDS – SECTRA (2013) para el caso chileno, los beneficios sociales derivados del mayor uso de bicicletas por mayor disponibilidad de ciclo vías en términos de la valorización de la reducción de emisiones GEI, la reducción de la mortalidad y la reducción de la tasa de accidentes de los ciclistas no se encontraban incorporados, a diferencia del ahorro de tiempo y menor consumo de combustible por mayor velocidad de operación de la segregación de flujos de los ciclistas. Sin embargo, tal como se indica en MDSF (2022), recientemente se han incorporado factores de emisión en g CO<sub>2</sub>e por unidad de desplazamiento (Km), por número de detenciones o por tiempo en detención (hora), por tipo de vehículo y rango de velocidades, para incorporar el efecto de las emisiones incrementales netas de vehículos en movimiento y detenidos en la evaluación social de proyectos de transporte vial urbano.

<sup>11</sup> Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento – MVCS y Ministerio de Economía y Finanzas – MEF, Perú (2021), “Ficha Técnica Estándar para la formulación y evaluación de proyectos de inversión de servicio de movilidad urbana en vías locales”.

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

condición de **Unidades Productoras (UP) individuales**, donde cada UP comprende toda la longitud de la vía, desde su inicio (primera cuadra) hasta su culminación (última cuadra) dentro de un distrito. En caso de la vía se extienda a más de un distrito, se considera como unidad productora la totalidad de las cuadras ubicadas dentro de la circunscripción territorial del gobierno local de competencia a la que pertenece la Unidad Formuladora.

**Tabla 1: Jerarquía de las vías urbanas y su relación con la infraestructura de ciclovías**

<b>Jerarquía</b>	<b>Definición</b>
<b>Vías expresas</b>	Son vías de alta capacidad que conectan diferentes zonas de la ciudad, de flujo ininterrumpido y de acceso controlado. No se permite el tránsito de bicicletas y en ellas no es viable la implementación de ciclovías temporales, así como tampoco lo es en carreteras nacionales, departamentales y vecinales, Por ende, se deben buscar rutas alternas.
<b>Vías arteriales</b>	Son vías de alta capacidad que permiten el flujo vehicular continuo o controlado entre distintas áreas de la ciudad. Las bicicletas están permitidas en ciclovías. Se recomienda priorizar la implementación de ciclovías en estas vías por ser conexiones directas en la ciudad. Generalmente no poseen las mejores condiciones de circulación para bicicletas sin embargo tienen mayor potencial de mejora.
<b>Vías colectoras</b>	Tienen la finalidad de conectar las vías locales con las arteriales. Son las calles principales de los distritos, pero presentan diferentes dinámicas a una vía primaria, pues cuentan con estacionamientos en la vía, áreas de carga y descarga de bienes, etc. Se permite el tránsito de bicicletas y se recomienda implementar ciclovías. Pueden ser buenas rutas alternativas o complementarias a las arterias, por lo cual se recomienda priorizar la implementación de ciclovías en estas vías cuando cuenten con buena conectividad y potencial de uso.
<b>Vías locales</b>	Son vías que permiten el acceso a predios dentro de los distritos. Los volúmenes y velocidades son más reducidos en comparación con las otras vías. Se permite el tránsito de bicicletas. Por las características viales se considera menos prioritario implementar ciclovías en estas vías; para mejorar la seguridad vial ciclista puede ser más efectivo reducir la velocidad de los vehículos automotores mediante medidas de pacificación de tránsito.

Fuente: “Guía de Implementación de Sistemas de Transporte Sostenible No Motorizado”, aprobada por Resolución Ministerial 694-2020-MTC/01.02

### **2.1.3 Procedimiento metodológico para aplicar el precio social del carbono en proyectos de inversión en servicios de movilidad urbana que incorporan ciclovías de uso exclusivo**

A continuación, se entregan lineamientos para cuantificar y valorar socialmente los beneficios sociales de la intervención sobre una UP de servicios de movilidad urbana que podrían atribuirse

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

a la incorporación, mejora o ampliación de una ciclovía, entre otros activos que conforman la UP, en los términos siguientes:

- ✓ Para aquellos PI sobre **UP colectivas** de **servicios de movilidad urbana** – vías locales principales y secundarias conocidas como **pistas y veredas** con velocidades de operación inferiores a 30 Km/h – que incorporan ciclovías, en concordancia con la Ficha Técnica Estándar vigente, la evaluación social se realiza mediante la **metodología costo eficacia**, pudiendo considerar una reducción en el costo social por el ahorro de tiempo por transferencia modal de viajes en caminata hacia viajes en bicicleta<sup>12</sup>. Nótese que la velocidad de circulación de una bicicleta en promedio se encuentra entre 15 – 20 Km /h, razón por la cual las vías locales de bajo tránsito (que presentan un límite de velocidad de circulación de 30 Km /h para modos motorizados) no experimentarían en la velocidad de operación de los modos motorizados por la incorporación de una ciclovía, ni desplazarán viajes que se realizan en estas vías en modos motorizados (por lo general viajes donde el tramo sobre una vía local implica la entrada o salida a una vía de mayor jerarquía), razón por la cual los beneficios atribuibles a una ciclovía en vías locales se limita al ahorro de tiempo por la sustitución de viajes a pie, sin modificarse el consumo de combustible de modos motorizados que usan la vía local ni las emisiones GEI, prescindiendo del empleo del PSC. Esto es consistente con el diseño de ciclovías de uso compartido con los modos de transporte motorizado.
  
- ✓ Para aquellos PI sobre **UP individuales** de **servicios de movilidad urbana** sobre vías arteriales o vías colectoras que incorporan **ciclovías de uso exclusivo para bicicletas (flujo de ciclistas segregado de otros modos de transporte motorizado)**, siempre que se sustente en un **plan maestro intermodal de ciclovías** que conecte áreas de origen y destino de alta densidad, la evaluación social de PI de ciclovías se realiza mediante la **metodología costo beneficio**, donde los beneficios sociales se encuentran asociados a **i) la mayor velocidad de operación en horas punta de los modos motorizados de transporte (auto, taxi, bus, camión) por segregación de los flujos ciclistas en determinados tramos de las vías urbanas ubicadas en el ámbito de la red de ciclovías, incrementando su nivel de servicio, o ii) el cambio modal desde modos motorizados (transporte privado / auto chofer) hacia la bicicleta**, en los términos siguientes:
  - **Viajes de menor duración por menor velocidad de operación de modos motorizados**, tanto para vehículos como para usuarios de transporte (especialmente en vehículos de transporte público de alta tasa de ocupación), lo que significa **ahorro de tiempo de viaje**.
  - **Viajes de menor duración por cambio modal de viajes a pie (caminata) a viajes en bicicleta**, lo que significa **ahorro de tiempo de viaje**.
  - **Mejor rendimiento en el consumo de combustible** (en unidades de masa o volumen por Km recorrido), lo que significa un **ahorro de costos de operación vehicular (costo combustible)**, que depende principalmente de la **velocidad de operación**, así como del tipo de combustible (gasohol, diésel B5, GLP, GNV-C), la antigüedad del vehículo (tecnología de control de emisiones) y la capacidad del vehículo (auto, taxi, bus, camión).
  - Las emisiones GEI (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub>) son proporcionales al combustible consumido. El **mayor rendimiento en el consumo de combustible** implica un **menor consumo de**

---

<sup>12</sup> Para el cálculo del ahorro de tiempo por transferencia modal de viajes a pie hacia viajes en bicicleta, puede aplicarse como referencia un factor de transferencia de 4.7% (“Metodología para la formulación y evaluación de planes maestros de Ciclo Rutas, Sistema Nacional de Inversiones” – Gobierno de Chile, 2013).

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

**combustible** (Kg/Km-veh), que puede expresarse en su equivalente energético (MJ/Km-veh) aplicando el poder calorífico inferior del combustible (MJ/Kg). Las **menores emisiones GEI** resultan de aplicar los factores de emisión pertinentes (Kg CO<sub>2</sub>e/TJ) por tipo de combustible (gasohol, diésel B5, GLP, GNV-C), que puede valorizarse mediante la aplicación del PSC.

- Las emisiones GEI también se reducen suplementariamente por el **cambio modal desde modos motorizados (transporte privado / auto chofer) hacia la bicicleta: viajes en auto que ya no se realizan**, con el consecuente **consumo de combustible evitado y emisiones GEI evitadas**<sup>13</sup>.

El **ANEXO 1** muestra una tabla con **información referencial** para la estimación del **consumo de combustible por distancia recorrida por vehículo (g /Km-veh)**, expresado en unidades de masa y su equivalente energético, aplicable a los PI de servicio de movilidad urbana del Perú que incorporen una ciclovía, en términos de la clasificación del vehículo, tipo de combustible utilizado y antigüedad. Asimismo, incluye los **factores de emisión** correspondientes para los GEI por tipo de combustible.

En cuanto a los aspectos de identificación del PI, supone utilizar la misma área de estudio y horizonte de evaluación definidos para el PI en su evaluación. Al respecto, las orientaciones vigentes, señalan que el área de estudio es el espacio geográfico que sirve de referencia para contextualizar la situación negativa. Comprende: i) el área donde se localiza la población afectada, ii) el área donde se ubica la Unidad Productora (UP) a intervenir (cuando ésta existe) o donde podría construirse una nueva UP.

En los aspectos de formulación del PI, para el planteamiento (diseño conceptual) de las alternativas técnicas, se tiene que considera si la **infraestructura de ciclovías** corresponde a una **ciclovía permanente** o a una **ciclovía temporal**, si será de **uso exclusivo para bicicletas** o de **uso compartido con otros modos de transporte motorizado**, que toman en cuenta la reducción del diámetro de la vía, el ancho mínimo de carril / capacidad por tipo de UP (vía arterial, vía colectora, vía local principal, vía local secundaria), la velocidad de flujo de los modos de transporte, el tipo de pavimento, así como otras condiciones del entorno. Para tal efecto, puede revisarse los siguientes documentos técnicos de referencia:

- A nivel nacional, la *“Guía de Implementación de Sistemas de Transporte Sostenible No Motorizado”*, aprobada por RM 694-2020-MTC/01.02 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2020). Asimismo, el *“Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista”*, aprobado por Resolución de Gerencia N° 311-2017-MML-GTU (Municipalidad de Lima Metropolitana, 2017).
- A nivel internacional, se dispone como referencia la *“Guía de Composición y Diseño Operacional de Ciclovías”* (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Gobierno de Chile, 2020), *“Guía de Ciclo infraestructura para ciudades colombiana”* (Ministerio de Transporte, Gobierno de Colombia, 2016), *“Proyectos Tipo. Construcción de ciclo-*

---

<sup>13</sup> Para el cálculo del ahorro de tiempo por transferencia modal de viajes desde modos de transporte motorizados hacia viajes en bicicleta, puede aplicarse como referencia un factor de transferencia de 3.3% de los viajes en medio de transporte privado auto particular / chofer (SECTRA, 2013). Un factor mayor deberá sustentarse en encuestas origen destino, en el marco de estudios de sistema de transporte urbano, requeridos para ciudades mayores de 100,000 habitantes.

## **Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

infraestructura y servicios complementarios” (Departamento Nacional de Planeación, Ministerio de Transporte, Gobierno de Colombia, 2022).

Por su parte, en cuanto a los aspectos de evaluación social del PI, el horizonte de evaluación comprende la Fase de Ejecución y la Fase de Funcionamiento. Para la Fase de Ejecución se considera el tiempo previsto para la elaboración del expediente técnico y la ejecución física del proyecto; mientras que el periodo de funcionamiento se ha establecido en 10 años, para los PI de servicio de movilidad urbana en vías locales y de 20 años para los PI del servicio en vías arteriales o colectoras. De la misma forma, para estimar el Valor Actual (VA) de las emisiones, se debe utilizar la tasa social de descuento vigente.

### **2.1.4 Cuantificación de la reducción de emisiones GEI en proyectos de inversión de servicios de movilidad urbana que incorporan ciclovías de uso exclusivo**

Para la cuantificación de la reducción de emisiones GEI en proyectos de inversión de servicios de movilidad urbana que incorporan ciclovías, el primer paso es justificar el efecto que tendrá el proyecto sobre los modos de viaje, tanto en vehículos motorizados como bicicleta, tanto en términos de **velocidades de operación** como en el **flujo de vehículos**, en el escenario base y en el escenario con proyecto (ciclovía conectada a la red de ciclovías), ya que de ello depende la reducción de emisiones GEI en este tipo de proyectos. Así, la evaluación de un proyecto tradicional de infraestructura vial debe ser complementada con esta información, de manera que se pueda valorizar la contribución del componente ciclovía en la reducción de las emisiones GEI, entre otros<sup>14</sup>.

En tal sentido es conveniente centrar el análisis en los patrones de movimiento de vehículos y/o personas, en el área de influencia del PI de servicios de movilidad urbana que incorpora una ciclovía, con el fin de determinar eventuales reasignaciones de viajes como producto de la ejecución de la ciclovía. Al respecto, es importante distinguir entre tipos de tráfico, tipología vehicular y motivos de viaje, de manera de centrar el estudio en aquel sobre el cual la ciclovía tiene algún efecto, en términos de reducir emisiones GEI.

En una ciudad es posible distinguir distintos modos de transporte motorizados tanto de uso público como privado, con distintas tasas de ocupación; sin embargo, el efecto que puede tener la construcción de una ciclovía sobre la demanda y oferta de viajes en cada modo de transporte no es la misma, por tanto, no todos los modos de transporte son relevantes al momento de cuantificar el efecto de los PI que incorporan ciclovías en la reducción de emisiones de GEI, tal como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2: Efecto esperado de un proyecto de inversión en servicios de movilidad urbana que incorpora una ciclovía de uso exclusivo integrada a la red de ciclovías**

---

<sup>14</sup> La metodología vigente en Chile contempla beneficios por ahorro de tiempos y ahorro de costo combustible derivado de la mejora en la velocidad de operación de los modos motorizados por la segregación de los flujos ciclistas en ciclovías de uso exclusivo, en vías que antes de proyecto ya cuenta con circulación de ciclovías. Asimismo, contempla ahorro de tiempos por el cambio modal de viajes a pie hacia viajes en bicicleta (MDS, Chile, 2013).

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

Modo de Transporte	Tipo de Uso	Tasa de Ocupación	Efecto Esperado del Proyecto
Autos	Transporte Privado (pasajeros)	Menor	Es esperable que, a raíz del proyecto <sup>15</sup> : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumente la velocidad de operación de <b>todos los modos motorizados de transporte de pasajeros, reduciendo el consumo de combustible y las emisiones GEI.</b></li> <li>• Disminuya el uso de <b>autos particulares</b> por cambio modal hacia el uso de bicicleta, <b>reduciendo el consumo de combustible y las emisiones GEI.</b></li> </ul>
Taxis	Transporte Público (pasajeros)	Menor	Si bien la demanda de estos modos de transporte también puede disminuir a raíz de la creación de una ciclovía; es esperable que su demanda de viajes no se modifique como consecuencia del proyecto, salvo que existan estudios que avalen dicho cambio.
Buses	Transporte Público (pasajeros)	Mayor	
Microbuses	Transporte Público (pasajeros)	Mayor	
Mototaxis	Transporte Público (pasajeros)	Mediana	
Camionetas rurales	Transporte Público (carga y pasajeros)	Mediana	
	Transporte Privado (carga y pasajeros)	Mediana	La bicicleta no es sustituta de estos modos de transporte, por tanto, la creación de una ciclovía no tiene efecto sobre el número de viajes y emisiones de GEI.
Camiones	Transporte Privado (carga)	Mayor	

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, existe un gran número de variables que permiten caracterizar y segmentar a los usuarios, entre ellas función (conductor, acompañante, pasajero); motivo de viaje (trabajo estudios, compras, otros); características del usuario (ingreso, sexo, edad y actividad ocupación o empleo); usuario que costea el viaje (Usuario o grupo familiar, Empleador o actividad por cuenta propia, mixto).

De acuerdo a lo anterior, en el caso particular de una ciudad, el beneficio por disminución de emisiones GEI, producto de un proyecto que incorpora una ciclovía conectada a la red de ciclovías, proviene principalmente de dos causas:

- ✓ Las nuevas velocidades en vías que se benefician por la construcción de una red de ciclovías. Las velocidades sin interferencias (situación con proyecto) se estiman dividiendo las velocidades de la situación base de vías que tienen presencia de bicicletas por un factor  $\Delta V$ , dado que las velocidades de los vehículos livianos en vías sin presencia de bicicletas son siempre mayores o iguales a las velocidades en vías con presencia de bicicletas<sup>16</sup>.
- ✓ El menor número de viajes de vehículos motorizados particulares en el área de estudio y donde el motivo del viaje puede ser trabajo, estudio, compras o cualquier otro, por el cambio modal de vehículos motorizados hacia bicicletas.

<sup>15</sup> Siempre y cuando la ruta de la ciclovía haya sido predeterminada en un Plan Maestro que optimice las rutas de la red de ciclovías, priorizando aquellas rutas de mayor uso por los ciclistas, o a través de encuestas específicas para el análisis de la demanda del proyecto.

<sup>16</sup> MDS (2013) pp. 26 -35.

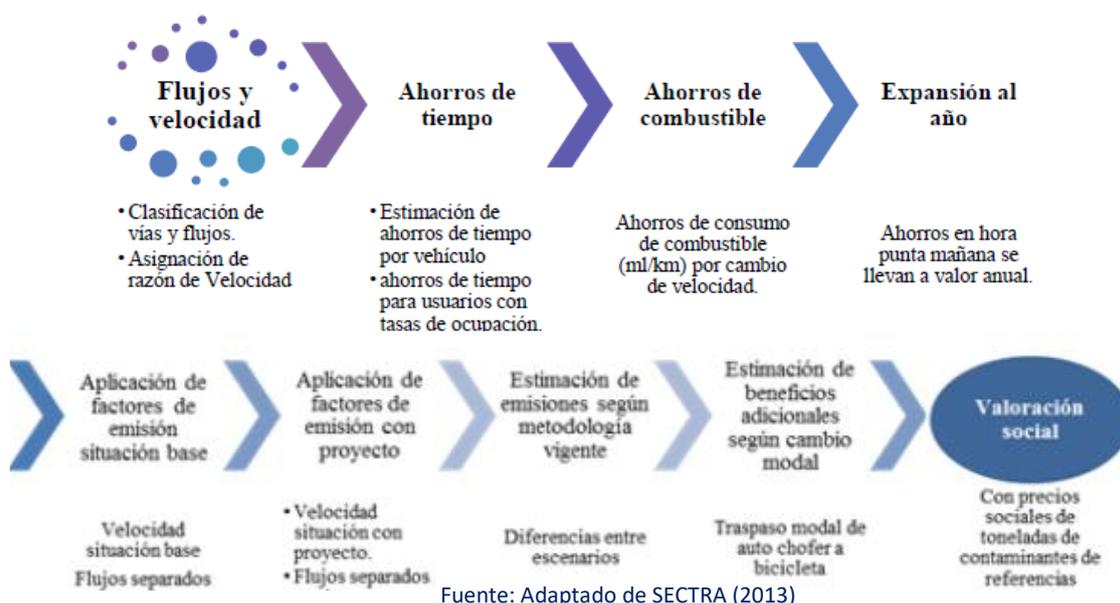
**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

Con relación al cambio modal de modos motorizados, este se limitaría al transporte privado debido a que es poco probable que la habilitación de una ciclovía tenga impacto en el parque del transporte público; así como, en el número de viajes que se realizan por este medio en el área de estudio del proyecto, ya que este modo de transporte y su frecuencia de viajes, depende de factores sobre los cuales no tiene injerencia la decisión individual de quienes los usan y que podrían ser usuarios de una ciclovía. En otras palabras, es razonable suponer que la decisión de los usuarios de transporte colectivo que opten por el uso de bicicleta, no afectará la frecuencia y número de viajes de este modo de transporte<sup>17</sup>. Del mismo modo, tampoco es relevante incluir un eventual aumento de viajes en bicicleta, que se pudiera generar por motivo de recreación o deporte al disponer de ciclovías, ya que este tipo de viaje no implica un cambio de medio de transporte, que contribuya a disminuir las emisiones de GEI; sino más bien, la generación de este tipo de viaje, se debe a hábitos de vida más saludables<sup>18</sup>, los que van en aumento.

Finalmente, en concordancia con las *zonas de producción de viajes* y las *zonas de atracción de viajes* conceptualizadas en el numeral 2.3 de la “*Guía de Implementación de Sistemas de Transporte Sostenible No Motorizado*” (MTC, 2021) un elemento importante para generar efectos significativos está definido por el diseño del trazo de la red (nodos, vectores o espacios) que conecta la ciclovía. Por ejemplo, los viajes por motivo trabajo o estudio solo pueden tener sentido si la red conecta concentración de usuarios con los centros de empleo o de enseñanza.

En la siguiente figura se esquematiza el flujo de decisiones relevantes, para cuantificar la reducción de GEI, a raíz de un proyecto de ciclovía.

**Ilustración 2: Efecto sobre las emisiones GEI de un proyecto de inversión en servicios de movilidad urbana que incluye la incorporación de una ciclovía conectada a la red de ciclovías**



<sup>17</sup> Se recomienda utilizar este supuesto, mientras no exista un estudio específico que demuestre que el proyecto es capaz de generar un impacto tal sobre el uso de la bicicleta que permita disminuir la frecuencia del transporte público y por tanto, que contribuya a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

<sup>18</sup> Es posible que, en determinadas situaciones, exista movilización motorizada a un punto de encuentro para realizar actividades de entretenimiento o deporte. En este caso, si producto de la ciclovía, existe un cambio de medio de transporte motorizado (principalmente auto) a bicicleta, entonces se debiera considerar el efecto sobre la disminución de GEI que este tendría. No obstante, para efectos prácticos y considerando la dificultad para cuantificar el cambio modal, se recomienda suponer que este efecto queda capturado en el porcentaje de viajes de autos que disminuye producto de la habilitación de la ciclovía.

## **Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

Para ello, es importante realizar un análisis de demanda, estudio que tiene por objetivo determinar los flujos de bicicletas en las situaciones actual, sin proyecto y con proyecto. Esta estimación se realiza a través de aforos en puntos estratégicos y cuyos resultados se proyectan sobre el horizonte de evaluación del proyecto. Esto implica definir el área de estudio; la zonificación; identificar los cortes temporales y la periodización, así como realizar estudios de tránsito y obtener información relativa a los orígenes y destinos de los viajes y su partición modal.

### **A. Cuantificación y valorización de emisiones de GEI para la situación sin proyecto**

De acuerdo a lo señalado precedentemente, y con el fin de cuantificar las emisiones GEI en la situación sin proyecto, se debe:

- 1) Determinar el número de viajes de modos de transporte motorizados y no motorizados en el área de influencia de la UP en la situación actual y su proyección anual a lo largo del horizonte de evaluación del proyecto, precisando el flujo de vehículos por hora en horas punta. Para ello, se deben considerar las vías urbanas o tramos de la UP donde se implementará la ciclovía.
- 2) Determinar las velocidades de operación de la UP sin proyecto y los consumos de combustible sin proyecto de los vehículos que transitan por la UP, en unidades de masa (Kg/Km-veh) o volumen (gal/Km-veh), considerando el tipo de vehículo y el tipo combustible empleado, así como su consumo específico en energía (MJ/Km-veh)<sup>19</sup>. Para tal efecto, se puede emplear referencialmente las tablas indicadas en el ANEXO 1.
- 3) Cuantificar las emisiones GEI anuales que se generan por los viajes para cada tipo de vehículo, de acuerdo a la composición del parque automotor que transita por la UP, y número de viajes proyectados, aplicando los factores de emisión (Kg/TJ) por tipo de combustible empleado, a lo largo del horizonte de evaluación del proyecto. Las emisiones se estiman en toneladas de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>eq). Para tal efecto, se puede emplear referencialmente las tablas indicadas en el ANEXO 1.
- 4) Valorizar las emisiones GEI anuales multiplicando la cantidad proyectada, por el precio social del carbono.
- 5) Generar el flujo de emisiones GEI valorizadas para la situación sin proyecto.

Para determinar el número de viajes de los modos motorizados, principalmente los autos particulares, se debe realizar un análisis de la demanda de viajes de la UP. Este estudio tiene por objeto determinar los flujos en las situaciones actual, base optimizada y con proyecto. Para ello, se debe definir la vía urbana (UP) donde se implementará la ciclovía; así como realizar estudios o encuestas de tránsito y obtener información relativa a los orígenes y destinos de los viajes y su partición modal.

La metodología para obtener información sobre la distribución y partición modal de los viajes dependerá de si la ciudad donde se emplaza el proyecto de habilitación de ciclovías cuenta o no con un estudio estratégico del sistema de transporte urbano (STU) o Plan Maestro de Rutas para Ciclovías, ya que este tipo de estudios entrega la matriz de viajes a pie y la partición por modo

---

<sup>19</sup> El consumo específico de energía es el resultado de multiplicar el consumo de combustible por el poder calorífico inferior del combustible empleado por el modo de transporte.

## **Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

de transporte motorizado. En el caso de que la ciudad no cuente con estos estudios estratégicos, se recomienda obtener la información de forma simplificada. Por ejemplo, utilizar un valor único o global, tanto de la tasa de generación de viajes como de la partición modal, los cuales se pueden obtener a su vez del promedio de ciudades de tamaños similares; o contar con encuestas origen/destino y/o de preferencias:

- **Encuestas origen/destino:** Su objetivo es elaborar matrices de viajes que representen los patrones de movimiento de vehículos y/o personas, relativo a un punto o a un área específica, previamente zonificada. Esta información es la base para el análisis de proyectos en los cuales se espera que exista reasignación de viajes.
- **Encuestas de preferencias:** Este tipo de encuestas, que se realiza a los usuarios de una vía, tiene por finalidad recoger juicios de valor o preferencias personales sobre aspectos referidos a situaciones específicas o hipotéticas que les son presentadas mediante técnicas de mercadotecnia (cuestionarios).

### **B. Cuantificación y valorización de emisiones de GEI para la situación con proyecto**

En forma similar al procedimiento descrito para la situación sin proyecto, se debe cuantificar las emisiones GEI esperadas que se generarían en la situación con proyecto, aplicando el mismo procedimiento indicado para la situación sin proyecto considerando las precisiones siguientes:

- 1) El número de viajes de modos de transporte motorizados en el área de influencia de la UP en la situación con proyecto, principalmente autos particulares, y su proyección anual a lo largo del horizonte de evaluación del proyecto, depende de la premisa de tasa de cambio modal que se establezca durante el diagnóstico. El valor numérico de la tasa de cambio modal entre viajes en modos motorizados hacia viajes en bicicleta debe figurar en el Plan Maestro que optimiza las rutas de la red de ciclovías. Alternativamente, puede ser estimada a través de las encuestas origen / destino o encuestas de preferencias incluyendo encuestas efectuadas a ciclistas.
- 2) El cambio en la velocidad de operación de los modos de transporte motorizado en la situación con proyecto es un parámetro que debe sustentarse a partir del Plan Maestro que optimiza las rutas de la red de ciclovías., o determinado por el Sector competente.
- 3) La mayor velocidad de operación con proyecto implica una reducción en el consumo de combustible por tipo de vehículo y combustible empleado. Para tal efecto se puede emplear referencialmente la información sobre consumo de combustible y consumo específico en energía indicada en el ANEXO 1. El menor consumo de combustible también considera el efecto suplementario de la reducción del número de viajes en auto particular por la tasa de cambio modal indicada en el numeral 1) precedente.

### **C. Estimación de beneficios por menor emisión de GEI**

La diferencia entre los flujos anuales entre el valor social que tendrían las emisiones GEI entre la situación con y sin proyecto, corresponde al beneficio por la reducción de emisiones que se puede atribuir a la construcción de la ciclovía.

### **2.1.5 Aplicación práctica a un proyecto de inversión de servicio de movilidad urbana que incluye la implementación de una ciclovía de uso exclusivo integrada a la red de ciclovías**

Con el fin de mostrar en forma práctica la incorporación del PSC, a continuación se realiza la evaluación social, bajo un enfoque costo-beneficio, de un proyecto hipotético de mejoramiento y ampliación del servicio de movilidad urbana, que incluye el mejoramiento de la infraestructura vial de una vía colectora (UP individual) y la **construcción de una ciclovía integrada a la red de ciclovías de la ciudad**, entre otras acciones orientadas a mejorar las condiciones del servicio de movilidad urbana de la zona objetivo.

#### **A. Antecedentes del proyecto**

El proyecto surge en respuesta a las inadecuadas condiciones del servicio de movilidad urbana en una UP individual con jerarquía de vía colectora no céntrica en un tramo de 4.1 Km. La alternativa técnica propuesta en el proyecto considera la construcción de una pista en concreto (infraestructura vial) y la implementación de una ciclovía de uso exclusivo integrada a la red de ciclovías; cuya ruta ha sido predeterminada en un Plan Maestro de optimización de rutas de la red de ciclovías; ambas acciones, con efecto directo sobre el flujo vehicular del área de influencia de la UP. Junto con lo anterior, se consideran acciones orientadas a proporcionar una adecuada infraestructura en veredas, así como señalización horizontal y vertical en buen estado.

La fase de ejecución del proyecto demora 7 meses y se realiza en el año 0 del horizonte de evaluación. Tiene un costo de inversión, a precios sociales de S/. 6.714.300. El horizonte de evaluación de vida del proyecto es de 20 años y no existe valor residual de las obras.

El costo anual de operación y mantenimiento de la infraestructura actual, a precios sociales, es de S/. 75.000; mientras que en la situación con proyecto se estima un costo anual y quinquenal de S/. 61.600 y S/. 98.800, respectivamente.

Los beneficios valorizables en este proyecto, corresponden a: ahorro de costos de operación vehicular (COV) y ahorro de tiempo de viaje, debido a las mejores condiciones de la infraestructura vial, a lo que se suma los beneficios atribuibles a la incorporación de una ciclovía, en términos de ahorro de tiempos, ahorro de combustible y menores emisiones GEI.

#### **B. Cuantificación y valorización de emisiones de GEI para la situación sin proyecto**

El presente caso refleja la metodología aplicada en el Perú por MTC (2020, 2021) para el cálculo de las emisiones GEI y su valorización, adaptada a la incorporación de una ciclovía integrada a la red de ciclovías cuya ruta ha sido determinada producto de la optimización de un Plan Maestro de Red de Ciclovías, dentro de un proyecto de inversión de considerando consumos de combustible (g/Km-veh) para autos particulares con velocidades de operación corregidas para horas punta / tránsito alto (aprox. 20 Km/h para el caso peruano)<sup>20</sup>, obteniendo el consumo específico equivalente en energía (MJ/Km-veh) aplicable al Perú, por tipo de combustible

---

<sup>20</sup> Según el Reporte de Seguimiento Año 2022 de la Política Nacional de Transporte Urbano (MTC, 2023), la velocidad promedio de viaje en transporte público en hora punta para Lima Metropolitana es de 18.76 Km/h.

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

utilizado, considerando los parámetros de calidad de combustibles nacionales (poder calorífico inferior, densidad) y una composición hipotética del parque automotor.

Finalmente, para valorizar las emisiones se utilizó el parámetro de evaluación precio social del Carbono establecido en el numeral 2.7 del Anexo N° 11 de la Directiva General del SNPMGI, cuyo valor es de US\$ 7,17/ ton y un valor de dólar equivalente a S/. 3,76<sup>21</sup>.

Parámetros	Valor	Unidad
Tramo de la vía urbana	4.1	Km / viaje
Velocidad Base (Vi)	20	Km/h
Delta de velocidad ( $\Delta V$ )	0.95	
Velocidad Final (Vf)	21.05	Km/h
Factor de cambio modal	3.30%	
Tasa de ocupación	1.5	pasajeros / viaje
Valor Social del Tiempo	7.83	S/ h-pasajero
Precio Social del Carbono	7.17	US\$ / tCO <sub>2</sub> e
Tipo de cambio	3.76	S/ US\$
Tasa social de descuento	8%	

**Composición del parque automotor en el ámbito de la UP**

Tipo de combustible	Antigüedad	%
Gasohol	< 2002	25%
Gasohol	> 2003	40%
Diésel	< 2002	10%
Diésel	> 2003	5%
GLP	< 2002	
GLP	> 2003	15%
GNV-C	Indistinto	5%

**Consumo Específico de Combustible (MJ /Km)**

Tipo de combustible	Sin Proyecto	Con Proyecto
Gasohol	3.779	3.775
Diésel	3.219	3.216
GLP	3.645	3.640
GNV-C	3.969	3.966

**Factores de Emisión GEI**

Tipo de combustible	FE CO <sub>2</sub> eq	Unidad
Gasohol	70,985	Kg /TJ
Diésel	75,391	Kg /TJ
GLP	64,464	Kg /TJ
GNV-C	58,988	Kg /TJ

<sup>21</sup> Valor US\$ promedio mayo 2022 en S/.

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

En la siguiente tabla se muestra la demanda vehicular (número de viajes de autos), las emisiones GEI proyectadas para cada año del horizonte de evaluación del proyecto, en la situación sin proyecto y su valor a precios sociales.

**Tabla 3: Demanda promedio anual proyectada de viajes de transporte privado, cuantificación y valorización de emisiones GEI – Situación sin Proyecto**

Año	Demanda de Transporte Privado (viajes promedio anual en horas punta)	Consumo de Combustible Sin Proyecto (TJ /año)	Emisiones GEI Sin Proyecto (tCO2eq)	Valor Emisiones GEI Sin Proyecto (\$/)
1	332,460	5.0	351.3	9,471
2	340,771	5.1	360.1	9,707
3	349,291	5.3	369.1	9,950
4	358,023	5.4	378.3	10,199
5	366,973	5.5	387.8	10,454
6	376,148	5.7	397.5	10,715
7	385,551	5.8	407.4	10,983
8	395,190	6.0	417.6	11,257
9	405,070	6.1	428.0	11,539
10	415,197	6.3	438.7	11,827
11	425,577	6.4	449.7	12,123
12	436,216	6.6	460.9	12,426
13	447,121	6.8	472.4	12,737
14	458,299	6.9	484.3	13,055
15	469,757	7.1	496.4	13,382
16	481,501	7.3	508.8	13,716
17	493,538	7.5	521.5	14,059
18	505,877	7.6	534.5	14,411
19	518,524	7.8	547.9	14,771
20	531,487	8.0	561.6	15,140

Fuente: Elaboración propia

### C. Cuantificación y valorización de emisiones de GEI para la situación con proyecto

En la siguiente tabla se muestra la demanda proyectada de tránsito promedio anual de autos, para todo el horizonte de evaluación del proyecto en la situación con proyecto, así como la cuantificación y valorización de las emisiones GEI correspondientes.

Al respecto, la situación con proyecto considera un delta de velocidad de operación de los autos de transporte privado de 0.95, al segregar mediante la ciclovía de uso exclusivo el flujo de los actuales ciclistas, alcanzado una velocidad con proyecto de 21.05 Km /h, manteniendo una tasa de ocupación de 1.5 pasajeros por auto particular. Asimismo, la situación con proyecto contempla una tasa de cambio modal del 3.3% de viajes en auto particular hacia viajes en bicicleta, obtenida del Plan Maestro para la optimización de rutas de la red de ciclovías.

**Tabla 4: Demanda promedio anual proyectada de viajes de transporte privado, cuantificación y valorización de emisiones GEI – Situación con Proyecto**

Año	Demanda de Transporte Privado (viajes promedio anual en horas punta)	Consumo de Combustible Con Proyecto (TJ /año)	Emisiones GEI Con Proyecto (tCO2eq)	Valor Emisiones GEI Con Proyecto (\$/)
1	321,489	4.9	339.3	9,148

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

Año	Demanda de Transporte Privado (viajes promedio anual en horas punta)	Consumo de Combustible Con Proyecto (TJ /año)	Emisiones GEI Con Proyecto (tCO2eq)	Valor Emisiones GEI Con Proyecto (S/)
2	329,526	5.0	347.8	9,377
3	337,764	5.1	356.5	9,612
4	346,208	5.2	365.4	9,852
5	354,863	5.4	374.6	10,098
6	363,735	5.5	383.9	10,351
7	372,828	5.6	393.5	10,609
8	382,149	5.8	403.4	10,875
9	391,703	5.9	413.5	11,146
10	401,495	6.1	423.8	11,425
11	411,533	6.2	434.4	11,711
12	421,821	6.4	445.2	12,003
13	432,366	6.5	456.4	12,304
14	443,175	6.7	467.8	12,611
15	454,255	6.9	479.5	12,926
16	465,611	7.0	491.5	13,250
17	477,251	7.2	503.8	13,581
18	489,183	7.4	516.3	13,920
19	501,413	7.6	529.3	14,268
20	513,948	7.8	542.5	14,625

Fuente: Elaboración propia.

#### D. Estimación de beneficios por menor emisión de GEI

El beneficio atribuible a la menor emisión de GEI que se podría producir como consecuencia de la incorporación de una ciclovía de uso exclusivo en la vía colectora integrada a la red de ciclovías, se obtiene de la diferencia entre el valor de las emisiones GEI de la situación sin y con proyecto, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 5: Estimación Beneficio Social por menores emisiones GEI asociadas a la Ciclovía (en S/)**

Año	Valor Emisiones GEI Sin Proyecto (S/)	Valor Emisiones GEI Con Proyecto (S/)	Beneficio Social por reducción de emisiones GEI (S/)
1	9,471	9,148	322
2	9,707	9,377	330
3	9,950	9,612	338
4	10,199	9,852	347
5	10,454	10,098	356
6	10,715	10,351	364
7	10,983	10,609	374
8	11,257	10,875	383
9	11,539	11,146	392
10	11,827	11,425	402
11	12,123	11,711	412
12	12,426	12,003	423
13	12,737	12,304	433
14	13,055	12,611	444
15	13,382	12,926	455
16	13,716	13,250	467
17	14,059	13,581	478
18	14,411	13,920	490
19	14,771	14,268	502
20	15,140	14,625	515

Fuente: Elaboración propia

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

Para la evaluación social del proyecto y la estimación de los indicadores de rentabilidad social (VAN y TIR), los beneficios sociales por menores emisiones GEI atribuibles a la ciclovía de uso exclusivo, así como los otros beneficios generados por la ciclovía – ahorro de tiempo y ahorro de costo combustible – se adicionan a los beneficios por ahorro de tiempo y menor costo de operación vehicular (COV) estimados como consecuencia de la mejora de la infraestructura vial (concreto), tal como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 6: Flujos de la Evaluación Social del Proyecto, a precios sociales (en S/)**

Año	Costo de Inversión (S/.)	Costo Operación y Funcionamiento (S/)			Beneficios Sociales (S/)					Flujo Neto (S/)	
		Situación Sin Proyecto	Situación Con Proyecto	Costo Incremental	Ahorro de Tiempo por infraestructura vial	Ahorro de COV por infraestructura vial	Ahorro de Combustible por Ciclovía	Ahorro de Tiempo de Viaje por Ciclovía	Menores emisiones GEI por Ciclovía		Total
0	6,714,300										-6,714,300
1		75,000	136,600	61,600	228,917	814,996	12,815	65,118	322	1,122,169	1,060,569
2		75,000	136,600	61,600	237,331	838,002	13,135	66,746	330	1,155,545	1,093,945
3		75,000	136,600	61,600	246,064	861,664	13,464	68,415	338	1,189,945	1,128,345
4		75,000	136,600	61,600	255,127	886,002	13,800	70,125	347	1,225,402	1,163,802
5		75,000	173,800	98,800	264,533	911,036	14,145	71,878	356	1,261,948	1,163,148
6		75,000	136,600	61,600	274,296	936,784	14,499	73,676	364	1,299,619	1,238,019
7		75,000	136,600	61,600	284,428	963,268	14,861	75,517	374	1,338,448	1,276,848
8		75,000	136,600	61,600	294,945	990,510	15,233	77,405	383	1,378,476	1,316,876
9		75,000	136,600	61,600	305,861	1,018,530	15,614	79,340	392	1,419,738	1,358,138
10		75,000	173,800	98,800	317,191	1,047,352	16,004	81,324	402	1,462,273	1,363,473
11		75,000	136,600	61,600	328,952	1,076,999	16,404	83,357	412	1,506,125	1,444,525
12		75,000	136,600	61,600	341,161	1,107,494	16,814	85,441	423	1,551,333	1,489,733
13		75,000	136,600	61,600	353,834	1,138,862	17,235	87,577	433	1,597,941	1,536,341
14		75,000	136,600	61,600	366,989	1,171,129	17,666	89,766	444	1,645,994	1,584,394
15		75,000	173,800	98,800	380,646	1,204,320	18,107	92,011	455	1,695,539	1,596,739
16		75,000	136,600	61,600	394,824	1,238,461	18,560	94,311	467	1,746,622	1,685,022
17		75,000	136,600	61,600	409,542	1,273,582	19,024	96,669	478	1,799,295	1,737,695
18		75,000	136,600	61,600	424,823	1,309,709	19,500	99,085	490	1,853,607	1,792,007
19		75,000	136,600	61,600	440,687	1,346,873	19,987	101,562	502	1,909,612	1,848,012
20		75,000	173,800	98,800	457,157	1,385,102	20,487	104,102	515	1,967,362	1,868,562
										VAN	6,353,827
										TIR	17.76%

Fuente: Elaboración propia

## E. Consideraciones para la evaluación

Es importante tener presente que para una adecuada incorporación del precio social del carbono es importante disponer de información de la demanda, actual y futura que permita determinar el número de viajes anuales por tipología vehicular, así como las preferencias de los potenciales usuarios para determinar el cambio modal, que podría esperarse, desde el uso de vehículos motorizados a bicicleta, producto del proyecto.

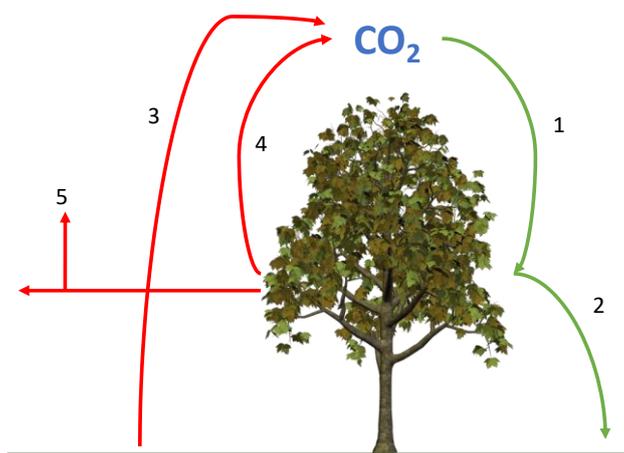
### 2.2 Uso Precio Social del Carbono en proyectos de recuperación de ecosistemas forestales degradados

## Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes

Este tipo de proyecto de inversión permite capturar emisiones de GEI al ambiente, contribuyendo de esta forma a mitigarlas, con sus consiguientes beneficios sociales.

En términos generales, se conoce como “sumidero” a todo sistema o proceso mediante el cual se extrae de la atmósfera un gas o gases, que son almacenados en estos sistemas. En este sentido, las formaciones vegetales, actúan como un importante sumidero, ya que por medio de la fotosíntesis los vegetales captan  $\text{CO}_2$  de la atmósfera o disuelto en agua, el que transforman en moléculas sencillas de azúcares, con la ayuda de la luz solar, para así sustentar sus actividades metabólicas. De esta forma, absorben  $\text{CO}_2$  que almacenan en sus tejidos (biomasa) el que vuelve al ambiente, cuando la materia orgánica se descompone o es utilizada como fuente de energía. En la siguiente ilustración, se esquematiza este proceso, donde: (1) representa la absorción de  $\text{CO}_2$  por fotosíntesis; (2) es el Carbono incorporado al suelo desde la vegetación; (3) es la pérdida de carbono del suelo (por mineralización, respiración heterotrófica, entre otros); (4) corresponde a las emisiones por respiración autotrófica y emisiones de compuestos orgánicos volátiles; y (5) representa la liberación de carbono al ambiente por eliminación de la vegetación (cosecha, explotación forestal, incendio, etc.)

**Ilustración 3: Esquema proceso de los ecosistemas vegetales**



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica – España. Guía para la estimación de absorciones de dióxido de carbono, 2019.

De esta manera, si los procesos 1 y 2 producen más absorciones que las emisiones que se derivan de los procesos 3, 4 y 5, entonces el reservorio se puede considerar un **sumidero de carbono**, mientras que si es al revés, si hay más emisiones que absorciones, el reservorio se considerará una fuente de emisiones. En otras palabras, un reservorio determinado puede ser un sumidero de carbono atmosférico si, durante un intervalo de tiempo dado, es mayor la cantidad de carbono que entra en él, respecto de la que sale.

### 2.2.1 Aspectos metodológicos

En términos generales, para calcular la cantidad de  $\text{CO}_2$  capturado por las formaciones vegetales una forma simple y clara, es el método de cambio de existencias. En su forma más sencilla, se calcula la diferencia entre la cantidad de carbono almacenada en el año  $t$ , menos la cantidad almacenada en el año  $(t-1)$ :

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

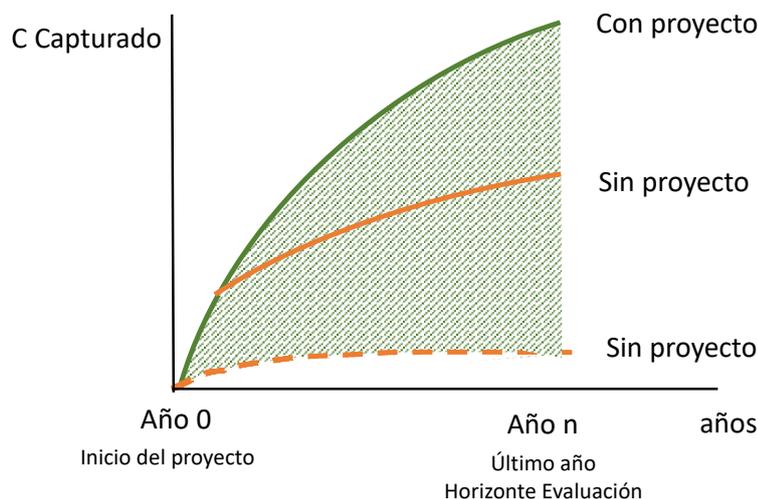
$$C_{\text{capturado}_t} = C_t - C_{t-1}$$

Donde,  $C_t$  es la cantidad de Carbono capturado en el año  $t$  y  $C_{t-1}$ , la cantidad de carbono almacenado el año anterior.

En la evaluación de PI orientados a recuperar ecosistemas forestales degradados, interesa estimar la captura de carbono (en forma de CO<sub>2</sub>) que se logre dentro de un plazo de tiempo determinado (horizonte de evaluación del proyecto). De esta forma, la cantidad de CO<sub>2</sub> que se puede capturar, corresponde a la diferencia entre el año inicial de ese período (o año base) y el último año del horizonte de evaluación del proyecto. En caso de que se aplique una línea de base, se resta la cantidad de carbono capturado a la cantidad determinada en la línea base.

Tal como se observa en la siguiente ilustración, el área entre las curvas que representan la situación con proyecto y sin proyecto, corresponde al beneficio del proyecto, en términos de CO<sub>2</sub> capturado. Así, mientras mayor sea el deterioro del ecosistema o área a intervenir, mayor será la contribución del proyecto para disminuir las emisiones de GEI.

**Ilustración 4: Esquema general de captura de carbono debido a un PI de sumidero**



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo anterior, en términos generales para evaluar un PI de recuperación de ecosistemas forestales deteriorados, se debe, primero estimar la cantidad de CO<sub>2</sub> que es capaz de capturar, anualmente, la vegetación existente en el área que va a intervenir el proyecto y luego, la cantidad anual de CO<sub>2</sub> que son capaces de capturar las especies que se incluyen en el proyecto de forestación, en función de la especie y su curva de crecimiento. Es importante señalar, que en la medida que el proceso de producción para la ejecución del proyecto, genere emisiones de GEI, éstas deberán ser estimadas y transformadas en unidades equivalente de CO<sub>2</sub>, para descontarlas del CO<sub>2</sub> capturado por las especies vegetales provistas por el proyecto.

Así, la reducción neta de CO<sub>2</sub> atribuible al proyecto, corresponde a la diferencia entre la captura estimada para la situación con proyecto, versus aquella estimada para la situación sin proyecto, descontadas las emisiones de GEI que podría estar generando la forma de producción del proyecto por sí mismo, tanto en su fase de ejecución como de funcionamiento, dentro de un periodo de tiempo determinado.

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

Finalmente, para valorizar a precios sociales, la contribución del proyecto, bastaría con multiplicar la reducción neta de CO<sub>2</sub> por el Precio Social del Carbono (PSC); obteniendo así, el valor social de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, producto de la implementación del proyecto en un periodo de tiempo determinado. Al respecto, y considerando la importancia de la vegetación como sumideros atmosféricos, es importante señalar que existen empresas que financian proyectos relacionados con el establecimiento de bosques o con la adquisición de “bonos de carbono”, para financiar de esta forma una mayor absorción de CO<sub>2</sub>, que les permita compensar todo el CO<sub>2</sub> equivalente que emiten. A estas empresas o el producto que generan se les conoce como “carbono neutral”; es decir, han compensado sus emisiones de GEI.

Es importante señalar, que la metodología planteada corresponde a una simplificación de la realidad, ya que en la práctica se debiera contar con información precisa y estudios que permitan determinar el nivel de captura de CO<sub>2</sub>, tanto a nivel de línea de base del área donde se implementará el proyecto, como de las especies incluidas en la alternativa de solución a evaluar. Esto, debido a que el nivel de captura neto de CO<sub>2</sub> atribuible al proyecto, depende de múltiples factores, tales como la o las especies forestales incluidas en la alternativa de solución; las condiciones que puedan afectar su crecimiento y producción de biomasa; así como de la liberación de carbono producto de la muerte y descomposición del material vegetal, durante el horizonte de evaluación del proyecto.

En la construcción del flujo de caja para evaluar el proyecto, lo más adecuado es incorporar una columna donde se registre, para cada año del horizonte de evaluación, las emisiones de GEI (en términos de CO<sub>2</sub> eq) que se emiten durante la fase de ejecución, así como en la de funcionamiento y en otra, las capturas anuales de CO<sub>2</sub>, en caso de que se disponga de esta información; de lo contrario, como podrá ocurrir en evaluaciones a nivel de perfil, lo más probable es que se utilice una estimación de la cantidad de CO<sub>2</sub> capturado al final del periodo de 40 años, en cuyo caso, se deberá incluir su valor social en el último año del horizonte de evaluación. Estas columnas deben reflejar el valor social de dichas emisiones/capturas, multiplicando las cantidades que correspondan por el PSC vigente en el país.

En resumen, la metodología propuesta considera los pasos que se resumen en el siguiente recuadro, donde la profundidad de estudios, para la determinación de cada uno de ellos, así como la utilización de supuestos en caso de requerirse, dependerá de la fase de preinversión en que se encuentre el proyecto. En el caso de evaluación de perfiles de proyectos, que es el alcance de la presente guía, se trabaja a partir de información que esté disponible sin recurrir a la realización de estudios específicos, por tanto, se debe recurrir a supuestos lo más razonable posibles, de acuerdo a la realidad del proyecto y del país, para estimar tanto la situación sin proyecto, como aquella con proyecto.

### **Cuantificación y valorización de la captura de CO2 de PI de regeneración de ecosistemas forestales degradados (a nivel de perfil)**

1. Determinación nivel de captura de CO2 situación sin proyecto del área a intervenir, de acuerdo a la vegetación existente (línea de base), durante el horizonte de evaluación del proyecto.. En el caso de las evaluaciones a nivel de perfil, es razonable suponer que es nula.
2. Definir modo de producción del PI y posibles emisiones de GEI, estimación de emisiones de CO2 eq.
3. Determinación nivel de captura de CO2 situación con proyecto para el horizonte de evaluación definido. Depende de la especie forestal, condiciones agroclimáticas (velocidad de crecimiento) y densidad de plantación, entre otros. Al respecto se debe considerar que en términos generales, se maneja un plazo de 40 años, para medir el impacto ambiental de un bosque nuevo, de modo que si el horizonte de evaluación considerado para la fase de funcionamiento es menor a 40 años, se deberá estimar el valor residual de la captura de CO2 que resta por alcanzar entre el último año del flujo de caja y el plazo de 40 años.
4. Cuantificación de la captura neta de CO2 atribuible al proyecto durante el horizonte de evaluación.

$$(3) - (1) - (2) = \text{CO2}_{\text{capturado}}$$

5. Valorización del CO2 <sub>capturado</sub> a precios sociales, el que se incluye en el último año del horizonte de evaluación del proyecto.

$$\text{CO2}_{\text{capturado}} \times \text{PSC}$$

## **2.2.2 Cuantificación de absorción de GEI para la situación sin y con proyecto de inversión**

### **A. Cuantificación de absorción de GEI para la situación sin proyecto de inversión**

La situación sin proyecto o base optimizada corresponde a la cantidad de CO2 que es capaz de absorber la cobertura vegetal existente en el área a intervenir, durante todo el horizonte de evaluación del PI. Al respecto, tratándose de ecosistemas degradados, y más aún en evaluaciones a nivel de perfil, es razonable suponer que se encuentran desprovistos de una capa vegetal de importancia y por tanto, su contribución para capturar emisiones de GEI es muy baja o nula<sup>22</sup>.

No obstante lo anterior, en la etapa de diagnóstico de la formulación del PI, es importante determinar en la línea de base, si la cobertura vegetal tiene relevancia en la absorción de GEI, y en caso de que así sea, en las evaluaciones a nivel de factibilidad se deberían estimar.

### **B. Cuantificación de absorción de GEI para la situación con proyecto de inversión**

En la situación con proyecto, se debe estimar la cantidad de CO2 que la formación vegetal que se establezca en el área de intervención del proyecto, es capaz de capturar, de acuerdo a los antecedentes descritos anteriormente. En el caso de proyectos de recuperación de áreas degradadas, se supondrá que la vegetación que se establezca permanecerá en el tiempo, al menos durante el horizonte de evaluación del proyecto, de manera que la captura de CO2 que se estime, es neta; es decir no se descontarán unidades de CO2 equivalente por emisiones de

<sup>22</sup> De acuerdo a lo señalado en el "Instructivo: Ficha Técnica de Proyectos de Inversión Estándar y/o Simplificados - Recuperación De Ecosistemas Andinos", publicado en el sitio web del SNIP Perú, los Ecosistemas Degradados, son aquellos ecosistemas que han sufrido pérdida total o parcial de algunos de sus factores de producción (componentes esenciales) que alteran su estructura y funcionamiento, disminuyendo por tanto su capacidad de proveer bienes y servicios.

## **Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

CO<sub>2</sub> producto de tala o cosecha y se supondrá que las emisiones por descomposición son menores a las capturas que genera el ecosistema establecido.

Existe abundante evidencia científica que muestra que los bosques, entre las distintas comunidades vegetales, son los principales sumideros de carbono. Sin embargo, es importante tener presente que para determinar la captación de CO<sub>2</sub> de los bosques, es necesario precisar las tasas de captura según especie arbórea y tipo de bosque, ya que el nivel de captura de CO<sub>2</sub> depende de varios factores. No todos los árboles son igualmente eco-eficientes, de hecho la capacidad de absorción de carbono de un mismo árbol puede variar en función de varios criterios, como la especie; edad; tamaño; clima y suelo.

La captura de CO<sub>2</sub> se relaciona directamente con la tasa de crecimiento de los árboles, ya que ellos son en gran porcentaje carbono. Por lo tanto, los que crecen más rápido, absorben más CO<sub>2</sub> y más rápido y son los que más capturan carbono en su madera, como es el caso del eucalipto, que tiene una alta tasa de crecimiento anual, que se suma a otras cualidades que los hace muy atractivo para la forestación. Por el contrario, otras especies de árboles crecen más lento pero también viven más tiempo y por lo tanto, absorben más CO<sub>2</sub> a largo plazo, como el roble o el haya. Es difícil estimar qué árboles absorben la mayor cantidad de CO<sub>2</sub>; sin embargo, en términos generales, se debieran privilegiar bosques mixtos, con una mayor variedad de especies, ya que absorben más CO<sub>2</sub>.

En España, en la mayoría de los territorios arbóreos, una hectárea de bosque puede capturar en promedio unas 200 toneladas de CO<sub>2</sub> en 40 años<sup>23</sup>. Según el Estudio Evaluación Recursos Forestales 2020, de la FAO, las existencias de Carbono en Perú al año 2020 equivalen a 143,21 ton/ha<sup>24</sup>. Dada esta información, para efectos de esta guía, se supondrá que una hectárea de bosque, es capaz de absorber 143,21 ton de CO<sub>2</sub> en un periodo de 40 años, tiempo que se maneja para medir el impacto ambiental de un nuevo bosque<sup>25</sup>.

### **2.2.3 Aplicación práctica a un proyecto de inversión**

Con el fin de mostrar en forma práctica la incorporación del PSC en la evaluación de un proyecto de recuperación de ecosistemas forestales degradados, a continuación se replica la evaluación social realizada a nivel de perfil, del proyecto “Recuperación y mejoramiento de la cobertura forestal para ampliar servicios ambientales en el ámbito de la Mancomunidad CUSCA, Provincia de Aymaraes, Región Apurímac”, incluyendo la estimación de la captura de CO<sub>2</sub> atribuible al proyecto y su valorización a precios sociales.

## **A. Antecedentes del proyecto**

---

<sup>23</sup> El País. Bosques y tecnología para la captura de CO<sub>2</sub>. Disponible en: <https://elpais.com/economia/el-futuro-no-se-detiene/2020-12-04/bosques-y-tecnologia-para-la-captura-de-co.html>

<sup>24</sup> <https://fra-data.fao.org/PER/fra2020/print/onlyTables/>

<sup>25</sup> De acuerdo a una tesis desarrollada en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, para optar al título de Ingeniero Forestal, las 25 especies que exhiben el mayor secuestro de CO<sub>2</sub> por tipo de bosque corresponde en primer lugar al bosque de colina alta con 522,44 toneladas de CO<sub>2</sub>/ha, seguido por el bosque de colina baja con 467,90 toneladas de CO<sub>2</sub>/ha y finalmente el bosque de terraza baja con 324,66 toneladas de CO<sub>2</sub>/ha. Sin embargo, si bien estos valores sirven de referencia, se debe tener presente que corresponden a bosques existentes en la zona norte de Perú, mientras que el área de influencia del proyecto se encuentra en la zona sur y corresponden a bosques nuevos. Jorge Orlando Sosa Castillo. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal: Valoración económica del secuestro de CO<sub>2</sub> en tres tipos de bosque en el distrito del Alto Nanay, Loreto-Perú-2014. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 2016. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4283?show=full>

## Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes

El proyecto tiene como objetivo incrementar la cobertura forestal de la mancomunidad CUSCA, Provincia de Aymaraes, Región Apurímac. En los distritos involucrados<sup>26</sup> existe un déficit actual de ecosistemas forestales degradados de 13.266 ha, que se mantendrán en el futuro si no se realiza alguna intervención.

Para disminuir la brecha existente, se evaluaron dos alternativas, que difieren principalmente, en el método de obtención de los plántones, resultando socialmente más conveniente la Alternativa 1, que considera la producción de plántones, en vez de su adquisición (Alternativa 2). De esta forma, los componentes del proyecto son :

- a) Incremento de la disponibilidad de plántones forestales, a través de la implementación de viveros, con una meta de producción de 3.265 millones de plántones en tres campañas forestales, que incluyen diversas especies forestales.
- b) Instalación de plántones forestales. Plantación de 3.265 millones de plántones en un total 2.246 hectáreas, distribuidas por especies y distritos, respetando las distancias de plantación recomendadas, según la especie.
- c) Apropriadas prácticas de afianzamiento de plantaciones forestales.

En la siguiente tabla se muestra la distribución de superficie por especie plantada.

**Tabla 7: Superficie propuesta por especie en Situación Con Proyecto**

Especies	Superficie (hectáreas)
Queuña	1.009,00
Unca	15,00
Tara	866,00
Chachacomo	82,00
Basul	196,00
Sauco	72,00
Aliso	1,00
Huaranhuay	5,00
TOTAL	2.246,00

Fuente: Informe Proyecto "Recuperación y mejoramiento de la cobertura forestal para ampliar servicios ambientales en el ámbito de la Mancomunidad CUSCA, Provincia de Aymaraes, Región Apurímac"<sup>27</sup>

Para la estimación de los indicadores del proyecto, se utilizó un horizonte de evaluación de 23 años<sup>28</sup> y una tasa social de descuento de 9%; se supuso que la fase de ejecución de los 3 componentes dura 3 años y que los beneficios comienzan a percibirse en el año 6 del horizonte de evaluación, obteniéndose un VAN Social de S/. 154.518.227,26 y una TIR Social de 51,26%.

## B. Incorporación del PSC en la evaluación del proyecto

<sup>26</sup> El proyecto considera los Distritos de Capaya, Colcabamba, Ihuayllo, Soraya y Toraya.

<sup>27</sup> El proyecto originalmente consideraba las especies de Pino y Eucalipto. Sin embargo, su uso no corresponde en proyectos de recuperación de ecosistemas degradados, por tanto para efectos de este ejemplo se reemplazaron por Queuña y Tara.

<sup>28</sup> Incluye un plazo de 3 años para la fase de ejecución de los componentes, de 20 años para la fase de funcionamiento.

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

En la siguiente tabla se muestran los flujos de caja, a precios sociales, del proyecto, considerando una tasa social de descuento del 8%<sup>29</sup>. En la columna de Beneficios Situación Sin Proyecto, se incluyen aquellos estimados en la evaluación original del proyecto, a precios sociales, y que corresponden a los que se obtienen por la venta de productos no maderables, principalmente las vainas de tara, con regular presencia en los cinco distritos intervenidos por el proyecto, y que de alguna manera son manejados por las comunidades del área de influencia del proyecto.

En la Situación Con Proyecto, se consideran los Beneficios que se obtienen a partir de la venta de los “Productos No Maderables”, que corresponden a aquellos estimados a precios sociales originalmente en el proyecto, los que provienen de la venta de: hongos comestibles; vainas de tara; frutos de basul; así como de la erosión evitada y regulación hídrica. Adicionalmente, se incluye el valor social atribuible a la captura de CO2.

**Tabla 8: Flujos de caja proyecto, a precios sociales (en S/)**

Año	Beneficios Situación Sin proyecto	Beneficios Situación con proyecto			Beneficios Netos Totales Proyecto (Con - Sin Proyecto)	Inversión	Costos Operación y Mantenimiento	Flujo Neto
		Productos No Maderables	Captura CO2	Valor Residual CO2 (82,4%)				
0	237.445,45	0,00			-237.445,45	1.226.698,54		-1.464.144,00
1	237.445,45	0,00			-237.445,45	2.698.406,21		-2.935.851,66
2	237.445,45	0,00			-237.445,45	2.366.060,76		-2.603.506,21
3	237.445,45	0,00			-237.445,45	1.928.611,19		-2.166.056,65
4	237.445,45	0,00			-237.445,45		333.249,25	-570.694,70
5	237.445,45	0,00			-237.445,45		333.249,25	-570.694,70
6	237.445,45	6.133.239,49			5.895.794,04		1.056.033,72	4.839.760,31
7	237.445,45	17.917.076,03			17.679.630,58		891.634,35	16.787.996,22
8	237.445,45	30.867.796,27			30.630.350,82		891.634,35	29.738.716,47
9	237.445,45	38.513.520,30			38.276.074,85		891.634,35	37.384.440,50
10	237.445,45	40.339.599,02			40.102.153,57		891.634,35	39.210.519,21
11	237.445,45	43.805.850,09			43.568.404,63		891.634,35	42.676.770,28
12	237.445,45	46.310.245,21			46.072.799,75		891.634,35	45.181.165,40
13	237.445,45	46.420.695,92			46.183.250,47		891.634,35	45.291.616,12
14	237.445,45	46.420.695,92			46.183.250,47		168.849,87	46.014.400,60
15	237.445,45	48.670.657,91			48.433.212,45		168.849,87	48.264.362,59
16	237.445,45	49.795.638,90			49.558.193,45		168.849,87	49.389.343,58
17	237.445,45	50.920.619,89			50.683.174,44		168.849,87	50.514.324,58
18	237.445,45	52.045.600,89			51.808.155,43		168.849,87	51.639.305,57
19	237.445,45	54.707.826,37			54.470.380,92		168.849,87	54.301.531,05
20	237.445,45	54.707.826,37			54.470.380,92		168.849,87	54.301.531,05
21	237.445,45	54.707.826,37			54.470.380,92		168.849,87	54.301.531,05 <sup>2</sup>
22	237.445,45	54.707.826,37			54.470.380,92		168.849,87	54.301.531,05 <sup>2</sup>
23	237.445,45	54.707.826,37	1.523.255,30	6.775.753,11	62.769.389,33		168.849,87	62.600.539,46 <sup>2</sup>
							<b>VAN Social (S/.)</b>	<b>258.470.830,36</b>
							<b>TIR Social (%)</b>	<b>51,26%</b>

<sup>1</sup> Corresponde al Valor Presente al año 23 del horizonte de evaluación, del CO2 que se captura entre el año 20 y 40 de la plantación, descontado a un 5,5%, que corresponde a la tasa social de descuento de largo plazo (TSDLP) para los años 21 a 49.

<sup>2</sup> Los Flujos de Caja entre los años 21 al 23 inclusive, se descontaron con la TSDLP de un 5,5%.

Fuente: Elaboración propia.

Para incluir el valor social de la captura de CO2 atribuible al proyecto, se adoptaron los siguientes

<sup>29</sup> Valor publicado en Anexo N°11: Parámetros Evaluación Social – Sistema Nacional de Inversión Pública. Ministerio de Economía y Finanzas, Perú.

Disponible en: [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/anexos/anexo11\\_directiva001\\_2019EF6301.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/anexo11_directiva001_2019EF6301.pdf)

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

supuestos:

- En la situación sin proyecto, la captura de CO<sub>2</sub> es nula.
- Los valores de los beneficios, costos de inversión y costos de operación y mantenimiento de la evaluación original (mayo 2013) se actualizaron a moneda de mayo 2022, de acuerdo a la variación del índice de Precios al Consumidor<sup>30</sup>, de la siguiente forma:

$$\text{Monto en moneda mayo 2022} = \text{Monto en moneda mayo 2013} \times (\text{IPC Mayo 2022}/\text{IPC Mayo 2013}),$$

Donde:

$$\text{IPC Mayo 2022} = 103,21$$

$$\text{IPC Mayo 2013} = 77,34$$

- El PSC utilizado corresponde al recomendado por el Ministerio de Economía y Finanzas<sup>31</sup>, de US\$ 7,17 por tonelada de CO<sub>2</sub>, equivalente a S/. 26,96<sup>32</sup>. Donde:

$$\begin{aligned} \text{PSC por tonelada en S/.} &= \text{PSC por tonelada en US\$} \times \text{Valor US\$} \\ 26,96 &= 7,17 \times 3,76. \end{aligned}$$

- Una hectárea de bosque plantado, captura un total de 143,21 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectárea, al final de un periodo de 40 años; por tanto, en las 2.246 hectáreas de bosque plantadas en el proyecto, se obtiene una captura total de 321.650 toneladas (143,21 toneladas por hectárea x 2.246 hectáreas intervenidas por el proyecto), las que valorizadas a precios sociales equivalen a S/. 8.671.675 (321.650 toneladas x S/. 26,96 por tonelada).
- El horizonte de evaluación del proyecto se mantuvo igual al utilizado en la evaluación original del proyecto; es decir, 20 años a contar de la finalización de la fase de ejecución del proyecto, que se estimó de tres años. Con esto el horizonte de evaluación del proyecto alcanza al año 23.
- Dado que la cantidad de CO<sub>2</sub> capturado se logra en un periodo de 40 años, existe un valor residual de éste, que corresponde a la diferencia entre el CO<sub>2</sub> total capturado al año 40 y CO<sub>2</sub> capturado hasta el año 20 de la fase de funcionamiento del proyecto.

La captura de CO<sub>2</sub> depende de la edad de la plantación; por tanto, se supuso que en una plantación de 20 años, se captura el 17,6% del total de CO<sub>2</sub> que se capturaría en el plazo de 40 años. El valor residual (CO<sub>2</sub> capturado entre el año 20 y 40 de la plantación) se incluyó en el último año del horizonte de evaluación, como el Valor Presente al año 23, del porcentaje remanente de CO<sub>2</sub> capturado (82,4%)<sup>33</sup>.

Para estimar el porcentaje de captura de CO<sub>2</sub> a los 20 años de la plantación se utilizó información disponible (en España) de captura de CO<sub>2</sub> por pie de especies similares a las contempladas en el proyecto, para distintos periodos de tiempo (20, 25, 30, 35 y 40 años), tal como se explica en el ANEXO 1.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la captura promedio de CO<sub>2</sub> (en toneladas por pie) para algunas especies similares a las incluidas en el proyecto bajo análisis. Con ello,

<sup>30</sup> IPC mayo 2013 = 77,34; IPC mayo 2022 = 103,21 (Índice de precios Lima Metropolitana (índice Dic.2021 = 100). Fuente: Banco Central de Reserva del Perú.

<sup>31</sup> Ministerio de Economía y Finanzas. Anexo N° 11: Parámetros de Evaluación Social de la Directiva General del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.

<sup>32</sup> Se consideró un valor de S/. 3.76 por US\$, correspondiente al promedio del mes de mayo 2022. Banco Central de Reserva del Perú.

<sup>33</sup> El porcentaje se estimó con base en información disponible de especies similares a las incluidas en el proyecto, cuyo detalle se muestra en el anexo 1 de este documento.

## Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes

se calculó el porcentaje que representa el CO2 que capturan en promedio estas especies al año 20 desde su plantación, respecto del total que acumularían a los 40 años.

**Tabla 9: Captura promedio de CO2, según edad del árbol**

Parámetro	20 años	25 años	30 años	35 años	40 años
Promedio de Captura de CO2 especies similares a las consideradas en el proyecto (en toneladas por pie)	0,14	0,27	0,4	0,56	0,797
Porcentaje respecto del total capturado a los 40 años de la plantación	17,6%	33,9%	50,2%	70,3%	100,0%

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Guía para la estimación de absorciones de dióxido de carbono. Ministerio para la Transición Ecológica – España., 2019.

A partir de lo anterior, se estimaron indicadores de rentabilidad social, obteniendo un VAN de S/. 258.470.830,36 y una TIR de 51,26%. Cabe señalar que el VAN del proyecto original estimado con una tasa social de descuento de 8% hasta el año 20 y de 5,5% entre los años 21 y 23, equivale a S/. 256.048.576,63, en moneda mayo 2022. De esta forma al incorporar el efecto de captura de CO2, el VAN Social del proyecto aumenta en S/. 2.422.253,73, que equivale al valor presente (a precios sociales) del total de CO2 capturado por el proyecto.

### C. Consideraciones para la evaluación

Es importante tener presente que, para una evaluación completa de un proyecto que incorpore el PSC, se debiera considerar las emisiones de GEI que se generan en el proceso de inversión, así como también aquellas provenientes de la operación del proyecto. En el caso de esta tipología de proyectos, tanto la fase de ejecución como de operación del proyecto incluye procesos que son fuentes de generación de GEI, como las labores agrícolas que se deben llevar a cabo para una correcta producción de plantones, plantación de los mismos así como asegurar su adecuado afianzamiento; tales como, la preparación de suelos; aplicación de productos químicos para el control de plagas y enfermedades y el traslado de los plantones desde los viveros a los lugares de plantación, entre otras.

En el caso que estas emisiones no se incluyan en la evaluación, el valor social de la captura de CO2 que se estime corresponderá a un máximo que se podría alcanzar, el que irá disminuyendo, en la medida que se descuenten las emisiones de GEI que pueda generar el proyecto en sus fases de ejecución y funcionamiento. Para hacer este descuento, se debe incluir en la estimación de los flujos de caja, las emisiones anuales que se producirían, valorizadas por el PSC.

### 2.3 Uso Precio Social del Carbono en proyectos de espacios públicos urbanos que incluyen áreas verdes

Los espacios públicos urbanos, más allá de formar parte de un paisaje y promover espacios de esparcimiento; en la medida que incluyan áreas verdes, son capaces de generar otros beneficios ambientales, entre ellos, capturar emisiones de GEI al ambiente, contribuyendo de esta forma a mitigarlas, con sus consiguientes beneficios para el medio ambiente y calidad de vida de la población.

El arbolado presente en los parques son los principales sumideros naturales de carbono dentro de las ciudades, capturando las emisiones de GEI que se liberan al ambiente; así también, el césped puede secuestrar cantidades significativas de carbono orgánico (CO) en los suelos. Sin embargo, en el caso de los parques donde se riega y fertiliza, se debe tener presente, que si bien

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

estas prácticas mejoran la captura de CO<sub>2</sub> en los ecosistemas de césped, también pueden aumentar las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero<sup>34</sup>.

En términos generales, se conoce como “sumidero” a todo sistema o proceso mediante el cual se extrae de la atmósfera un gas o gases, que son almacenados en estos sistemas. En este sentido, las formaciones vegetales, actúan como un importante sumidero, ya que por medio de la fotosíntesis los vegetales captan CO<sub>2</sub> de la atmósfera o disuelto en agua, el que transforman en moléculas sencillas de azúcares, con la ayuda de la luz solar, para así sustentar sus actividades metabólicas. De esta forma, absorben CO<sub>2</sub> que almacenan en sus tejidos (biomasa) el que vuelve al ambiente, cuando la materia orgánica se descompone o es utilizada como fuente de energía.

En la siguiente ilustración, se esquematiza este proceso, donde: (1) representa la absorción de CO<sub>2</sub> por fotosíntesis; (2) es el Carbono incorporado al suelo desde la vegetación; (3) es la pérdida de carbono del suelo (por mineralización, respiración heterotrófica, entre otros); (4) corresponde a las emisiones por respiración autotrófica y emisiones de compuestos orgánicos volátiles; y (5) representa la liberación de carbono al ambiente por eliminación de la vegetación (cosecha, explotación forestal, incendio, entre otros).

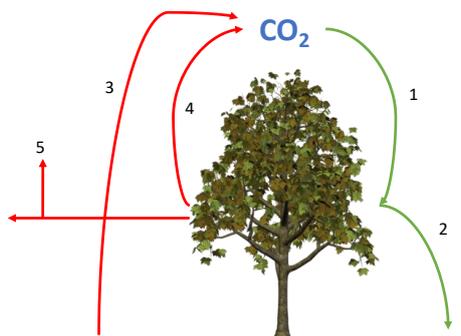
La captura de carbono está directamente relacionada con la tasa de variación interanual de carbono almacenado en la biomasa sobre y bajo el suelo. Se definen cinco diferentes almacenes de carbono: el suelo; el mantillo (hojarasca); la biomasa viva por debajo del suelo (raíces); la biomasa muerta sobre el suelo y biomasa viva sobre el suelo (tallos, ramas, corteza, semillas y follaje, de árboles arbustos y herbácea)<sup>35</sup>.

---

<sup>34</sup> Secuestro de carbono y emisiones de gases de efecto invernadero en el césped urbano.  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Carbon-sequestration-and-greenhouse-gas-emissions-Townsend%E2%80%90Small-Czimczik/47269160584abe58726d260764836d61c69f63fd>

<sup>35</sup> International panel of climate change (IPCC), 2003, Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS), Organización Meteorológica Mundial, Génova, Suiza, p. 15.

### Ilustración 5: Esquema proceso de los ecosistemas vegetales



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica – España. Guía para la estimación de absorciones de dióxido de carbono, 2019.

De esta manera, si los procesos 1 y 2 producen más absorciones que las emisiones que se derivan de los procesos 3, 4 y 5, entonces el reservorio se puede considerar un **sumidero de carbono**, mientras que si es al revés, si hay más emisiones que absorciones, el reservorio se considerará una fuente de emisiones. En otras palabras, un reservorio determinado puede ser un sumidero de carbono atmosférico si, durante un intervalo de tiempo dado, es mayor la cantidad de carbono que entra en él, respecto de la que sale.

#### 2.3.1 Aspectos metodológicos

##### Marco teórico

En términos generales, para calcular la cantidad de CO<sub>2</sub> capturado por las formaciones vegetales, una forma simple y clara, es el método de cambio de existencias. En su forma más sencilla, se calcula la diferencia entre la cantidad de carbono almacenada en el año t, menos la cantidad almacenada en el año (t-1):

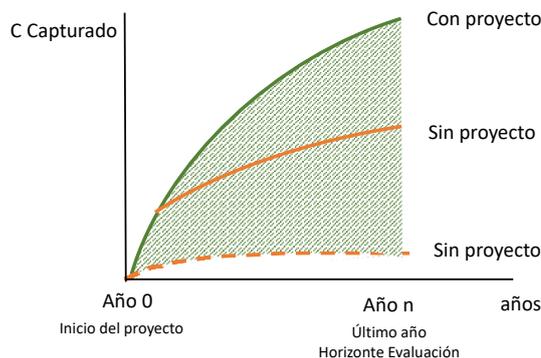
$$C_{\text{capturado}_t} = C_t - C_{t-1}$$

Donde,  $C_t$  es la cantidad de Carbono capturado en el año t y  $C_{t-1}$ , la cantidad de carbono almacenado el año anterior.

En la evaluación de PI de parques urbanos o de cualquier PI que incluya espacios públicos verdes, interesa estimar la captura de CO<sub>2</sub> que las distintas estructuras de vegetación utilizadas como propuesta de paisajismo (árboles, arbustos, cobertura vegetal tipo césped, entre otras) pueden alcanzar dentro de un plazo de tiempo determinado (horizonte de evaluación del proyecto, en la fase de funcionamiento). De esta forma, la cantidad de CO<sub>2</sub> que se puede capturar, corresponde a la diferencia entre el año inicial de ese período (o año base) y el último año del horizonte de evaluación del proyecto. En caso de que se aplique una línea de base, se resta la cantidad de carbono capturado a la cantidad determinada en la línea base.

Tal como se observa en la siguiente figura, el área entre las curvas que representan la situación con proyecto y sin proyecto, corresponde al beneficio del proyecto, en términos de CO<sub>2</sub> capturado. Así, mientras mayor sea la diferencia en términos de vegetación en el área a intervenir, entre la propuesta de proyecto y la situación actual, mayor será la contribución del proyecto para disminuir las emisiones de GEI.

Ilustración 6: Esquema general de captura de carbono debido a un PI de sumidero



Fuente: Elaboración propia

En el caso específico de la evaluación de proyectos que incluyan áreas verdes conformadas por árboles y/o arbustos, puede aplicarse el PSC para el cálculo de costos o beneficios sociales, empleándose como metodología para la evaluación social el análisis **costo-efectividad, costo-eficiencia o costo beneficio**, según la **complejidad** del proyecto. Para el caso de las dos primeras, asociadas a proyectos de inversión de espacios públicos de baja o mediana complejidad, una vez identificado el problema y brechas existentes, se realiza un análisis de alternativas, para cada una de las cuales se calcula el Valor Actual de Costos (VAC) para un horizonte de evaluación determinado, seleccionándose como la más conveniente, aquella de menor VAC social. En caso que se comparen alternativas de distinta vida útil, se utiliza como indicador el Costo Anual Equivalente (CAE).

De acuerdo a lo anterior, para incorporar el uso del PSC en la evaluación de proyectos de inversión de espacios públicos que incluyan áreas verdes, se debe realizar la cuantificación y valorización de los niveles de captura de CO<sub>2</sub> esperables para cada alternativa del proyecto, de acuerdo al diseño o propuesta de paisajismo que se considere (especies y curva de crecimiento), así como la cuantificación y valorización de las posibles emisiones de GEI producto de las fases de ejecución y funcionamiento de cada alternativa, las que deberán ser estimadas y transformadas en unidades equivalente de CO<sub>2</sub>, para descontarlas del CO<sub>2</sub> capturado por las especies vegetales provistas por el proyecto. Así, la reducción neta de CO<sub>2</sub> atribuible a cada alternativa del proyecto de inversión, corresponde a la captura estimada para la situación con proyecto, descontadas las emisiones de GEI que podría estar generando la forma de producción de la alternativa del proyecto por sí misma, tanto en su fase de ejecución como de funcionamiento, dentro de un periodo de tiempo determinado.

Para valorizar a precios sociales la contribución del proyecto en la reducción de GEI, bastaría con multiplicar la reducción neta de CO<sub>2</sub> por el Precio Social del Carbono (PSC); obteniendo así, el valor social de dicha reducción, producto de la implementación de cada alternativa de proyecto en un periodo de tiempo determinado. Al respecto, y considerando la importancia de la vegetación como sumideros atmosféricos, es importante señalar que existen empresas que financian proyectos relacionados con el establecimiento de bosques o con la adquisición de “bonos de carbono”, para financiar de esta forma una mayor absorción de CO<sub>2</sub>, que les permita compensar todo el CO<sub>2</sub> equivalente que emiten. A estas empresas o el producto que generan se les conoce como “carbono neutral”; es decir, han compensado sus emisiones de GEI.

De esta forma, el indicador de costo efectividad calculado en forma tradicional, será recalculado descontando los beneficios sociales que aporte la vegetación a la captura de CO<sub>2</sub> y agregando,

## **Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

aquellos costos producto de posibles emisiones de GEI durante las fases de ejecución y funcionamiento de cada alternativa, reflejando de esta forma la valoración que la sociedad le otorga a cada alternativa de proyecto, respecto de su contribución para reducir las emisiones de GEI.

Es importante señalar, que la metodología planteada corresponde a una simplificación de la realidad, ya que en la práctica se debiera contar con información precisa y estudios que permitan determinar el nivel de captura de CO<sub>2</sub> de las especies y tipo de vegetación incluidas en cada alternativa de solución a evaluar. Esto, debido a que el nivel de captura de CO<sub>2</sub> depende de múltiples factores, tales como la o las especies ornamentales incluidas en la alternativa de solución; las condiciones que puedan afectar su crecimiento y producción de biomasa; así como de la liberación de carbono producto de la muerte y descomposición del material vegetal, durante el horizonte de evaluación del proyecto, en caso que esto ocurra.

En la construcción de los flujos de caja de cada alternativa, lo más adecuado es incorporar una columna donde se registre, para cada año del horizonte de evaluación, las emisiones de GEI (en términos de CO<sub>2</sub> eq) que se emiten durante la fase de ejecución, así como en la de funcionamiento; y en otra, las capturas anuales de CO<sub>2</sub>, en caso de que se disponga de esta información; de lo contrario, como podrá ocurrir en evaluaciones a nivel de perfil, lo más probable es que se deba utilizar una estimación de la cantidad de CO<sub>2</sub> capturado por cada árbol al final de un periodo de 40 años de funcionamiento (considerado razonable para medir el impacto ambiental de plantaciones nuevas de árboles); en cuyo caso, se deberá incluir su valor social en el último año del horizonte de evaluación del proyecto. Estas columnas deben reflejar el valor social de dichas emisiones/capturas, multiplicando las cantidades que correspondan por el PSC vigente en el país.

En resumen, el procedimiento metodológico que se propone para incorporar el precio social del CO<sub>2</sub> en proyectos que incluyen **áreas verdes con árboles**, considera los pasos que se explican a continuación, donde la profundidad de estudios, para la determinación de cada uno de ellos, así como la utilización de supuestos en caso de requerirse, dependerá de la fase de pre inversión en que se encuentre el proyecto. En el caso de evaluación de perfiles de proyectos, que es el alcance de la presente guía, se trabaja a partir de información que esté disponible, sin recurrir a la realización de estudios específicos; por tanto, se deben realizar supuestos lo más razonable posibles, de acuerdo a la realidad del proyecto y del país, tanto para los niveles de captura por árbol, como por metro cuadrado de vegetación herbácea que son los principales elementos paisajísticos en proyectos de mejoramiento de espacios públicos.

### **Procedimiento metodológico para incorporar el precio social del CO<sub>2</sub> en proyectos de espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

Con el fin de incorporar el uso del precio social del carbono en la evaluación de proyectos de inversión en espacios públicos que incluyan áreas verdes con árboles, como los parques urbanos, lo primero es formularlos y evaluarlos de acuerdo a la metodología pertinente de acuerdo a su complejidad, tomando en consideración, principalmente, en el análisis técnico la propuesta de paisajismo de cada alternativa de solución, ya que el área verde conformada principalmente por árboles, es la principal fuente de captura de CO<sub>2</sub> en este tipo de proyectos.

De esta forma, a partir de la evaluación tradicional del proyecto, se debe complementar, considerando al menos los siguientes aspectos:

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

1. **Identificación de fuentes de emisión de GEI, cuantificación y valorización a precios sociales.** Tal como se comentó, los parques son un importante reservorio urbano de CO<sub>2</sub>; sin embargo, dependiendo de las actividades que en él se realicen, pueden también llegar a ser, fuentes de emisiones de GEI. Es así que, tanto durante la fase de ejecución como de funcionamiento (operación) del proyecto se debe:
  - a. Identificar aquellas actividades o componentes del proyecto que generan GEI. Por ejemplo, en la fase de establecimiento de la vegetación del parque (césped, arbustos y árboles), las actividades de riego y fertilización son fuentes generadoras de GEI.
  - b. Cuantificar las emisiones de GEI y transformarlas en unidades (toneladas) de CO<sub>2</sub> eq. Para ello, las estimaciones de los GEI se deberán transformar en toneladas de CO<sub>2</sub> eq., utilizando unidades de conversión convencionales.
  - c. Valorizar a precios sociales, para cada año del horizonte de evaluación, las emisiones de CO<sub>2</sub> eq. Para ello, basta multiplicar las toneladas de CO<sub>2</sub> eq estimadas por el Precio Social del Carbono vigente.
2. **Identificación de fuentes de captura de CO<sub>2</sub> y cuantificación.** Generalmente, el área verde de los proyectos de parques urbanos considera la implementación de áreas de césped, así como también la plantación de árboles ornamentales, arbustos o matorrales. Dado que estos elementos difieren en su aporte para absorber CO<sub>2</sub> del ambiente, es importante separar la cuantificación y luego, valorización de este efecto en al menos dos grandes grupos: prados y árboles ornamentales.

Para ello, lo más razonable es separar la vegetación presente en el área a intervenir por el proyecto, al menos en superficie de césped (vegetación baja) medido en metros cuadrados y cantidad de árboles.

#### **A. Captura de CO<sub>2</sub> por árboles**

Para estimar el aporte de las especies de árboles considerados en el proyecto, dependiendo del nivel de pre inversión en que se encuentre la evaluación, podrá ser necesario realizar estudios más detallados (factibilidad) o simplemente utilizar parámetros de captura de CO<sub>2</sub>, debidamente, fundamentados a partir de información existente.

La captura de carbono por la vegetación urbana se refiere a la tasa anual de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> durante una temporada de crecimiento (año) de la vegetación; para el caso del arbolado, esta dependerá principalmente de las tasas de crecimiento (los árboles de crecimiento rápido inicialmente capturan más CO<sub>2</sub> que uno de crecimiento lento, edad, condición (los individuos jóvenes retienen el carbono a tasas más altas que los árboles maduros) y la vida útil del árbol (esperanza de vida), debido a que cuando el árbol muere el carbono es liberado a la atmosfera.

También influyen las características del sitio en el que se encuentra el parque; entre ellas, el clima y de cuán adaptadas están las especies a dichas condiciones climáticas; la composición, estado, distribución, estructura de cada una de las especies y del manejo que se le dé al parque. Otras variables relevantes, son el mantenimiento (poda) y la

## **Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

densidad del arbolado; esta última es una de las razones por las cuales se considera que los árboles urbanos, a nivel individual, capturen más CO<sub>2</sub> que un árbol en un bosque natural, ya que presentan generalmente una biomasa mayor en su follaje, producto de que la copa del árbol tiene una mayor exposición a la luz y enfrenta una menor competencia con árboles cercanos, menor estrés y menor presencia de enfermedades. A lo anterior se suma el efecto de las labores de mantención como irrigación y fertilización y de cuidado que les permite estar más vigorosos y sanos, favoreciendo una alta tasa de crecimiento.

Al respecto, existen estudios que resaltan el papel que juegan los árboles urbanos en el mejoramiento de la calidad del aire, en los que se reconoce que en términos generales, estos capturan y almacenan una mayor cantidad de CO<sub>2</sub> que los árboles de plantaciones forestales o bosques naturales. Sin embargo, para poder hacer estimaciones más precisas, se requiere disponer de información local, que dé cuenta de la capacidad de captura de CO<sub>2</sub> de las distintas especies, de acuerdo a su tasa de crecimiento que además está determinada por las condiciones climáticas.

Por ejemplo, en España el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, ha desarrollado una calculadora para estimar, de manera sencilla, las absorciones de dióxido de carbono asociadas a la biomasa de las especies arbóreas forestales españolas<sup>36</sup>. Esta calculadora diferencia entre dos situaciones; por una parte, aquellos proyectos de repoblación sin aprovechamiento maderero o de uso no intensivo, como sería el caso de los proyectos de mejoramiento de espacios públicos; y otra, en que si existe uso maderero de las especies plantadas. Para ambos casos la calculadora dispone de parámetros de absorción por especie, para distintos años de vida de las especies, en función del número de pies objetivo para cada especie que se prevé que exista, una vez transcurrido el periodo de permanencia del proyecto. Así, para cada especie que se seleccione, se debe ingresar el año de plantación; el número de pies que se espera lograr al final del periodo de permanencia de la especie en el proyecto. Con esta información, la calculadora entrega la siguiente información:

- Absorciones unitarias: absorciones de CO<sub>2</sub> unitarias estimadas para cada especie al final del periodo de permanencia establecido, y expresadas en t CO<sub>2</sub>/pie.
- Absorciones totales: absorciones de CO<sub>2</sub> totales estimadas al final del periodo de permanencia para el número de pies previsto que exista de cada especie, y expresadas en t CO<sub>2</sub>.
- Absorciones OPCIÓN A (repoblamiento sin uso maderero): absorciones totales estimadas al final del periodo de permanencia, expresadas en t CO<sub>2</sub> y en t CO<sub>2</sub>/ha.

Si bien lo anterior es una condición ideal, no siempre se dispone de esta información para el país, zona climática y las especies incluidas en el proyecto. En el intertanto, y en especial para evaluaciones a nivel de perfil, se deberá recurrir a información de literatura que permita tener una estimación aproximada de la captura de CO<sub>2</sub> esperable del proyecto. En este sentido, de acuerdo a una investigación realizada en Tijuana, México, un árbol en buen estado de salud puede almacenar en promedio 3,5 kg de

---

<sup>36</sup> Calculadora para proyectos de absorción de CO<sub>2</sub>. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.aspx>

## Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes

Carbono por año<sup>37</sup>, valor que se utilizará en esta guía por no disponerse de información más específica<sup>38</sup>.

No obstante lo anterior, existen otros métodos de aproximación como el modelo i-Tree Eco, desarrollado por el Departamento de Agricultura de EE. UU., el Servicio Forestal y varias organizaciones asociadas ([www.itreetools.org](http://www.itreetools.org)), que evalúa la estructura del bosque urbano y los consiguientes servicios y valor del ecosistema y que sido utilizado en varias ciudades europeas, incluidas Barcelona, España; Torbay, Reino Unido y Florencia, Italia, entre otras, con el fin de demostrar el potencial de los árboles urbanos para mejorar la calidad ambiental a escala de la ciudad.

### B. Cobertura de césped

En el caso del césped urbano, no es tan simple y evidente suponer que existe un aporte neto positivo en términos de captura de CO<sub>2</sub>. Esto, debido a que en prados gestionados, como suelen ser las coberturas de césped en los parques, el uso de fertilizantes nitrogenados frecuente; así como, el consumo de combustibles fósiles de la maquinaria para la preparación y mantenimiento del terreno (aireación, segado, adición de fertilizantes, entre otras<sup>39</sup>) generan emisiones de GEI, principalmente de N<sub>2</sub>O (un GEI 300 veces más efectivo que el CO<sub>2</sub>) que se compensan con la captura de CO<sub>2</sub> que dicho césped puede aportar.

Para comprender mejor el balance de GEI del césped urbano, en el sur de California (Estados Unidos) se midieron las tasas de secuestro de CO y la emisión de N<sub>2</sub>O, obteniéndose que el césped emite cantidades significativas de N<sub>2</sub>O (0,1–0,3 g N /m<sup>2</sup>/año) asociado con la fertilización frecuente, que en el caso de césped ornamental, se compensa con el secuestro de CO (140 g C /m<sup>2</sup>/año); mientras que en los campos de atletismo no hay secuestro de CO debido a la frecuente restauración de la superficie. De esta forma, las emisiones indirectas de CO<sub>2</sub> asociados con la gestión del césped, anularían el efecto positivo de captura de CO<sub>2</sub> por parte del césped, y por tanto, no contribuirían a mitigar las emisiones de GEI en las ciudades<sup>40</sup>.

Dado lo anterior, en la medida que no existan estudios específicos sobre el aporte de captura CO<sub>2</sub> neto por parte de los prados gestionados, a nivel país o zona climática, se propone suponer que la contribución del césped a la captura de CO<sub>2</sub> es nulo y por tanto, no se incluye en la evaluación del proyecto.

3. **Valorización a precios sociales de la captura de CO<sub>2</sub>.** Una vez cuantificada la captura de CO<sub>2</sub> que es posible lograr durante el horizonte de evaluación del proyecto, tanto para los árboles como prados, se debe incorporar su valor social en el último año del flujo de

---

<sup>37</sup> Domínguez M. Ana Yurendy. Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO<sub>2</sub> vehicular en Tijuana, B.C. Tesis para optar al grado de Maestría en Administración Integral del Ambiente. 2016. Disponible en: <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2016/12/TESIS-Dom%C3%ADnguez-Madrid-Ana-Yurendy.pdf>

<sup>38</sup> Cabe señalar, que para una adecuada valorización del aporte de los proyectos de parques urbanos, en términos de captura de GEI, es necesario avanzar en la determinación de parámetros locales de captura por especie, edad de los árboles y zona climática.

<sup>39</sup> Además de la energía consumida y emisiones asociadas a la producción de los fertilizantes utilizados; así como, la energía consumida en el riego.

<sup>40</sup> Townsend- Small, A. y CI Czimczik (2010). "Carbon sequestration and greenhouse gas emissions in urban turf". Disponible en: <https://escholarship.org/content/qt16h20797/qt16h20797.pdf>

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

caja, multiplicando la cantidad de CO<sub>2</sub> capturado por el Precio Social del Carbono vigente.

### **2.3.2 Cuantificación de absorción de GEI de un proyecto de inversión de espacios públicos urbanos con áreas verdes**

Tal como se ha mencionado, en la evaluación bajo un análisis costo-efectividad, cobra importancia la cuantificación y valoración de la captura de CO<sub>2</sub> para cada alternativa de proyecto, con el fin de reestimar el indicador de Costo eficiencia estimado en los análisis tradicionales, incluyendo (descontando del flujo de costos) el efecto positivo que pudiera tener la captura de CO<sub>2</sub>.

Además, tal como se explicó anteriormente, mientras no existan estudios locales que permitan asegurar un efecto neto en términos de CO<sub>2</sub> capturado por parte del césped gestionado, sólo se recomienda incluir la captura de CO<sub>2</sub> atribuible a los árboles que cada alternativa de proyecto propone plantar.

la captura de CO<sub>2</sub> se relaciona directamente con la tasa de crecimiento de los árboles, ya que ellos son en gran porcentaje carbono. Por lo tanto, los que crecen más rápido, absorben más CO<sub>2</sub> y más rápido y son los que más capturan carbono en su madera. Por el contrario, otras especies de árboles crecen más lento pero también viven más tiempo y por lo tanto, absorben más CO<sub>2</sub> a largo plazo, como el roble o el haya.

Es difícil estimar qué árboles absorben la mayor cantidad de CO<sub>2</sub>; sin embargo, en términos generales, se debieran privilegiar bosques mixtos, con una mayor variedad de especies, ya que absorben más CO<sub>2</sub>. Aunque la capacidad de absorción de carbono depende de muchos factores, para evaluaciones a nivel de perfil, mientras no existan estudios específicos, se puede considerar que un árbol en buen estado de salud puede almacenar en promedio 3,5 kg de Carbono por año<sup>41</sup>.

#### **A. Cuantificación de absorción de GEI para la situación sin proyecto de inversión**

La situación sin proyecto o base optimizada corresponde a la cantidad de CO<sub>2</sub> que es capaz de absorber la cobertura vegetal existente en el área a intervenir, durante todo el horizonte de evaluación del PI. Sin embargo, para efectos de seleccionar entre distintas alternativas por medio de un análisis costo-efectividad (menor VAC Social), este parámetro se puede no incluir, ya que es igual para todas las alternativas, comportándose como una constante; más aún, considerando las dificultades para realizar una adecuada aproximación de la captura de CO<sub>2</sub> por parte de vegetación que lo más probable es que se encuentre en regular estado.

#### **B. Cuantificación de absorción de GEI para la situación con proyecto de inversión**

En la situación con proyecto, se debe estimar la cantidad de CO<sub>2</sub> que las especies arbóreas y cobertura vegetal de cada alternativa de solución, son capaces de capturar, de acuerdo a los antecedentes descritos anteriormente.

---

<sup>41</sup> Domínguez M. Ana Yurendy. Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO<sub>2</sub> vehicular en Tijuana, B.C. Tesis para optar al grado de Maestría en Administración Integral del Ambiente. 2016. Disponible en: <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2016/12/TESIS-Dom%C3%ADnguez-Madrid-Ana-Yurendy.pdf>

## **Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

Dado el objetivo de los parques urbanos, como elementos relevantes para disminuir la brecha de espacios públicos en las ciudades; además de su efecto como sumideros, se supondrá que la vegetación que se establezca permanecerá en el tiempo, al menos durante el horizonte de evaluación del proyecto, de manera que la captura de CO<sub>2</sub> que se estime, es neta; es decir no se descontarán unidades de CO<sub>2</sub> equivalente por emisiones de CO<sub>2</sub> producto de tala o cosecha y se supondrá que las emisiones por descomposición son menores a las capturas que genera el ecosistema establecido.

Es importante tener presente que para determinar la captación de CO<sub>2</sub>, es necesario precisar las tasas de captura según especie arbórea, ya que el nivel de captura de CO<sub>2</sub> depende de varios factores. No todos los árboles son igualmente eco-eficientes, de hecho la capacidad de absorción de carbono de un mismo árbol puede variar en función de varios criterios, como la especie; edad; tamaño; clima y suelo.

Tal como se mencionó anteriormente, la captura de CO<sub>2</sub> se relaciona directamente con la tasa de crecimiento de los árboles, ya que ellos son en gran porcentaje carbono. Por lo tanto, los que crecen más rápido, absorben más CO<sub>2</sub> y más rápido y son los que más capturan carbono en su madera. Para efectos de esta guía, en la medida que no existan estudios específicos por tipo de especie, se puede considerar razonable que un árbol en buen estado de salud puede almacenar en promedio 3,5 kg de Carbono por año<sup>42</sup>.

### **2.3.3 Aplicación práctica a un proyecto de inversión**

Con el fin de mostrar en forma práctica la incorporación del PSC en la evaluación de un proyecto tendiente a disminuir la brecha existente de espacios públicos urbanos, a continuación se replica la evaluación social (a nivel de perfil) de la alternativa que se seleccionó como la más conveniente para el proyecto evaluado “Mejoramiento en los servicios de espacios públicos del Parque Metropolitano de La Exposición en el Distrito de Lima, Provincia Lima, Departamento Lima”, incluyendo el efecto que genera la estimación de la captura de CO<sub>2</sub> atribuible al proyecto y su valorización a precios sociales, sobre los indicadores VAC y CAE originales (sin efecto de captura de CO<sub>2</sub>).

#### **A. Antecedentes del proyecto**

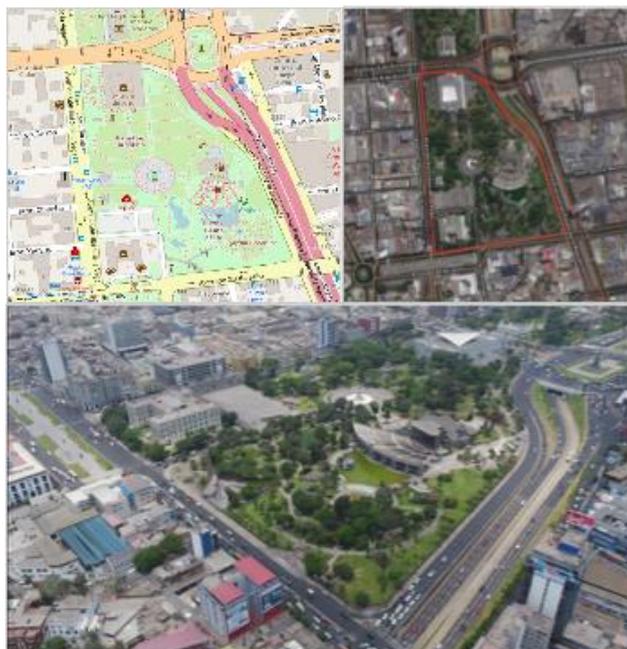
El objetivo central del proyecto fue disminuir la brecha de acceso de la población a servicios de espacios públicos urbanos adecuados, en el Parque Metropolitano de La Exposición, en Lima, el cual comprende una gran extensión de áreas verdes.

#### **Ilustración 7: Localización proyecto**

---

<sup>42</sup> Domínguez M. Ana Yurendy. Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO<sub>2</sub> vehicular en Tijuana, B.C. Tesis para optar al grado de Maestría en Administración Integral del Ambiente. 2016. Disponible en: <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2016/12/TESIS-Dom%C3%ADnguez-Madrid-Ana-Yurendy.pdf>

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**



Fuente: Informe de perfil Proyecto “Mejoramiento en los servicios de espacios públicos del Parque Metropolitano de La Exposición en el Distrito de Lima, Provincia Lima, Departamento Lima”

En la siguiente tabla se muestran los indicadores de rentabilidad (VAC, CAE y Costo por beneficiario Directo) de la alternativa seleccionada como la más conveniente. En la evaluación se utilizó un horizonte de evaluación total de 11 años<sup>43</sup>, una tasa social de descuento de 8% y se estimó que la población beneficiaria directa alcanzaría a 65.015 habitantes al final del horizonte de evaluación<sup>44</sup>. Se supuso que la fase de ejecución de los 4 componentes dura 1 año y que los beneficios comienzan a percibirse en el año 2 del horizonte de evaluación,

**Tabla 10: Indicadores de rentabilidad (en S/., moneda 2021)**

Indicador de Rentabilidad	Alternativa Seleccionada
Valor Actual de los Costos (VAC)	29.968.252,43
Costo Anual Equivalente (CAE)	4.466.153,34
Costo por Beneficiario Directo (CE)	460,94

Fuente: Informe de perfil Proyecto “Mejoramiento en los servicios de espacios públicos del Parque Metropolitano de La Exposición en el Distrito de Lima, Provincia Lima, Departamento Lima”

Uno de los componentes del proyecto consiste en la adecuación paisajística de las áreas verdes; mediante la zonificación de espacios para brindar el servicio de actividades contemplativas y de recreación pasiva, con una superficie total de 56.607 m<sup>2</sup> de áreas verdes, que representa el 66,62<sup>45</sup>% del tamaño del proyecto (Tabla 11) y que constituye la principal fuente de captura de CO<sub>2</sub>.

<sup>43</sup> Incluye un plazo de 1 año para la fase de ejecución de los componentes, de 10 años para la fase de funcionamiento.

<sup>44</sup> Informe de perfil Proyecto “Mejoramiento urbanístico y paisajístico en los servicios de espacios públicos del Parque Metropolitano de La Exposición en el Distrito de Lima, Provincia Lima, Departamento Lima”

<sup>45</sup> Según los parámetros del Sector, un PI se alinea a la función ambiente, grupo funcional: Conservación y Ampliación de las Áreas Verdes y Ornato Público, cuando el área verde es igual o mayor al 60% del área total del espacio público.

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

**Tabla 11: Tamaño del proyecto, según activos**

Activos	Cantidad	Incidencia (%)
Áreas verdes	56.607m <sup>2</sup>	66,62%
Senderos peatonales	25.261m <sup>2</sup>	29,73%
Áreas recreativas (lagunas)	3.097m <sup>2</sup>	3,55%
<b>Total</b>	<b>84.965 m<sup>2</sup></b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Informe de perfil Proyecto “Mejoramiento en los servicios de espacios públicos del Parque Metropolitano de La Exposición en el Distrito de Lima, Provincia Lima, Departamento Lima”

## B. Incorporación del PSC en la evaluación del proyecto

Para la construcción de los flujos de caja, de modo de incorporar el valor social de la captura de CO2 atribuible a las alternativas de proyecto, se hicieron las siguientes consideraciones:

- En la situación sin proyecto, la captura de CO2 es nula, sólo se consideró el costo anual de operación y mantenimiento del parque.
- Los valores de costos de inversión y costos de operación y mantenimiento de la evaluación original (junio 2021) se mantuvieron en la misma moneda.
- El PSC utilizado corresponde al recomendado por el Ministerio de Economía y Finanzas<sup>46</sup>, de US\$ 7,17 por tonelada de CO2, equivalente a S/. 26,96<sup>47</sup>. Donde:

$$PSC \text{ por tonelada en S/.} = PSC \text{ por tonelada en US\$} \times \text{Valor US\$}.$$

$$26,96 = 7,17 \times 3,76.$$

- En la situación con proyecto, sólo se consideró la captura de CO2 por parte de árboles y arbustos (tapizantes). Se desestimó el aporte de la cobertura tipo césped ya que estudios señalan que se compensa con las emisiones de GEI producto de las labores fertilización, riego y consumo de combustibles fósiles, en la etapa de funcionamiento del proyecto. En la siguiente tabla se muestra la cantidad de plantas nuevas (entre árboles y tapizantes) que aportan ambas alternativas de proyecto.

**Tabla 12: Detalle vegetación nueva incluida en las Alternativas 1 y 2 del proyecto**

Zonificación Áreas Verdes	Tipo vegetación	Superficie (m2)	Cantidad
Jardín Guijarros y Borde vía Expresa	Grass Japonés	1.393	
	Tapizantes		76.973
	Árboles		23.429
Borde Garcilaso de la Vega	Grass americano	1.791	
	Tapizantes		5.852
Pradera	Grass americano	15.261	
Jardín afrancesado	Grass americano	1.661	
	Tapizantes		6.128
Jardín japonés	Grass americano	2.864	
	Tapizantes		31.628
Fuente china	Tapizantes		2.673
<b>Total</b>		<b>22.970</b>	<b>146.683</b>

<sup>46</sup> Ministerio de Economía y Finanzas. Anexo N° 11: Parámetros de Evaluación Social de la Directiva General del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.

<sup>47</sup> Se consideró un valor de S/. 3.76 por US\$, correspondiente al promedio del mes de mayo 2022. Banco Central de Reserva del Perú.

## Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes

Fuente: Informe de perfil Proyecto “Mejoramiento en los servicios de espacios públicos del Parque Metropolitano de La Exposición en el Distrito de Lima, Provincia Lima, Departamento Lima”

Para cuantificar la captura de CO<sub>2</sub> se supuso que un árbol o arbusto acumula en promedio 3,5 Kg de carbono anualmente<sup>48</sup>; por tanto, las 146.683 nuevas plantas que se introducen en el área de intervención del proyecto capturan anualmente 513,39 toneladas de CO<sub>2</sub> (3,5 Kg x 146.683 plantas dividido por 1.000) las que valorizadas a precios sociales equivalen a S/. 13.841 (513,39 toneladas x S/. 26,96 por tonelada).

- El horizonte de evaluación del proyecto se mantuvo igual al utilizado en la evaluación original del proyecto; es decir, 10 años a contar de la finalización de la fase de ejecución del proyecto, que se estimó en un año.
- Dado que la captura de CO<sub>2</sub> por parte de las plantas se extiende por al menos 40 años, existe un valor residual que se debe incluir en el último año del horizonte de evaluación (año 10). Este se estima como el Valor Presente al año 10, del valor del CO<sub>2</sub> capturado en los próximos 30 años (entre el año 11 y 40 de vida útil de los árboles). Para estimarlo, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Valor Residual} = \sum_{t=11}^{20} \frac{PSC \times \text{Captura Anual Plantas}_t}{(1 + TSD_g)^{t-10}} + \sum_{t=21}^{40} \frac{PSC \times \text{Captura Anual Plantas}_t}{(1 + TSD_{LP})^{t-20} \times (1 + TSD_g)^{10}}$$

Donde;

PSC es el precio social del carbono en S/. por Ton CO<sub>2</sub>.

*Captura Anual de Plantas<sub>t</sub>* corresponde a la captura total anual de CO<sub>2</sub> de las plantas del proyecto en el año t (Ton CO<sub>2</sub>).

TSD<sub>g</sub> es la tasa social de descuento general (utilizada hasta el año 20) y TSD<sub>LP</sub> es la tasa social de descuento de largo plazo (utilizada desde el año 21 al año 40).

Si se supone que los 30 años posteriores de finalizado el horizonte de evaluación, las plantas acumulan en promedio los mismos 3,5 Kg<sup>49</sup> de carbono anualmente, la captura total anual de las plantas introducidas por el proyecto alcanza las 513,39 toneladas de CO<sub>2</sub> y por lo tanto, el valor residual de las plantas es de S/. 169.484.

En la siguiente tabla se muestran los flujos de caja, a precios sociales, de la alternativa de proyecto seleccionada, incluyendo la captura de CO<sub>2</sub>, considerando una tasa social de descuento del 8%<sup>50</sup> y un horizonte de evaluación de 10 años.

<sup>48</sup> Dado que no existe información de captura para las especies propuestas en el proyecto, sólo con fines prácticos, para mostrar la aplicación del procedimiento metodológico, se ha supuesto que tanto árboles como arbustos (tapizantes) capturan igual cantidad de CO<sub>2</sub>.

<sup>49</sup> Mientras no exista un estudio específico que permita determinar la captura anual de distintas especies en Perú, se sugiere utilizar un promedio de captura anual por árbol/arbusto de 3,5 Kg de CO<sub>2</sub>.

<sup>50</sup> Valor publicado en Anexo N°11: Parámetros Evaluación Social – Sistema Nacional de Inversión Pública. Ministerio de Economía y Finanzas, Perú. Disponible en:

[https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/anexos/anexo11\\_directiva001\\_2019EF6301.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/anexo11_directiva001_2019EF6301.pdf)

**Tabla 13: Flujos de caja proyecto, a precios sociales alternativa seleccionada (en S/)**

AÑO	ALTERNATIVA SELECCIONADA					
	Inversión en Obras Civiles y Equipamiento	Costo Operación y Mantención Con Proyecto	Costo Operación y Mantención Sin Proyecto	Captura CO2		Flujo de Costos
				Captura Carbono anual	Valor Residual	
0	30.295.360,20					30.295.360,20
1		1.840.643,58	1.982.788,80	13.840,60		-155.985,82
2		1.864.019,75	1.982.788,80	13.840,60		-132.609,65
3		1.887.692,80	1.982.788,80	13.840,60		-108.936,60
4		1.911.666,50	1.982.788,80	13.840,60		-84.962,90
5		1.935.944,67	1.982.788,80	13.840,60		-60.684,73
6		1.960.531,16	1.982.788,80	13.840,60		-36.098,24
7		1.985.429,91	1.982.788,80	13.840,60		-11.199,49
8		2.010.644,87	1.982.788,80	13.840,60		14.015,47
9		2.036.180,06	1.982.788,80	13.840,60		39.550,66
10		2.062.039,55	1.982.788,80	13.840,60	169.483,94	-104.073,78
<b>VAC (8%) en \$/.</b>						<b>29.796.877,03</b>
<b>CAE en \$/.</b>						<b>4.440.613,35</b>
<b>CE en \$/.</b>						<b>458,31</b>

Fuente: Elaboración propia

A partir de lo anterior, en la siguiente tabla se resumen los indicadores sociales de costo-efectividad de la alternativa de proyecto seleccionada.

**Tabla 14: Indicadores de costo-efectividad incluido el Valor Social de la captura de CO2, a precios sociales (en S/)**

Indicador de Rentabilidad	Alternativa Seleccionada
Valor Actual de los Costos (VAC)	29.796.877
Costo Anual Equivalente (CAE)	4.440.613
Costo por Beneficiario Directo (CE)	458,31

Fuente: Elaboración propia

### C. Consideraciones para la evaluación

Es importante tener presente que, para una evaluación completa de un proyecto que incorpore el PSC, se debiera considerar las emisiones de GEI que se generan en el proceso de inversión, así como también aquellas provenientes de la operación del proyecto. En este caso, tanto la fase de ejecución como de operación del proyecto incluyen procesos que son fuentes de generación de GEI, como las labores agrícolas que se deben llevar a cabo para una correcta plantación y cuidado de los elementos paisajísticos, como la preparación de suelos; aplicación de productos químicos para el control de plagas y enfermedades, entre otras.

Por otra parte, para una mayor precisión de las estimaciones de captura de CO2, es aconsejable profundizar en estudios locales que permitan estimar en forma más certera la captura de CO2

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

por distintas especies, de acuerdo a la edad de las plantas y condiciones agroclimáticas, ya que estos factores inciden sobre su tasa de crecimiento, y por tanto, en el porcentaje de captura de CO<sub>2</sub>.

### 3. Bibliografía

Banco Mundial (2022). Perú. Informe sobre clima y desarrollo de los países.

Cartes Mena, F. (2021). Metodología para la estimación del precio social del carbono en Chile y los países de América Latina y el Caribe. CEPAL. Serie Documentos de Proyectos, junio 2021.

Departamento Nacional de Planeación -DNP, Ministerio de Transporte - MINTRA, Colombia (2022). “Proyectos Tipo. Construcción de cicloinfraestructura y servicios complementarios”

Domínguez M. Ana Yurendy. Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO<sub>2</sub> vehicular en Tijuana, B.C. Tesis para optar al grado de Maestría en Administración Integral del Ambiente. 2016. Disponible en: <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2016/12/TESIS-Dom%C3%ADnguez-Madrid-Ana-Yurendy.pdf>

El País. Bosques y tecnología para la captura de CO<sub>2</sub>. Disponible en: <https://elpais.com/economia/el-futuro-no-se-detiene/2020-12-04/bosques-y-tecnologia-para-la-captura-de-co.html>

FAO. Estudio Evaluación Recursos Forestales 2020. Disponible en: <https://fradata.fao.org/PER/fra2020/print/onlyTables/>

International panel of climate change (IPCC), 2003, Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS), Organización Meteorológica Mundial, Génova, Suiza, p. 15.

Comisión de Alto Nivel de Cambio Climático (2021). Contribuciones Determinadas a nivel nacional. Reporte de Actualización periodo 2021 – 2030.

European Environment Agency / European Monitoring and Evaluation Programme – EMEP/EEA (2021). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2020.

Fontaine, Ernesto R. (2008). Evaluación Social de Proyectos. Pearson Educación de México.

Ministerio del Ambiente – MINAM, Perú (2016). Inventario nacional de gases de efecto invernadero – INGEI 2012.

Ministerio del Ambiente – MINAM, Perú (2021). Inventario nacional de gases de efecto invernadero – INGEI 2016.

Ministerio del Ambiente – MINAM, Perú (2022). “Pautas para la Elaboración de Inventarios Regionales de Gases de Efecto Invernadero y sus anexos”, aprobada por Resolución Ministerial N° 090-2022-MINAM.

Ministerio de Desarrollo Social - MDS, Chile (2013). Metodología para la formulación y evaluación de planes maestros de ciclo-rutas.

Ministerio de Desarrollo Social – MDS y Secretaría de Planificación de Transporte - SECTRA, Chile (2013). Manual de Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana (MESPIVU).

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

Ministerio de Desarrollo Social y Familia – MDSF, Chile (2022). Instructivo metodológico para la incorporación de emisión de contaminantes en la evaluación social de proyectos de transporte vial urbano.

Ministerio de Economía y Finanzas – MEF, Perú (2019). Anexo N° 11: Parámetros de Evaluación Social - Directiva General del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.

Ministerio del Ambiente - MINAM y Ministerio de Economía y Finanzas - MEF, Perú (2018). Ficha Técnica de Proyectos de Inversión Estándar y/o Simplificados - Recuperación De Ecosistemas Andinos”.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento – MVCS y Ministerio de Economía y Finanzas – MEF, Perú (2021). Ficha Técnica Estándar para la formulación y evaluación de proyectos de inversión de servicio de movilidad urbana en vías locales.

Ministerio de Economía y Finanzas - MEF, Perú (2022). Guía general para la identificación, formulación y evaluación de Proyectos de Inversión.

Ministerio de Energía y Minas – MINEM, Perú (2021). “Lineamientos para la Publicación de la Información Energética en los Establecimientos de Venta al Público de Combustibles”, aprobada por Resolución Directoral N° 382-2021-MINEM/DGH.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones - MTC, Perú (2020a). “Guía de Implementación de Sistemas de Transporte Sostenible No Motorizado”, aprobada por Resolución Ministerial 694-2020-MTC/01.02.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones - MTC, Perú (2020b). “Cambio Climático, Calidad del Aire y Transporte: Guía para cuantificar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Contaminantes Climático de Vida Corta (CCVC) en el sector transportes”, aprobada por Resolución Directoral N° 266-2020-MTC/16.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones - MTC, Perú (2021). “Metodología para el Cálculo de Emisiones Evitadas y Valoración de Externalidades Ambientales Mitigadas, con la Implementación de los Programas de Chatarreo”, aprobada por Resolución Directoral N° 20-2021-MTC-18.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, Perú (2023). Reporte Anual De Gases De Efecto Invernadero del Sector Energía – RAGEI 2019. Categoría: Combustión Móvil.

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones - MTT, Chile (2020). Guía de Composición y Diseño Operacional de Ciclovías.

Ministerio de Transporte - MINTRA, Colombia (2016). “Guía de Ciclo infraestructura para ciudades colombianas”.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, España. Calculadora para proyectos de absorción de CO2. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.aspx>

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

Ministerio para la Transición Ecológica, España. Metodología para Proyectos Clima de Sistemas Públicos de Movilidad Compartida - Préstamo Bicicletas, 2019.

Ministerio para la Transición Ecológica, España. Guía para la estimación de absorciones de dióxido de carbono, 2019.

Secretaría de Planificación de Transporte - SECTRA, Chile (2013). “Análisis y Evaluación del Plan Maestro de Ciclovías en el Gran Santiago”.

Sosa Castillo, Jorge Orlando. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal: Valoración económica del secuestro de CO<sub>2</sub> en tres tipos de bosque en el distrito del Alto Nanay, Loreto-Perú-2014. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 2016. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4283?show=full>

Townsend- Small, A. y CI Czimczik (2010). “Carbon sequestration and greenhouse gas emissions in urban turf”. Disponible en: <https://escholarship.org/content/qt16h20797/qt16h20797.pdf>

## ANEXO 1: Parámetros para el cálculo del consumo de combustible y factores de emisión de GEI en PI del servicio de movilidad urbana

### Consumo de Combustible por características del vehículo y tipo de combustible

Categoría Vehicular	Combustible	Año de Fabricación	Tránsito Medio (~30 Km/h)		Tránsito Alto (~20 Km/h)	
			Consumo Combustible (g/Km-veh)	Consumo Específico (MJ/Km-veh)	Consumo Combustible (g/Km-veh)	Consumo Específico (MJ/Km-veh)
M1	Gasolina	2002 o anterior	77	3.35	96	4.18
		2003 o posterior	66	2.87	81	3.53
	Diésel	2002 o anterior	63	2.67	82	3.47
		2003 o posterior	55	2.33	64	2.71
	GLP	2002 o anterior	59	2.83	72	3.45
		2003 o posterior	57	2.73	76	3.64
GNV	Indistinto	63	3.38	74	3.97	
M2 y M3	Diésel	2002 o anterior	366	15.50	461	19.53
		2003 o posterior	301	12.75	371	15.71
	GNV	2002 o anterior	555	29.77	555	29.77
		2003 o posterior	455	24.40	455	24.40
	Gasolina	2002 o anterior	85	3.70	110	4.79
		2003 o posterior	70	3.05	88	3.83
N1, N2 y N3	Diésel	2002 o anterior	182	7.71	278	11.78
		2003 o posterior	155	6.57	228	9.66
	Gasolina	Indistinto	177	7.71	234	10.19

Fuente: Elaboración Propia a partir de MTC (2021); EMEP/EEA (2021), capítulo "1.A.3.b.i-iv Exhaust emissions from road transport" - Tabla 3-27; MTC (2020b), "Herramienta (toolkit) de cuantificación de GEI, CCVC y cálculo económico de externalidades". Los valores del tránsito alto corresponden a los promedios de consumo de combustible de las diferentes tecnologías de control de emisiones.

### Categoría Vehicular

M	Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.	M1	Sedan, Coupe, Hatchback, Station Wagon, Limosina, Suv, Multipropósito.
		M2	Microbus, minibus

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

		M3	Omnibus Urbano, Omnibus interurbano articulado
N	Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancía.	N1	Pick Up y Panel (N1, N2), remolcador, Plataforma, Baranda, Furgon, Camion Grúa (N2, N3), cisterna, Volquete, Grúa, etc.
		N2	
		N3	

Fuente: Directiva N° 002-2006-MTC/15 "Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrables Vehiculares", aprobada por Resolución Directoral N° 4848-2006-MTC/15.

**Parámetros de calidad del combustible en el Perú**

Tipo de combustible	Poder Calorífico Inferior (MJ/Kg)	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )
Gasolina	43.5528	742.0
DB5 S50 UV	42.3576	851.0
GLP	47.9548	556.0
GNV-C (*)	53.6320	0.743

Fuente: MINEM (2021) - Tabla N°1, MINAM (2016) (\*)

**Factores de Emisión por tipo de combustible**

Tipo de combustible	Factor de Emisión (Kg /TJ)		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Gasolina	69,300	33	3.2
DB5 S50 UV	74,100	3.9	3.9
GLP	63,100	62	0.2
GNV-C	56,126	92	3
PCG (*)	1	21	310

Fuente: MINAM (2022); MINAM (2021); MINAM (2016); MTC (2023); MTC (2021)

(\*) Potencial de calentamiento global (PCG)

**ANEXO 2: Estimaciones de captura de CO<sub>2</sub> por especie y años de vida de la plantación**

En la siguiente tabla se resumen las estimaciones de captura de CO<sub>2</sub> para distintas especies y años de vida, en España.

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

A partir de esta información se estimaron los promedios de captura, por años de vida de la plantación (20, 25, 30, 35 y 40 años), para el total de las especies. Con ello, se estimó el porcentaje de captura promedio de CO<sub>2</sub> a los 20, 25, 30 y 35 años, respecto del total de CO<sub>2</sub> capturado en el año 40 de la plantación.

Especie	Absorciones estimadas (t CO <sub>2</sub> /pie)				
	20 años	25 años	30 años	35 años	40 años
Abies alba	0,06	0,08	0,1	0,11	0,13
Abies pinsapo	0,22	0,27	0,33	0,38	0,44
Acacia spp.	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
Acer spp.	0,15	0,19	0,22	0,26	0,3
Ailanthus altissima	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
Alnus spp.	0,05	0,1	0,16	0,24	0,32
Amelanchier ovalis	0,04	0,11	0,21	0,35	0,4
Arbutus unedo	0,06	0,07	0,09	0,1	0,12
Betula spp.	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12
Carpinus betulus	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12
Castanea sativa	0,12	0,16	0,19	0,22	0,25
Ceratonia siliqua	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12
Cedrus atlantica	0,35	0,63	1,3	2,88	3,4
Celtis australis	0,29	0,72	1,01	1,44	1,9
Chamaecyparis lawsoniana	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cornus sanguinea	0,04	0,11	0,21	0,35	0,4
Corylus avellana	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16
Crataegus spp.	0,04	0,11	0,21	0,35	0,4
Cupressus arizonica	0,03	0,05	0,06	0,12	0,15
Cupressus macrocarpa	0,03	0,05	0,06	0,12	0,15
Cupressus sempervirens	0,03	0,05	0,06	0,12	0,15
Erica arborea	0,04	0,11	0,21	0,35	0,4
Eucalyptus camaldulensis	0,4	1	1,57	2,23	3,53
Eucalyptus globulus	0,57	1,39	2,04	3	4,87
Fagus sylvatica	0	0,02	0,03	0,07	0,23
Fraxinus spp.	0,09	0,11	0,18	0,29	0,33
Ilex aquifolium	0,03	0,04	0,05	0,08	0,1

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

Especie	Absorciones estimadas (t CO2/pie)				
	20 años	25 años	30 años	35 años	40 años
<i>Ilex canariensis</i>	0,04	0,04	0,05	0,12	0,14
<i>Juglans regia</i>	0,12	0,16	0,19	0,22	0,25
<i>Juniperus oxycedrus, J. communis</i>	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
<i>Juniperus phoenicea</i>	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04
<i>Juniperus thurifera</i>	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
<i>Larix spp.</i>	0,34	0,43	0,52	0,6	0,69
<i>Laurus azorica</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,4
<i>Laurus nobilis</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,4
<i>Malus sylvestris</i>	0,15	0,19	0,22	0,26	0,3
<i>Myrica faya 0</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,4
<i>Myrtus communis</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,4
<i>Olea europaea</i>	0,04	0,05	0,08	0,1	0,11
<i>Phillyrea latifolia</i>	0,03	0,03	0,09	0,17	0,2
<i>Phoenix spp.</i>	0,31	0,57	0,9	1,24	1,37
<i>Picea abies</i>	0,35	0,63	1,3	2,88	3,4
<i>Pinus canariensis</i>	0,03	0,07	0,14	0,16	0,18
<i>Pinus halepensis</i>	0,03	0,04	0,08	0,07	0,16
<i>Pinus nigra</i> Sistema Ibérico	0,03	0,04	0,05	0,11	0,13
<i>Pinus nigra</i> (Resto)	0,03	0,02	0,03	0,05	0,08
<i>Pinus pinaster ssp. atlantica</i> Zona Norte interior	0,23	0,41	0,58	0,74	0,91
<i>Pinus pinaster ssp. atlantica</i> Zona Norte costera	0,33	0,54	0,69	0,81	0,92
<i>Pinus pinaster ssp. mesogeensis</i> Sistema Central	0,12	0,15	0,18	0,26	0,36
<i>Pinus pinaster</i> (Resto)	0,02	0,03	0,03	0,08	0,09
<i>Pinus pinea</i>	0,06	0,1	0,17	0,2	0,29
<i>Pinus radiata</i>	0,46	0,79	1,17	1,56	1,78
<i>Pinus sylvestris</i> Sistema Central	0,02	0,05	0,06	0,15	0,17
<i>Pinus sylvestris</i> Sistema Ibérico	0,03	0,04	0,05	0,09	0,11
<i>Pinus sylvestris</i> Pirineos	0,04	0,05	0,07	0,11	0,17
<i>Pinus sylvestris</i> (Resto)	0,03	0,05	0,06	0,12	0,15
<i>Pinus uncinata</i>	0,04	0,05	0,09	0,11	0,12
<i>Pistacia terebinthus</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,4

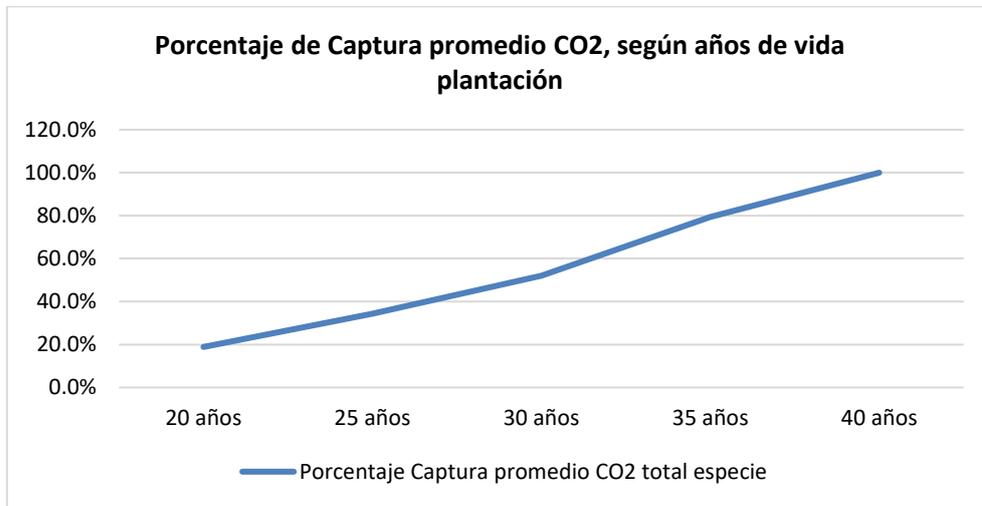
**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

Especie	Absorciones estimadas (t CO <sub>2</sub> /pie)				
	20 años	25 años	30 años	35 años	40 años
Platanus hispanica	0,21	0,46	0,67	0,92	1,26
Populus alba	0,21	0,46	0,67	0,92	1,26
Populus nigra	0,29	0,72	1,01	1,44	1,9
Populus x canadensis	0,34	0,81	1,18	1,55	2,02
Prunus spp.	0,15	0,19	0,22	0,26	0,3
Pseudotsuga menziesii	0,35	0,63	1,3	2,88	3,4
Pyrus spp.	0,15	0,19	0,22	0,26	0,3
Quercus canariensis	0,05	0,06	0,13	0,15	0,17
Quercus faginea	0,04	0,05	0,1	0,11	0,13
Quercus ilex	0,05	0,06	0,07	0,08	0,1
Quercus petraea	0,06	0,07	0,18	0,21	0,24
Quercus pubescens	0,07	0,12	0,15	0,23	0,26
Quercus pyrenaica	0,05	0,07	0,15	0,17	0,2
Quercus robur	0,07	0,16	0,19	0,22	0,34
Quercus rubra	0,07	0,18	0,22	0,35	0,4
Quercus suber	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15
Rhamnus alaternus	0,04	0,11	0,21	0,35	0,4
Robinia pseudacacia	0,06	0,16	0,19	0,34	0,39
Salix spp.	0,31	0,57	0,9	1,24	1,37
Sorbus spp.	0,17	0,21	0,25	0,29	0,33
Tamarix spp.	0,03	0,07	0,08	0,14	0,16
Taxus baccata	0,03	0,05	0,06	0,12	0,15
Tetraclinis articulata	0,03	0,07	0,08	0,14	0,16
Thuja spp.	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Tilia spp.	0,05	0,06	0,09	0,12	0,13
Ulmus spp.	0,18	0,23	0,27	0,5	0,58
<b>Promedio general</b>	<b>0,11</b>	<b>0,20</b>	<b>0,30</b>	<b>0,46</b>	<b>0,58</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>18,9%</b>	<b>34,3%</b>	<b>52,0%</b>	<b>79,3%</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica – España. Guía para la estimación de absorciones de dióxido de carbono, 2019.

**Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes**

Lo anterior, se grafica en la siguiente figura:





## MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS

 [www.gob.pe/mef](http://www.gob.pe/mef)  Jr. Junín 319, Lima 1 - Perú  (511) 311 5930

Síguenos en:

 @MEF\_Peru

 Ministerio de Economía y Finanzas - Oficial