

MEJORA DE LA CONTRIBUCIÓN DEL SECTOR FORESTAL A LA LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO

Metodología de proyectos de Gestión Forestal
Mejorada por conversión de zonas de
aprovechamiento forestal a zonas de conservación



El proyecto eco2for cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea NextGenerationEU



Esta metodología ha sido desarrollada por:



Fundación Centro Tecnológico y Forestal de la Madera (CETEMAS)

En colaboración con:



Preferred by Nature

Contenido

1. Antecedentes/Justificación/Introducción.....	1
2. Referencias	2
3. Descripción de la metodología.....	2
4. Definiciones y acrónimos	2
5. Alcance y condiciones de aplicabilidad	5
6. Establecimiento de límites del proyecto	6
6.1. Límites temporales.....	6
6.2. Límites geográficos.....	6
6.3. Fuentes y reservorios de GEI.....	6
7. Línea base y adicionalidad.....	8
8. Cuantificación de las emisiones, reducciones y absorciones de GEI	9
8.1. Ecuación general: absorciones netas totales de GEI en un periodo de tiempo	9
8.1.1. Absorciones netas de GEI en el escenario de proyecto	10
8.1.2. Absorciones netas de GEI en la línea base	16
8.1.3. Fugas.....	23
8.2. Resumen de las absorciones netas anuales de GEI	24
8.3. Incertidumbre	24
9. Monitoreo.....	25
9.1. Plan de monitoreo y su implementación	25
9.1.1. Datos y parámetros monitoreados	26
9.1.2. Datos y parámetros no monitoreados	27
10. Medidas para el monitoreo de la biodiversidad.....	29
11. Contribución de absorciones a la bolsa de garantía	30

INFORMACIÓN DEL DOCUMENTO

PROYECTO BF138- CONVOCATORIA BIOECONOMÍA FORESTAL 2023	
Título del proyecto	Mejora de la contribución del sector forestal a la lucha contra el cambio climático
Acrónimo del proyecto	eco2for
Título acción	A1. Elaboración de nuevas metodologías de gestión forestal mejorada
Título subacción	A.1.1. Diseño y elaboración de metodología de proyectos de GFM por conversión de zonas de aprovechamiento forestal a zonas de conservación
Duración	M5-M16
Código resultado	R 1.3
Nombre del entregable	Metodología de proyectos de GFM por conversión de zonas de aprovechamiento forestal a zonas de conservación
Entidad coordinadora de la acción	CETEMAS
Entidad coordinadora de la subacción	CETEMAS

Metodología de Gestión Forestal Mejorada por conversión de zonas de aprovechamiento forestal a zonas de conservación

1. Antecedentes/Justificación/Introducción

Este documento contiene una metodología para proyectos de Gestión Forestal Mejorada (GFM) para actividades de proyecto que conlleven una conversión de masas forestales aprovechadas a zonas de conservación.

La metodología ha sido desarrollada en el seno del proyecto MEJORA DE LA CONTRIBUCIÓN DEL SECTOR FORESTAL A LA LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO (eco2for). El proyecto eco2for está coordinado por el Foro Bosques y Cambio Climático y se enmarca en la convocatoria de subvenciones para el apoyo a proyectos transformadores para la promoción de la bioeconomía ligada al ámbito forestal y la contribución a la transición ecológica en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, financiado por la Unión Europea (Next Generation EU para el ejercicio 2023).

El objetivo de la acción A1 del proyecto eco2for es el desarrollo de nuevas metodologías de cálculo para incorporar la GFM como una nueva tipología de proyectos forestales de absorción de CO₂. Esta acción está coordinada por la Fundación Centro Tecnológico y Forestal de la Madera (CETEMAS), y como entidades participantes cuenta con El Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) y la Fundación Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su Industria de Castilla y León (CESEFOR). Además, para el desarrollo de la acción A1 se ha contado con la colaboración de Preferred by Nature (NEPCon Spain S.L.).

Esta metodología es el resultado R1.3 de la Subacción A.1.3. Diseño y elaboración de metodología de proyectos de GFM por conversión de zonas de aprovechamiento forestal a zonas de conservación, enmarcada en la acción A1 del proyecto eco2for. Está elaborada para ser aplicada junto con las herramientas de cálculo de gestión forestal mejorada desarrolladas en el marco del proyecto (Acción 2, Subacción A.2.1).

Esta metodología puede ser aplicable para proyectos de gestión forestal mejorada desarrollados en el marco del Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

2. Referencias

Esta metodología ha sido elaborada tomando como referencia los siguientes documentos y metodologías:

- Información sobre la sección de proyectos de absorción de dióxido de carbono (Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono) v11, marzo 2024. Oficina Española de Cambio Climático.
- Guía para la estimación de absorciones de dióxido de carbono, v5, marzo 2024. Oficina Española de Cambio Climático.
- Calculadora de proyectos de absorción de dióxido de carbono, v6, Oficina Española de Cambio Climático.
- Methodology for Improved Forest Management: Conversion from Logged to Protected Forest (VM0010), v1.3. 2016. Verified Carbon Standard, Verra.
- Methodology for Improved Forest Management in Temperate and Boreal Forests (VM0012), v1.2. 2013. Verified Carbon Standard, Verra.
- Méthode conversion de taillis en futaie sur souches, v2. Julio 2020. Label Bas Carbone.
- A/R Small-Scale Methodology: Afforestation and reforestation Project activities implemented on lands other than wetlands (AR-AMS0007), v 03.1. CDM. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Indice de Biodiversité Potentielle (IBP), 2022. Manuel et guide d'utilisation. Centre National de la Propriété Forestière (CNPF).
- Aplicación VALDIFOR para la valoración de la biodiversidad de proyectos de absorción forestal. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA-CSIC).

3. Descripción de la metodología

Esta metodología cuantifica las reducciones de emisiones y las absorciones de GEI generadas por prácticas de gestión forestal mejorada por la conversión de masas forestales gestionadas para el aprovechamiento a zonas forestales gestionadas con un objetivo de conservación. El establecimiento de áreas forestales con un objetivo de conservación contribuye al incremento de las existencias a largo plazo de biomasa y de carbono. La puesta en valor de los servicios de los ecosistemas, en concreto de la mitigación del cambio climático, pueden justificar el cambio de los objetivos de gestión forestal, de la producción (madera vs biomasa) a conservación, en determinados sistemas con características específicas de productividad.

4. Definiciones y acrónimos

Actividad del proyecto: Conjunto de tecnologías, medidas y/o resultados, especificados en la metodología aplicada al proyecto, que cambian las condiciones identificadas en la línea base y que producen reducciones de emisiones de GEI o absorciones de CO₂.

Absorciones netas anuales de carbono: Absorciones de carbono producidas en los reservorios descontando las posibles emisiones por las fuentes.

Adicionalidad: Criterio de elegibilidad mediante el cual se debe demostrar que el desarrollo del proyecto debe producirse, más allá de los requisitos legales, debido al efecto incentivador de la mitigación del cambio climático.

Aprovechamiento de madera: Conjunto de operaciones que consisten en la extracción y transporte de los productos forestales maderables de las masas forestales para ponerlos a disposición de la industria forestal. Los aprovechamientos engloban distintos tratamientos en las masas forestales como claras o cortas.

Árbol: Planta leñosa con un diámetro a la altura del pecho (1,3 m sobre el nivel del suelo) superior a 5 cm. Las especies arbustivas no se consideran bajo esta definición de árbol para esta metodología.

Área del proyecto: Área geográfica en la que se implementan las actividades del proyecto.

Bosque: Superficie mínima de tierras igual o superior a 1 ha con una cubierta mínima de copas (o una densidad de población equivalente) superior al 20% y con árboles que pueden alcanzar una altura mínima 3 m a su madurez in situ.

Cálculo ex ante: cálculos a futuro en base a estimaciones del crecimiento de las especies para el periodo de permanencia del proyecto. El resultado de la estimación permite conocer con antelación y de manera aproximada las absorciones que se espera que genere el proyecto.

Cálculo ex post: cálculos en base a datos reales de la masa forestal en un momento concreto. El resultado de la estimación dará información sobre las absorciones que realmente han tenido lugar en el proyecto en el momento del cálculo.

Carbono orgánico del suelo (COS): Carbono que permanece en el suelo después de la descomposición parcial de cualquier material producido por organismos vivos siendo el componente principal de la materia orgánica del suelo.

Corta a hecho: Corta de regeneración que consiste en la extracción total (>90%) y simultánea de todos los árboles que forman el rodal forestal.

De minimis: Emisiones de carbono consideradas insignificantes o irrelevantes para los cálculos totales de GEI. A menos que se especifique lo contrario, de minimis se refiere a las actividades que resultan en un cambio del <5% en la reducción total de las emisiones de GEI del proyecto.

Degradación forestal: Reducción persistente de la cubierta vegetal y/o de las reservas de carbono en un bosque debido a actividades humanas (ej. pastoreo o extracción madera), pero no da lugar a la conversión de bosques en tierras no forestales.

Especie invasora: Especie no nativa de un ecosistema que, al introducirse o expandirse por la actividad humana, ya sea accidental o intencionadamente, causa daños al medio ambiente, la economía o la salud humana.

Especie nativa o autóctona: Especie que pertenece de forma natural a una región o ecosistema específico y no ha sido introducida por intervención humana.

Especie naturalizada: Especie exótica o no nativa que ha sido introducida en un ecosistema diferente al suyo original y ha logrado adaptarse, reproducirse y establecer poblaciones estables en el nuevo entorno, sin necesitar intervención humana. Estas especies no siempre causan un impacto negativo en el ecosistema receptor.

Fecha de inicio: Fecha a partir de la cual el proyecto comienza su implementación y se empiezan a generar créditos de carbono.

Fugas: Aumento de las emisiones de GEIs por fuentes o disminución de las reservas de carbono, que se produce fuera de los límites de la actividad del proyecto, como resultado de su ejecución.

GEI: Gases de Efecto Invernadero.

Gestión Forestal Mejorada (GFM): Prácticas de gestión forestal que mantienen o aumentan las reservas de carbono de los bosques.

Hojarasca: Capa superior de un suelo forestal de restos orgánicos, compuesta básicamente de materias vegetales recién caídas o ligeramente descompuestas, principalmente hojas, pero también fragmentos de corteza, ramitas, flores, etc.

Incertidumbre: Parámetro asociado al resultado de una medida que caracteriza la dispersión de los valores que podrían atribuirse razonablemente a la cantidad medida.

Incremento Anual de Volumen con Corteza (IAVC): variable forestal que expresa el crecimiento del volumen de madera del árbol, incluyendo la corteza del fuste, referido a un periodo de un año.

Inventario: Recolección sistemática de datos sobre las existencias del área del proyecto de carbono que cumpla con la normativa nacional o autonómica vigente.

Línea base: Escenario de referencia de un proyecto que representa la situación real que se produciría si no se realizase el proyecto propuesto.

Madera muerta: Fracción de madera existente en un bosque proveniente de árboles enteros o partes de ellos que están muertos y pueden estar tanto en pie como tumbados en el suelo.

Monocultivo forestal: Plantación, realizada por el ser humano, de una única especie.

Periodo de permanencia: Periodo de tiempo, expresado en años, durante el cual el promotor del proyecto se compromete a cumplir con el proyecto establecido y a garantizar su perduración.

Posibilidad del monte: Cantidad máxima de recursos forestales (productos de madera u otros) que se pueden extraer de un monte de manera sostenible, sin afectar su capacidad de regeneración ni su equilibrio ecológico a largo plazo.

Productos de madera: Derivados obtenidos a partir de la madera que los montes aportan tras su aprovechamiento.

Reservorio de carbono: Depósito o almacén de carbono que puede funcionar como fuente o como sumidero. Un reservorio puede ser un sumidero de carbono atmosférico

si, durante un intervalo de tiempo determinado, es mayor la cantidad de carbono que entra en él que la que sale de él.

Restos de corta: Residuos de biomasa muerta que quedan en el suelo del bosque después de la extracción de la madera.

Turno de corta: Número planificado de años entre la repoblación o regeneración de una masa forestal y su corta final.

5. Alcance y condiciones de aplicabilidad

Esta metodología se aplica a prácticas de GFM que impliquen un cambio en el objetivo de la gestión forestal, pasando de una masa en la que hay aprovechamiento de madera a una masa con un objetivo de conservación/reserva/protección, en la que no se realizan aprovechamientos de madera o esto son poco significativos.

Es aplicable bajo las siguientes condiciones:

1. El área de proyecto se califica como bosque.
2. Existe aprovechamiento de madera en la línea base.
3. Existe un instrumento de gestión aprobado por la administración competente que incluye un plan de aprovechamiento de madera de la masa forestal. Ese plan debe incluir aprovechamientos planificados a ejecutar dentro del periodo de permanencia del proyecto de carbono.
4. Existe un inventario forestal actualizado (máximo 10 años previo al inicio del proyecto).
5. La masa forestal del área de proyecto está formada por especies nativas o naturalizadas, sin incluir en ningún caso especies recogidas en el Catálogo Español de Especies Invasoras.
6. La fecha de inicio del proyecto debe coincidir con el momento en el que está planificado un aprovechamiento de madera en el plan de gestión en la línea base.
7. La GFM en el escenario de proyecto requiere de un instrumento de gestión actualizado que:
 - a. Implica el cambio de objetivo de la masa forestal a conservación/protección aplicando una gestión activa.
 - b. La gestión de la masa en el escenario de proyecto no produce degradación de las masas forestales ni el abandono del sistema forestal.
 - c. Se permiten aquellas cortas necesarias para el mantenimiento del estado sanitario de la masa y que imitan la dinámica de la evolución natural (eliminación de madera muerta, cortas de policía)
 - d. Las cortas en el escenario de proyecto en ningún caso serán cortas comerciales.
8. Las actividades de proyecto mantienen o mejoran la biodiversidad en el área de proyecto.
9. Referente a fuentes, reservorios y fugas
 - a. Se espera que la madera muerta (MM) crezca más o se reduzca menos en la línea base que debido a la actividad de proyecto.

- b. Se espera que el carbono almacenado en los productos de la madera (PM) en la línea base sea mayor que en el escenario de proyecto.
- c. No se realiza quema de biomasa como parte de la gestión.
- d. Se debe demostrar que no va a haber desplazamiento de actividad en el escenario de proyecto, es decir, demostrar que no va a haber un aprovechamiento de madera en otras fincas bajo el control de la gestión del promotor del proyecto que sustituya las cortas planificadas que no se van a ejecutar debido a la implementación del proyecto.
- e. Esta metodología no considera la reducción de emisiones de GEI por consumo de combustibles fósiles.

6. Establecimiento de límites del proyecto

6.1. Límites temporales

Se debe definir un periodo de permanencia en el escenario de proyecto que debe ser como mínimo de 30 años.

6.2. Límites geográficos

El proyecto debe estar localizado en territorio nacional (España).

- Los límites del proyecto se deben definir utilizando cartografía en formato de Sistema de Información Geográfica (SIG) y descripción legal del terreno en el que se localiza.
- El área del proyecto puede ser una superficie continua o puede estar formada por áreas separadas.
- Cada parcela que forme parte del proyecto debe tener una única identificación geográfica (referencia catastral) y se debe definir utilizando cartografía en formato SIG.
- El promotor del proyecto debe demostrar la titularidad de la tierra, el derecho sobre las absorciones de carbono y la gestión forestal de cada área que forme parte del proyecto.

6.3. Fuentes y reservorios de GEI

Los reservorios de carbono incluidos o excluidos dentro de los límites del proyecto se recogen en la siguiente tabla (Tabla 1):

Tabla 1 Selección de reservorios de carbono

Reservorio	Selección	Justificación
Biomasa aérea (BA)	Sí	Se espera que la BA incremente debido a la actividad de proyecto.
Biomasa subterránea (BS)	Sí	Se espera que la BS incremente debido a la actividad de proyecto.
Madera muerta (MM)	Sí (línea base) No (escenario de proyecto)	Se espera que la MM crezca más o se reduzca menos en la línea base que debido a la actividad de proyecto. Esta metodología proporciona una metodología para

		cuantificar el carbono almacenado en la MM. Bajo un enfoque conservador se requiere contabilizar en la línea base y no se considera en el escenario de proyecto.
Hojarasca (H)	No	Los cambios en las existencias de carbono en hojarasca debidas a la actividad de proyecto se consideran insignificantes y no se contabilizan. Por otro lado, la no consideración de este reservorio sigue un enfoque conservador al esperarse que aumente más o decrezca menos en la línea base.
Carbono orgánico en suelo (COS)	No	Los cambios en las existencias de carbono en suelo debidas a la actividad de proyecto se consideran insignificantes y no se contabilizan. Por otro lado, la no consideración de este reservorio sigue un enfoque conservador al esperarse que aumente más o decrezca menos en la línea base.
Productos de madera (PM)	Sí (línea base) No (escenario de proyecto)	Se espera que el carbono almacenado en los PM en la línea base sea mayor que en el escenario de proyecto. Bajo un enfoque conservador se requiere contabilizar en la línea base y no se considera en el escenario de proyecto.

Las fuentes de emisión incluidas o excluidas de los límites del proyecto, tanto en la línea base como en el escenario de proyecto, se muestran en la siguiente tabla (Tabla 2).

Tabla 2 Selección de Fuentes de emisión

Fuentes	Gas	Selección	Justificación
Quema de biomasa	CO ₂	No	En el escenario de proyecto no se permite la quema de biomasa. En la línea base se consideran insignificantes. No obstante, se trata de un enfoque conservador al ser las emisiones mayores en la línea base.
	CH ₄	No	Ídem CO ₂ .
	N ₂ O	No	Ídem CO ₂ .
Uso de fertilizantes	CO ₂	No	Las potenciales emisiones por uso de fertilizantes en la línea base se consideran insignificantes.
	CH ₄	No	Las potenciales emisiones se consideran insignificantes.

	N ₂ O	No	Las potenciales emisiones se consideran insignificantes.
Quema de combustibles fósiles	CO ₂	No	Desde un enfoque conservador esta fuente de emisión no se considera, puesto que en la línea base las emisiones por quema de combustibles fósiles debidas al uso de maquinaria forestal y transporte son mayores que en el escenario de proyecto.
	CH ₄	No	Las potenciales emisiones se consideran insignificantes
	N ₂ O	No	Las potenciales emisiones se consideran insignificantes

7. Línea base y adicionalidad

Para demostrar la línea base y la adicionalidad del proyecto, se deben seguir los siguientes pasos:

Paso 1. Identificar la línea base del proyecto

La línea base del proyecto es fundamental para garantizar la adicionalidad de las absorciones de CO₂ generadas a través de la gestión forestal. Se debe demostrar que: el proyecto sirve para incrementar las absorciones de CO₂ debido a la actividad humana, contribuyendo a la mitigación del cambio climático; y que la línea base del proyecto no es el escenario de proyecto.

Se debe identificar el escenario de línea base de gestión forestal que se realiza alternativo a la actividad propuesta por el proyecto.

Se deben definir las prácticas de aprovechamiento forestal que se mantendrían en el área del proyecto sin la actividad del proyecto de carbono. La descripción de estas prácticas debe considerar, al menos, los siguientes elementos de la gestión forestal:

- Datos identificativos del monte,
- Especies principales objetivo del aprovechamiento,
- Posibilidad del monte,
- Turnos de corta o rotación,
- Modelo selvícola,
- Plan de aprovechamiento, incluyendo su planificación en el espacio y en el tiempo:
 - Año/s previsto de aprovechamiento de la madera
 - Rodal, parcela
 - Volumen de corta previsto

La definición de las prácticas de aprovechamiento forestal se debe justificar mediante la presentación del plan de gestión forestal aprobado o en proceso de tramitación por la autoridad competente.

Si no es posible identificar la línea base, no se puede aplicar esta metodología.

Paso 2. Demostrar la adicionalidad del proyecto

El proyecto será adicional si sus absorciones netas de CO₂ son mayores que las que se producirían sin intervención del proyecto, gracias a la intervención humana. Para demostrar de manera simplificada la adicionalidad del proyecto se deben cumplir los siguientes requisitos:

- a) **El proyecto va más allá de las obligaciones legales y las prácticas actuales.**
- b) **El proyecto no cuenta con financiación pública, no vinculada al carbono, para el desarrollo de su actividad al 100%.** El promotor del proyecto debe hacer un inventario de las subvenciones públicas a las que puede optar para su proyecto y demostrar que son insuficientes porque:
 - No se ofrece ninguna subvención vinculada a la actividad del proyecto, ya sea a nivel regional o nacional.
 - No cumple los criterios de elegibilidad de las ayudas públicas existentes.
 - La ayuda ofrecida es insuficiente en relación con la inversión estimada en el proyecto.
- c) **La actividad del proyecto no se habría llevado a cabo de todos modos debido al menos a una de las siguientes barreras:**
 - **Barrera financiera:** el proyecto debe demostrar que no cuenta con financiación suficiente para la implementación del proyecto de carbono.
 - **Barrera relacionada con la tradición común:** el proyecto debe demostrar que **va más allá de los conocimientos tradicionales** o la falta de ellos, de las leyes y costumbres, las condiciones del mercado y las prácticas comunes.

8. Cuantificación de las emisiones, reducciones y absorciones de GEI ¹

8.1. Ecuación general: absorciones netas totales de GEI en un periodo de tiempo

Las absorciones netas totales de GEI en un periodo de tiempo, se calculan como la suma de las variaciones de absorciones netas anuales en ese periodo de tiempo (entre t₁ y t₂).

$$C_{ABS} = \sum_{t_1}^{t_2} \Delta C_{ABS,t}$$

Ecuación 1

Donde:

Tabla 3 Parámetros de la Ecuación 1

Símbolo	Descripción	Unidades
C_{ABS}	Absorciones netas totales de GEI, en el periodo de tiempo t ₂ -t ₁ Contribución total neta del proyecto a la mitigación del cambio climático.	t CO ₂ e

¹ Para la cuantificación de las emisiones, reducciones y absorciones de GEI ex ante se ha desarrollado una herramienta de cálculo para ciertas especies en el marco del Proyecto eco2for.

$\sum_{t1}^{t2} \Delta C_{ABS,t}$	Suma de las variaciones de absorciones netas anuales de GEI, en el periodo de tiempo t_2-t_1	t CO ₂ e
-----------------------------------	--	---------------------

Para calcular la variación de las absorciones netas anuales generadas en un proyecto se deben calcular las generadas en el escenario de **proyecto**, y descontar las de la **línea base** y las potenciales **fugas** (emisiones debidas a la actividad del proyecto que ocurren fuera de los límites de este). La ecuación para estimar esta diferencia, en un año t concreto, es la siguiente:

$$\Delta C_{ABS,t} = \Delta C_{EP,t} - \Delta C_{LB,t} - GEI_{F,t} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

Tabla 4 Parámetros de la Ecuación 2

Símbolo	Descripción	Unidades
$\Delta C_{ABS,t}$	Variación de absorciones netas anuales de GEI, en el año t	t CO ₂ e/año
$\Delta C_{EP,t}$	Variación de absorciones netas anuales de GEI en el escenario de proyecto, en el año t	t CO ₂ e/año
$\Delta C_{LB,t}$	Variación de absorciones netas anuales de GEI en la línea base, en el año t	t CO ₂ e/año
$GEI_{F,t}$	Fugas o incremento de emisiones de GEI, fuera de los límites del proyecto, asociadas al desplazamiento de las actividades anteriores al proyecto, en el año t	t CO ₂ e/año

De forma general, las ecuaciones de cálculo de absorciones a lo largo de esta metodología, que se exponen en los apartados posteriores, están establecidas considerando una sola especie. Si en la masa forestal se tiene más de una especie, se deben calcular las absorciones para todos los reservorios considerados (biomasa arbórea aérea y subterránea, madera muerta, productos de la madera) por especie.

8.1.1. Absorciones netas de GEI en el escenario de proyecto

La variación de las absorciones netas de GEI en el escenario de proyecto en un año concreto es la suma de las variaciones en las existencias de carbono en los reservorios de carbono en el año t , menos las emisiones de GEI por las fuentes en ese mismo año. Se deben estimar los cambios en las existencias anuales en cada uno de los reservorios de carbono considerados: árboles, madera muerta, hojarasca, carbono en suelo (carbono orgánico) y productos de la madera. Para este cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta C_{EP,t} = \Delta C_{ARBOL,t} + \Delta C_{MM,t} + \Delta C_{PM,t} + \Delta C_{H,t} + \Delta C_{COS,t} - GEI_{EP,t} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

Tabla 5 Parámetros de la Ecuación 3

Símbolo	Descripción	Unidades
$\Delta C_{EP,t}$	Variación de absorciones netas anuales de GEI en el escenario de proyecto, en el año t	t CO ₂ e/año
$\Delta C_{ARBOL,t}$	Variación en las existencias de carbono en la biomasa arbórea en el escenario de proyecto, en el año t	t CO ₂ e/año
$\Delta C_{MM,t}$	Variación en las existencias de carbono en la madera muerta en el escenario de proyecto, en el año t	t CO ₂ e/año
$\Delta C_{PM,t}$	Variación en las existencias de carbono en los productos de la madera en el escenario de proyecto, en el año t	t CO ₂ e/año
$\Delta C_H,t$	Variación en las existencias de carbono en la hojarasca en el escenario de proyecto, en el año t	t CO ₂ e/año
$\Delta C_{COS,t}$	Variación en las existencias de carbono en el suelo (carbono orgánico) en el escenario de proyecto, en el año t	t CO ₂ e/año
$GEI_{EP,t}$	Emisiones de GEI resultado de las actividades de gestión forestal en el área de proyecto en el escenario de proyecto, en el año t . De acuerdo con las fuentes de emisión de esta metodología, su valor es 0	t CO ₂ e/año

De acuerdo con las Fuentes y reservorios de GEI de esta metodología:

- El incremento en las reservas de carbono en la **hojarasca** y en el **suelo**, no se contabilizan, debido a que se consideran poco significativas en relación con el resto de los reservorios y fuentes (Tabla 1).
- El incremento en las reservas de carbono en la **madera muerta** y en los **productos de la madera**, bajo un enfoque conservador no se consideran en el escenario de proyecto, debido a que se considera que la madera muerta se va a reducir con respecto a la línea base, y los productos de madera serán insignificantes o nulos en el escenario de proyecto, pues no habrá aprovechamientos forestales en la masa (Tabla 1).
- Las **emisiones** de GEI debidas a la gestión forestal no se contabilizan, pues en el escenario de proyecto no habrá aprovechamiento de madera, siendo las emisiones derivadas de posibles cortas de mejora (policía, entresacas y otras), insignificantes en comparación con las de la línea base.

Considerando estos condicionantes metodológicos la ecuación para el cálculo de la variación de absorciones netas anuales de GEI en el escenario de proyecto queda simplificada de la siguiente manera:

$$\Delta C_{EP,t} = \Delta C_{ARBOL,t} \quad \text{Ecuación 4}$$

De forma general, para calcular la variación o cambio de las existencias anuales en un reservorio cualquiera se deben conocer las existencias en un momento determinado (t) y en el año anterior ($t-1$). Mediante el cálculo de la diferencia entre ambos valores se obtiene la variación (incremento o disminución) de existencias:

$$\Delta C_{RESERVORIO,t} = C_{RESERVORIO,t} - C_{RESERVORIO,t-1} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

Tabla 6 Parámetros de la Ecuación 5

Símbolo	Descripción	Unidades
$\Delta C_{RESERVORIO,t}$	Variación en las existencias de carbono en el reservorio, en el año t	t CO ₂ e/año
$C_{RESERVORIO,t}$	Existencias o reservas de carbono en un reservorio, al final del año t	t CO ₂ e
$C_{RESERVORIO,t-1}$	Existencias o reservas de carbono en un reservorio, al final del año $t-1$	t CO ₂ e

8.1.1.1. Variación en las existencias de carbono en la biomasa arbórea

El cálculo del cambio en las reservas de carbono en la biomasa arbórea en un año concreto en el escenario de proyecto se obtiene mediante la aplicación de la ecuación anterior como:

$$\Delta C_{ARBOL,t} = C_{ARBOL,t} - C_{ARBOL,t-1} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

Tabla 7 Parámetros de la Ecuación 6

Símbolo	Descripción	Unidades
$\Delta C_{ARBOL,t}$	Variación en las existencias de carbono en la biomasa arbórea, en el año t	t CO ₂ e/año
$C_{ARBOL,t}$	Existencias o reservas de carbono en la biomasa arbórea, al final del año t	t CO ₂ e
$C_{ARBOL,t-1}$	Existencias o reservas de carbono en la biomasa arbórea, al final del año $t-1$	t CO ₂ e

La conversión de materia seca (m.s.) a dióxido de carbono equivalente (CO₂e) de la biomasa aérea se realiza utilizando factores de conversión mediante la siguiente ecuación:

$$C_{ARBOL,t} = B_{ARBOL,t} \times FC_{ARBOL} \times \frac{44}{12} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

Tabla 8 Parámetros de la Ecuación 7

Símbolo	Descripción	Unidades
$C_{ARBOL,t}$	Existencias o reservas de carbono en la biomasa arbórea, al final del año t	t CO ₂ e
$B_{ARBOL,t}$	Existencias de biomasa arbórea, en el año t	t m.s.
FC_{ARBOL}	Fracción de carbono en la biomasa arbórea	t C / t m.s.
$\frac{44}{12}$	Proporción molecular, para pasar de carbono a dióxido de carbono. Relación entre sus masas moleculares.	t CO ₂ e / t C

Las existencias de biomasa arbórea se obtienen como la suma de existencias de biomasa aérea (tronco, ramas y copa) y en la biomasa subterránea (raíces), de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$B_{ARBOL,t} = BA_t + BS_t \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

Tabla 9 Parámetros de la Ecuación 8

Símbolo	Descripción	Unidades
$B_{ARBOL,t}$	Existencias de biomasa arbórea, en el año t	t m.s.
BA_t	Existencias de biomasa aérea, en el año t	t m.s.
BS_t	Existencias de biomasa subterránea, en el año t	t m.s.

Biomasa aérea

Las existencias de biomasa aérea se calculan por estratificación de la superficie de proyecto en superficies homogéneas de masa. El cálculo se realiza mediante las siguientes ecuaciones:

$$BA_t = \sum_i BA_{i,t} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$BA_{i,t} = a_i \times ba_{i,t} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

Tabla 10 Parámetros de la Ecuación 9 y la Ecuación 10

Símbolo	Descripción	Unidades
BA_t	Existencias de la biomasa aérea en el escenario de proyecto, en el año t	t m.s.
$BA_{i,t}$	Existencias de la biomasa aérea en el escenario de proyecto en el estrato i , en el año t	t m.s.
a_i	Área del estrato i	ha
$ba_{i,t}$	Existencias medias de la biomasa aérea en el escenario de proyecto, en el estrato i , en el año t	t m.s. / ha

El cálculo de las existencias de la biomasa aérea en un momento determinado (BA_t), es un aspecto clave en la presente metodología, al tratarse del reservorio más relevante en la contribución a la mitigación del cambio climático en este tipo de proyectos.

El cálculo o estimación de la biomasa aérea se realiza de forma diferente ex ante y ex post. No obstante, en ambos casos se parte de la misma situación, el momento de inicio del proyecto, donde el área de proyecto cuenta con unas existencias determinadas. Dichas existencias iniciales ($BA_{t=0}$) deben proceder del último **inventario forestal** del área de proyecto, que no debe tener una antigüedad mayor de 10 años. Cuando no se dispongan de datos de inventario del año de inicio, se deberá actualizar el inventario disponible (realizado no más de 10 años atrás) utilizando los crecimientos de la

biomasa hasta el momento actual (por ejemplo, utilizando el Incremento Anual de Volumen con Corteza, IAVC).

Las existencias de biomasa en cualquier otro momento en el tiempo (BA_t) se debe obtener de la siguiente manera:

- **Ex ante:** mediante **modelos de crecimiento** específicos para la especie y calidad de estación. Las existencias de biomasa se deben predecir para toda la vida útil del proyecto. La proyección o modelización de existencias de biomasa se puede obtener de diversas fuentes: modelos de volumen con corteza (con conversión a biomasa mediante factores de expansión existentes en la bibliografía), mediante modelos de biomasa aérea, o mediante otros modelos o proyecciones. Los requisitos para el uso de modelos son los siguientes:
 - Los modelos se utilizan en el inventario forestal nacional o en el inventario nacional de GEI.
 - Los modelos se han sido usados en el sector forestal al menos en los 10 últimos años.
 - Los modelos se han obtenido a partir de un muestreo de más de 30 muestras y la bondad de ajuste de los mismos es mayor al 85%
 - Los modelos se han obtenido de fuentes científicas verificables.
- **Ex post:** mediante la realización de **inventarios de existencias**. Los inventarios se realizarán mediante muestreo o mediante el uso de técnicas de teledetección, siguiendo lo recogido en la herramienta de monitoreo desarrollada en el Proyecto eco2for (ver apartado 9 de este documento) o en su defecto en la herramienta del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL de la CMNUCC²³), AR-TOOL 14: Estimación de las existencias y cambios de existencias en árboles y matorrales en proyectos MDL de forestación/reforestación (*Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities*) y en particular:
 - **Apartado 8** Estimación de las existencias de carbono en los árboles en un momento en el tiempo: para la obtención de $BA_t = B_{TREE}$ de la ecuación 13 de la herramienta.
 - **Apéndice 1** Métodos de medición biomasa en parcelas: para la obtención de $ba_{i,t}$.

Para la selección de ecuaciones de biomasa o volumen, se deben seguir las siguientes herramientas del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL):

- Demostración de la idoneidad de las ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa aérea en de los árboles en actividades de proyectos MDL de forestación/reforestación (*Demonstrating appropriateness of allometric equations for estimation of aboveground tree biomass in A/R CDM project activities*).

³ La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

- Demostración de la idoneidad de las ecuaciones de volumen para la estimación de la biomasa aérea en de los árboles en actividades de proyectos MDL de forestación/reforestación (*Demonstrating appropriateness of volume equations for estimation of aboveground tree biomass in A/R CDM project activities*).

Queda exenta la demostración de la idoneidad de las ecuaciones en el caso que se emplee para las estimaciones la herramienta de cálculo desarrollada en el Proyecto eco2for.

Biomasa subterránea

La biomasa almacenada en las raíces (biomasa subterránea) en el escenario de proyecto en el año t se obtiene a partir de la biomasa aérea, como un porcentaje que depende de la especie, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$BS_t = BA_t \times R \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

Tabla 11 Parámetros de la Ecuación 11

Símbolo	Descripción	Unidades
BA_t	Existencias de biomasa aérea, en el año t	t m.s.
BS_t	Existencias de biomasa subterránea, en el año t	t m.s.
R	Relación parte aérea-parte subterránea	-

8.1.1.2. Resumen de las absorciones netas de GEI en el escenario de proyecto

Como se indica al inicio del apartado, las absorciones netas en el escenario de proyecto, considerando las condiciones de aplicabilidad de la presente metodología se calcula según la Ecuación 4.

$$\Delta C_{EP,t} = \Delta C_{ARBOL,t}$$

En el caso de las estimaciones **ex ante**, al obtenerse datos mediante modelización o proyección, se parte de datos de existencias anuales obteniéndose variaciones de existencias anuales por reservorio. En el caso de los cálculos **ex post**, los datos se obtienen de mediciones de existencias en momentos determinados con una frecuencia de monitoreo de 5 años desde el inicio del proyecto (años 5, 10, 15, 20, 25 y 30 de proyecto). Y por lo tanto las variaciones anuales se obtienen mediante el cálculo de medias de variaciones en el periodo entre mediciones: existencias en t_2 menos existencias en t_1 dividido entre el número de años entre t_2 y t_1 .

Como ya se ha mencionado, bajo un enfoque conservador no se incluyen las potenciales absorciones procedentes de la Madera Muerta y de los Productos de la Madera.

8.1.2. Absorciones netas de GEI en la línea base

Las variaciones de las absorciones netas en la línea base se obtienen mediante la suma de las variaciones absorciones netas en cada reservorio, descontando las emisiones totales en la línea base.

Los cálculos de estas absorciones netas se realizan de la misma manera que los cálculos ex ante para el escenario de proyecto. Es decir, para la biomasa aérea, mediante **modelos de crecimiento** específicos para la especie y calidad de estación y considerando los modelos de gestión planificados (y en particular los aprovechamientos programados). Las existencias de biomasa se deben predecir para toda la vida útil del proyecto (periodo de permanencia). Las existencias iniciales ($BA_{t=0}$) serán exactamente las mismas para el escenario de proyecto y para la línea base.

La principal diferencia en la línea base es que se aplica un modelo de gestión que incluye aprovechamientos forestales, es decir, extracciones de biomasa, y por tanto, de carbono. A modo de ejemplo, en un periodo de tiempo entre $t=0$ y $t=n$, en el que se haya realizado un aprovechamiento de madera, habrá habido una reducción o pérdidas de BA por la corta y unos incrementos de BA por el crecimiento de la regeneración teniendo como balance $BA_{t=n}-BA_{t=0}$ negativo. Para el resto de los reservorios se considerarán las ecuaciones propuestas más adelante, en los apartados correspondientes.

Tal y como se determina en el apartado de *Fuentes y reservorios de GEI* de esta metodología, tanto el carbono almacenado en la madera muerta como el carbono almacenado en los productos de madera se deben incluir en el cálculo bajo un enfoque conservador.

$$\Delta C_{LB,t} = \Delta C_{ARBOL,t} + \Delta C_{MM,t} + \Delta C_{PM,t} - GEI_{LB,t} \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

Tabla 122 Parámetros de la Ecuación 12

Símbolo	Descripción	Unidades
$\Delta C_{LB,t}$	Variación de absorciones netas anuales de GEI en la línea base, en el año t	t CO ₂ e/año
$\Delta C_{ARBOL,t}$	Variación en las existencias de carbono en la biomasa arbórea en en la línea base, en el año t	t CO ₂ e/año
$\Delta C_{MM,t}$	Variación en las existencias de carbono en la madera muerta en en la línea base, en el año t	t CO ₂ e/año
$\Delta C_{PM,t}$	Variación en las existencias de carbono en los productos de la madera en en la línea base, en el año t	t CO ₂ e/año
$GEI_{LB,t}$	Emisiones de GEI resultado de las actividades de gestión forestal en el área de proyecto en la línea base, en el año t . De acuerdo con las condiciones de aplicabilidad de esta metodología, no se consideran bajo un enfoque conservador.	t CO ₂ e/año

8.1.2.1. Variación en las existencias de carbono en la biomasa arbórea

El cálculo del cambio en las reservas de carbono en la biomasa arbórea en la línea base en un año concreto se obtiene utilizando las Ecuaciones 6 y 7, descritas anteriormente.

Las existencias de biomasa arbórea se obtienen como la suma de las existencias de biomasa arbórea (tronco, ramas y copas), y en la biomasa subterránea (raíces), de acuerdo con la Ecuación 8 descrita anteriormente.

En el cálculo se consideran tanto las pérdidas de biomasa debidas a los aprovechamientos como las absorciones debidas a la supuesta regeneración de la masa tras las cortas planificadas.

8.1.2.2. Variación en las reservas de carbono en la madera muerta

Para esta metodología el carbono almacenado en la madera muerta se obtiene a partir del cálculo de la madera muerta en tres componentes: la debida a causas naturales, la ocasionada por las cortas y la madera muerta bajo tierra que queda tras las cortas. Además, se considera una tasa de decaimiento para la madera muerta que procede de las cortas, suponiendo que el carbono almacenado en este reservorio se pierde en los siguientes 10 años después de la cosecha.

A continuación, se detalla cómo efectuar el cálculo para las estimaciones del carbono almacenado en la madera muerta, que en el caso de la línea base, al ser una proyección estimada, el valor será el mismo para las estimaciones ex ante y ex post. Se expresa de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$C_{MM,t} = C_{MM,nat,t} + (C_{MM,cor,t} + C_{MM,sub,t}) \times \frac{(10 - t_h)}{10} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

Tabla 133 Parámetros de la Ecuación 13

Símbolo	Descripción	Unidades
$C_{MM,t}$	Existencias o reservas de carbono en la madera muerta, al final del año t	t CO ₂ e
$C_{MM,nat,t}$	Existencias o reservas de carbono en la madera muerta debida causas naturales, al final del año t	t CO ₂ e
$C_{MM,cor,t}$	Existencias o reservas de carbono en la madera muerta debida a las cortas, al final del año t	t CO ₂ e
$C_{MM,sub,t}$	Existencias o reservas de carbono en la madera muerta subterránea tras las cortas, al final del año t	t CO ₂ e
t_h	Tiempo desde la corta hasta el momento de estimación de las reservas de carbono en la madera muerta	años

Cálculo de las existencias de carbono en la madera muerta debida a causas naturales

Los cálculos de las reservas de carbono en la madera muerta por causas naturales se calculan aplicando un porcentaje a las existencias de carbono en la biomasa arbórea (aérea + subterránea), que se ha obtenido aplicando la Ecuación 7 y modelos de crecimiento. En este caso, como proporción de carbono en la madera muerta se utiliza

se utiliza 8%, un valor conservador por defecto definido en Delaney et al. 1997,⁹ Smith et al. 2006,¹⁰ Glenday 2008,¹¹ Keller et al. 2004,¹² Eaton and Lawrence 2006,¹³ Krankina and Harmon 1995,¹⁴ and Clark et al 2002:¹⁵

$$C_{MM,nat,t} = C_{ARBOL,t} \times MM \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

Tabla 14 Parámetros de la Ecuación 14

Símbolo	Descripción	Unidades
$C_{MM,nat,t}$	Existencias o reservas de carbono en la madera muerta debida causas naturales, al final del año t	t CO ₂ e
$C_{ARBOL,t}$	Existencias o reservas de carbono en la biomasa arbórea, al final del año t	t CO ₂ e
MM	Valor conservador por defecto que expresa las reservas de carbono en la madera muerta como un porcentaje de las reservas de carbono en la biomasa arbórea.	porcentaje

Cálculo de las existencias de carbono en la madera muerta debida a las cortas

Los cálculos de las reservas de carbono en la madera muerta debidas a las cortas planificadas en la línea base se obtienen a partir del cálculo de la biomasa de los desperdicios y restos de cortas que no se van a aprovechar (copas, ramas y otros restos). Se utiliza el porcentaje de pérdidas que se descuenta en el caso de los cálculos de las reservas de carbono en los productos de la madera (ver Ecuación 18), a partir de la siguiente ecuación:

$$C_{MM,cor,t} = \frac{B_{ext,t} \times PER}{100} \times FC_{ARBOL} \times \frac{44}{12} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

Tabla 15 Parámetros de la Ecuación 15

Símbolo	Descripción	Unidades
$C_{MM,cor,t}$	Existencias o reservas de carbono en la madera muerta debida a las cortas, al final del año t	t CO ₂ e
$B_{ext,t}$	Existencias de la biomasa aérea de madera extraída en el escenario de proyecto en el año t	t m.s
PER	Valor que expresa el porcentaje de biomasa que se pierde en la transformación en el escenario de proyecto para el año t	porcentaje
FC_{ARBOL}	Fracción de carbono en la biomasa arbórea	t C / t m.s.
$\frac{44}{12}$	Proporción molecular, para pasar de carbono a dióxido de carbono. Relación entre sus masas moleculares.	t CO ₂ e / t C

El valor de PER será el mismo para los cálculos ex ante y los cálculos ex post: un valor por defecto del 19% de pérdidas de madera, de acuerdo con Winjum *et al* (Winjum, J. K., Brown, S., & Schlamadinger, B. (1998). *Forest harvests and wood products: Sources and sinks of atmospheric carbon dioxide*. Forest Science, 44(2), 272–284)). O bien se podrá utilizar otro valor si se tienen referencias bibliográficas para la especie y región, que se podrá aplicar siempre que se puedan demostrar con claras evidencias de su aplicabilidad al proyecto (misma especie, mismas características tecnológicas, mismas demandas de mercado...).

Cálculo de las existencias de carbono en la madera muerta subterránea tras las cortas

Los cálculos de las reservas de carbono en la madera muerta subterránea que queda tras las cortas, se obtienen a partir de la biomasa extraída de acuerdo con las cortas planificadas en la línea base, aplicando un factor que depende de cada especie, y que representa la relación entre la parte aérea-parte subterránea. Esto permite calcular la biomasa almacenada en las raíces de aquellos pies cortados, que se convertirá en madera muerta subterránea:

$$C_{MM,sub,t} = B_{ext,t} \times R \times FC_{ARBOL} \times \frac{44}{12} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

Tabla 16 Parámetros de la Ecuación 16

Símbolo	Descripción	Unidades
$C_{MM,sub,t}$	Existencias o reservas de carbono en la madera muerta subterránea tras las cortas, al final del año t	t CO ₂ e
$B_{ext,t}$	Existencias de la biomasa aérea de madera extraída en el escenario de proyecto en el año t	t m.s
R	Relación parte aérea-parte subterránea	-
FC_{ARBOL}	Fracción de carbono en la biomasa arbórea	t C / t m.s.
$\frac{44}{12}$	Proporción molecular, para pasar de carbono a dióxido de carbono. Relación entre sus masas moleculares.	t CO ₂ e / t C

En aquellos casos en los que se pueda demostrar que en la línea base se realiza aprovechamiento de tocones y parte subterránea del árbol, este componente se considera nulo ($C_{MM,sub,t} = 0$).

8.1.2.3. Variación en las reservas de carbono en los productos de madera

Bajo las condiciones de aplicabilidad de esta metodología, los productos de la madera deben ser incluidos en la estimación de las absorciones de la línea base como reservorio obligatorio. Se deben obtener las potenciales reservas de carbono en los productos de madera que se hubieran obtenido si no se implementa el proyecto y se ejecutan las cortas planificadas en el plan de gestión. Se debe seguir la metodología expuesta en el apartado 8.1.1.3. utilizando el plan de cortas que incluye el plan de gestión de la línea

base, proyectando las extracciones de madera que hubieran sucedido en caso de ejecutarse el plan de cortas.

Para obtener las reservas de carbono en los productos de madera obtenidos a partir de cortas en el área de proyecto se debe seguir los siguientes pasos:

Paso 1: Cálculo de la biomasa de madera cortada en el área de proyecto

En primer lugar, se estima la biomasa de la madera cortada en el área de proyecto en la línea base:

- **Ex ante y ex post:** el volumen de madera a extraer es un dato que se conoce o se puede estimar según el instrumento de gestión existente antes del proyecto ($V_{ext,t,sp}$). Se debe transformar el volumen de madera (m^3) a toneladas de materia seca (t m.s):

$$B_{ext,t} = V_{ext,t} \times d \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

Tabla 17 Parámetros de la Ecuación 17

Símbolo	Descripción	Unidades
$B_{ext,t}$	Existencias de la biomasa aérea de madera a extraer en la línea base en el año t	t m.s.
$V_{ext,t}$	Volumen de madera extraída en el escenario de proyecto, en el año t, para la especie sp	m^3
d	Densidad de la madera de la especie sp	t/ m^3

Paso 2: Cálculo de la biomasa procedente de madera aprovechada en el área de proyecto

Una vez obtenida la biomasa a cortar en el área de proyecto, se descuentan los desperdicios y restos de cortas que no se van a aprovechar (copas, ramas y otros restos). Para ello se aplica la siguiente ecuación:

$$B_{apr,t} = B_{ext,t} \times \left(1 - \frac{PER}{100}\right) \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

Tabla 18 Parámetros de la Ecuación 18

Símbolo	Descripción	Unidades
$B_{apr,t}$	Existencias de la biomasa de madera aprovechada que se convertirá en productos de madera	t m.s
$B_{ext,t}$	Existencias de la biomasa aérea de madera extraída en el escenario de proyecto en el año t	t m.s

PER	Valor que expresa el porcentaje de biomasa que se pierde en la transformación en el escenario de proyecto para el año t	porcentaje
------------	---	------------

El valor de **PER** será el mismo para los cálculos ex ante y los cálculos ex post: será un valor por defecto del **19%** de pérdidas de madera, de acuerdo con Winjum et al (Winjum, J. K., Brown, S., & Schlamadinger, B. (1998). *Forest harvests and wood products: Sources and sinks of atmospheric carbon dioxide*. *Forest Science*, 44(2), 272–284)). O bien se podrá utilizar otro valor si se tienen referencias bibliográficas para la especie y región, que se podrá aplicar siempre que se puedan demostrar con claras evidencias de su aplicabilidad al proyecto (misma especie, mismas características tecnológicas, mismas demandas de mercado...).

Paso 3: Cálculo de las reservas de carbono en los productos de madera

De acuerdo con Winjum et al (Winjum, J. K., Brown, S., & Schlamadinger, B. (1998). *Forest harvests and wood products: Sources and sinks of atmospheric carbon dioxide*. *Forest Science*, 44(2), 272–284), los productos de madera se pueden categorizar en tres grupos, de acuerdo a su grado de decaimiento/degradación:

- **Productos de vida corta (VC):** madera que se descompondrá en los siguientes 3 años tras la corta (por ejemplo, restos de cortas, madera triturada, pasta de papel).
- **Productos de vida media (VM):** madera cortada que se utilizará para producir productos de madera con una vida útil entre 3 y 100 años desde la fecha de corta (por ejemplo, palets, postes, muebles)
- **Productos de vida larga o larga duración (VL):** madera cortada que se utilizará para producir productos de madera de larga duración, que puede ser considerado como almacén de carbono permanente (por ejemplo, vigas, madera para construcción).

Para cada año en el que se haya extraído madera, la madera aprovechada ($B_{apr,t}$) se debe clasificar en una de las tres categorías mencionadas de acuerdo con la vida útil de los productos para los que se destina esa madera. Se considera que:

- **Los productos de vida corta** no almacenan carbono a largo plazo, ya que se considera que en 3 años la madera se descompone, y por tanto el carbono almacenado en la biomasa terminará siendo emitido a la atmósfera. Por lo tanto, no se considera este reservorio.
- **Los productos de vida media** almacenan carbono a medio plazo, se considera que el carbono almacenado en estos productos decrecerá a razón de 1/20 en los siguientes 20 años desde la corta.
- **Los productos de vida larga** almacenan el carbono de forma permanente, no se consideran pérdidas de carbono para estos productos de madera.

Una vez que se ha categorizado la biomasa de madera aprovechada en estas tres categorías de producto, se calculan las reservas de carbono en los productos de vida media y los de vida larga, dado que los de vida corta se contabilizan como cero.

Estos pasos quedan recogidos en las ecuaciones 19, 20 y 21:

$$C_{PM,t} = VL_t + VM_t \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

Tabla 19 Parámetros de la Ecuación 19

Símbolo	Descripción	Unidades
$C_{PM,t}$	Existencias o reservas de carbono almacenadas en los productos de madera en el área de proyecto, procedente de las cortas de madera, en el año t	t CO ₂
VL_t	Existencias o reservas de carbono que permanece en los productos de madera de vida larga procedente de las cortas del área del proyecto en el año t	t CO ₂
VM_t	Existencias o reservas de carbono que permanece en los productos de madera de vida media procedente de las cortas del área del proyecto en el año t	t CO ₂

Las existencias de carbono de los **productos de vida larga** se obtienen aplicando un porcentaje de madera que se destina a productos de larga duración, y convirtiendo las toneladas de materia seca en toneladas de dióxido de carbono:

$$VL_t = B_{apr,t} \times f_{VL} \times FC_{ARBOL} \times \frac{44}{12} \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

Tabla 20 Parámetros de la Ecuación 20

Símbolo	Descripción	Unidades
VL_t	Existencias o reservas de carbono que permanece en los productos de madera de vida larga procedente de las cortas del área del proyecto en el año t	t CO ₂
$B_{apr,t}$	Existencias de la biomasa de madera aprovechada que se convertirá en productos de madera	t m.s
f_{VL}	Proporción de madera destinada a productos de larga duración	%
FC_{ARBOL}	Fracción de carbono en la biomasa arbórea	t C / t m.s.
$\frac{44}{12}$	Proporción molecular, para pasar de carbono a dióxido de carbono. Relación entre sus masas moleculares.	t CO ₂ e / t C

Las existencias de carbono de los **productos de vida media** se obtienen aplicando un porcentaje de madera que se destina a productos de vida media, multiplicado por la degradación anual de los productos de vida media, de acuerdo con la ecuación 21. La degradación se calcula considerando las pérdidas anuales de carbono desde el momento de corta y durante los 20 años siguientes, a razón de un 5% anual:

$$VM_t = (B_{apr,t} \times f_{VM} \times FC_{ARBOL} \times \frac{44}{12}) \times \frac{(20 - t_h)}{20} \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde:

Tabla 21 Parámetros de la Ecuación 21

Símbolo	Descripción	Unidades
VM_t	Existencias o reservas de carbono que permanece en los productos de madera de vida media procedente de las cortas del área del proyecto en el año t	t CO ₂
$B_{apr,t}$	Existencias de la biomasa de madera aprovechada que se convertirá en productos de madera	t m.s.
f_{VM}	Proporción de madera destinada a productos de vida media	%
FC_{ARBOL}	Fracción de carbono en la biomasa arbórea	t C / t m.s.
$\frac{44}{12}$	Proporción molecular, para pasar de carbono a dióxido de carbono. Relación entre sus masas moleculares.	t CO ₂ e / t C
t_h	Tiempo desde la corta hasta el momento de estimación de las reservas de carbono en los productos de vida media	años

8.1.2.4. Resumen de las absorciones netas de GEI en la línea base

Las absorciones netas en la línea base, considerando las condiciones de aplicabilidad de la presente metodología se calcula según la Ecuación 12, sumando las variaciones de las existencias en los distintos reservorios considerados, y restando las emisiones, en caso de que se haya optado por estimarlas:

$$\Delta C_{EP,t} = \Delta C_{ARBOL,t} + \Delta C_{MM,t} + \Delta C_{PM,t}$$

Tanto en el caso de las estimaciones **ex ante** como **ex post**, al obtenerse datos mediante modelización o proyección, se parte de datos de existencias anuales obteniéndose variaciones de existencias anuales por reservorio.

8.1.3. Fugas

Las fugas son emisiones derivadas del desplazamiento de la actividad de aprovechamiento de madera debidas a la implementación del proyecto. Estas emisiones se deben contabilizar en el total del resumen de las absorciones netas anuales.

De acuerdo con las condiciones de aplicabilidad de esta metodología, en el escenario de proyecto no va a haber un aprovechamiento de madera en otras fincas bajo el control de la gestión del promotor del proyecto que sustituya las cortas planificadas, por tanto, se puede considerar que las fugas por desplazamiento son nulas, y no se contabilizan.

Sin embargo, sí que existe un riesgo de fugas de mercado, que son las que se producen cuando la implementación del proyecto reduce significativamente la producción de un producto, en este caso la madera, que provoca un cambio en el equilibrio entre oferta y demanda, desplazando la producción de ese producto hacia otro lugar para compensar la pérdida. Esta metodología propone un valor por defecto del 10% de descuento por fugas de mercado que se debe aplicar en el total de las absorciones netas totales de GEI, y se obtiene de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$GEI_{F,t} = (\Delta C_{EP,t} - \Delta C_{LB,t}) \times F$$

Ecuación 22

Donde:

Tabla 14 Parámetros de la Ecuación 22

Símbolo	Descripción	Unidades
$GEI_{F,t}$	Fugas o incremento de emisiones de GEI, fuera de los límites del proyecto, asociadas al desplazamiento de las actividades anteriores al proyecto, en el año t	t CO ₂ e/año
$\Delta C_{EP,t}$	Variación de absorciones netas anuales de GEI en el escenario de proyecto, en el año t	t CO ₂ e/año
$\Delta C_{LB,t}$	Variación de absorciones netas anuales de GEI en la línea base, en el año t	t CO ₂ e/año
F	Factor de descuento de fugas de mercado.	porcentaje

8.2. Resumen de las absorciones netas anuales de GEI

Una vez obtenidas las variaciones de las absorciones netas para cada año tanto en la línea base como en el escenario de proyecto, y las fugas, se pueden estimar las absorciones netas de GEI para un periodo de tiempo, de acuerdo con las ecuaciones generales (Ecuaciones 1 y 2).

$$\Delta C_{ABS,t} = \Delta C_{EP,t} - \Delta C_{LB,t} - GEI_{F,t}$$

8.3. Incertidumbre

La incertidumbre en esta metodología se calcula únicamente para las estimaciones en el escenario de proyecto ex post. Esta incertidumbre será la obtenida en la estimación de existencias de biomasa. A modo de ejemplo, para inventarios tradicionales mediante parcelas de muestreo, la incertidumbre se calcula como el error muestral, de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$E = \frac{t \times \sigma}{\sqrt{n}}$$

Ecuación 23

$$I = \frac{E}{C_{arbol}}$$

Ecuación 24

Donde:

Tabla 153 Parámetros de la Ecuación 23 y la Ecuación 24

Símbolo	Descripción	Unidades
E	Error absoluto	
t	t de Student de dos colas para un nivel de confianza del 90% y un valor de grados de libertad igual a n	

σ	Desviación típica de la estimación de las existencias de carbono en la biomasa arbórea para el periodo de monitoreo	
n	Número de parcelas	-
I	Incertidumbre, o error relativo	%
$\overline{C_{arbol}}$	Media de las existencias de carbono en la biomasa arbórea para n parcelas	t CO ₂

Para valores de I mayores del 10% se debe ajustar el valor de absorciones estimadas, descontando un valor de acuerdo con la tabla 1 del Apéndice 2 de la herramienta del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL de la CMNUCC), AR-TOOL 14: Estimación de las existencias y cambios de existencias en árboles y matorrales en proyectos MDL de forestación/reforestación (*Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities*).

9. Monitoreo

Se debe planificar, describir e implementar un plan de monitoreo que permita las correctas estimaciones de las existencias y los cambios en las existencias de carbono. Las mediciones en campo deben seguir los principios comúnmente aceptados de los inventarios forestales.

9.1. Plan de monitoreo y su implementación

El diseño de monitoreo debe estar recogido en un documento y su implementación debe quedar recogida en un informe de monitoreo. Este plan debe seguir procedimientos de inventarios forestales que incluyan métodos de toma y procesamiento de datos:

- Las coordenadas del área del proyecto se deben establecer para todas las parcelas que formen parte del proyecto, utilizando datos espaciales obtenidos de una fuente reconocida (por ejemplo: Instituto Nacional Geográfico, catastro, catálogo de Montes de Utilidad Pública).
- El diseño de muestreo debe incluir una estratificación del área de proyecto en unidades de gestión homogéneas.
- El tamaño de la muestra debe seguir metodologías o herramientas comúnmente aceptadas, por ejemplo, la herramienta del MDL para el cálculo del número de parcelas de muestreo para inventarios de actividades de forestación/reforestación (*Tool for the calculation of the number of sample plots for measurements within A/R CDM project activities*).
- Los parámetros de inventario se deben medir y/o monitorear con una frecuencia de 5 años. Las estimaciones realizadas utilizando las ecuaciones de esta metodología deben estar basadas en mediciones reales o estimadas procedentes de publicaciones científicas.
- En todo momento se debe seguir un enfoque conservador en las estimaciones.

Se muestran a continuación los datos y parámetros necesarios para aplicar esta metodología. Algunos de los datos son valores por defecto procedentes de bibliografía científica que deben ser aplicados en las ecuaciones correspondientes, otros

parámetros deben ser inventariados o estimados para poder aplicarse en las ecuaciones correspondientes.

9.1.1. Datos y parámetros monitoreados

Los parámetros recogidos en las tablas siguientes se deben monitorear durante la vida del proyecto.

Tabla 164 Parámetro: área de proyecto

Parámetro	a_i
Unidades	hectáreas
Descripción	Área del estrato i
Ecuaciones	10
Fuente	Mediciones de campo utilizando coordenadas GPS y sensores remotos
Frecuencia de monitoreo	Cada 5 años

Tabla 175 Parámetro: diámetro

Parámetro	D
Unidades	cm
Descripción	Diámetro a la altura del pecho para obtener existencias medias de la biomasa aérea en el escenario de proyecto, en el estrato i, en el año t ($ba_{i,t}$). Puede ser cualquier otra medida de diámetro aplicable al modelo o ecuaciones alométricas utilizadas en el cálculo de $ba_{i,t}$.
Ecuaciones	10
Fuente	Mediciones en campo
Frecuencia de monitoreo	Cada 5 años

Tabla 186 Parámetro: altura

Parámetro	H
Unidades	m
Descripción	Altura para obtener las existencias medias de la biomasa aérea en el escenario de proyecto, en el estrato i, en el año t ($ba_{i,t}$).
Ecuaciones	10
Fuente	Mediciones en campo
Frecuencia de monitoreo	Cada 5 años

Tabla 197 Parámetro: periodo de monitoreo

Parámetro	t
Unidades	años
Descripción	Periodo de tiempo entre dos estimaciones sucesivas de carbono
Ecuaciones	todas
Fuente	

Frecuencia de monitoreo	Cada 5 años
--------------------------------	-------------

Tabla 208 Parámetro: periodo de monitoreo

Parámetro	<i>Vext</i>
Unidades	m3 (o cualquier otra unidad de volumen)
Descripción	Volumen de madera extraída en el escenario de proyecto en el área de proyecto en un periodo de tiempo
Ecuaciones	14
Fuente	Plan de gestión ejecutado
Frecuencia de monitoreo	Cada 5 años

9.1.2. Datos y parámetros no monitoreados

A continuación, se muestran los valores y fuentes de datos o parámetros que no son sujeto de inventario o monitoreo.

Tabla 219 Parámetro: fracción de carbono

Parámetro	<i>FC_{ARBOL}</i>
Descripción	Fracción de carbono en la biomasa arbórea según especie
Unidades	tC/t m.s.
Ecuaciones	7, (15)
Fuente	Guías IPCC, Tabla 4.3 Carbon Fraction of aboveground forest biomass de IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 4: Forest Land.
Valor	0,47

Tabla 30 Parámetro: relación parte aérea-parte subterránea

Parámetro	<i>R</i>
Descripción	Relación parte aérea-parte subterránea
Unidades	adimensional
Ecuaciones	11
Fuente	Guías IPCC, Tabla 3A.1.10 de IPCC GPG-LULUCF 2003, Annex 3A.1 Biomass Default Tables for Section 3.2 Forest Land Montero et al. 2005, Producción de biomasa y fijación de CO2 por los bosques españoles
Valor	Según especie

Tabla 31 Parámetro: proporción madera muerta

Parámetro	<i>MM</i>
Descripción	Valor conservador por defecto que expresa las reservas de carbono en la madera muerta como un porcentaje de las reservas de carbono en la biomasa arbórea.



Unidades	porcentaje
Ecuaciones	12
Fuente	Delaney et al. 1997,9 Smith et al. 2006,10 Glenday 2008,11 Keller et al. 2004,12 Eaton and Lawrence 2006,13 Krankina and Harmon 1995,14 and Clark et al 2002:15 AR-TOOL 12: Estimación de las existencias y cambios de existencias de carbono en la madera muerta y la hojarasca para actividades de proyecto MDL de forestación y reforestación (<i>Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks in dead wood and litter in A/R CDM project activities</i>).
Valor	8 (Delaney et al.) Valor estimado según herramienta MDL

Tabla 22 Parámetro proporción de biomasa extraída

Parámetro	EXT
Descripción	Valor que expresa el porcentaje de biomasa extraído en el escenario de proyecto o planificado a extraer en la línea base para el año t
Unidades	porcentaje
Ecuaciones	13
Fuente	Plan de gestión
Valor	

Tabla 233 Parámetro: densidad de la madera

Parámetro	d
Descripción	Densidad de la madera
Unidades	t/m ³ (u otras unidades que representen la densidad)
Ecuaciones	13
Fuente	Asociación de Investigación de las Industrias de la Madera: Especies de maderas para construcción, carpintería y mobiliario (2ª reedición) Asociación Española del Comercio e Industria de la Madera (AEIM): Fichas especies de madera
Valor	Según especie

Tabla 244 Parámetro: proporción biomasa perdida

Parámetro	PER
Descripción	Valor que expresa el porcentaje de biomasa que se pierde en la transformación de la madera para el año t
Unidades	porcentaje
Ecuaciones	14
Fuente	Winjum, J. K., Brown, S., & Schlamadinger, B. (1998). <i>Forest harvests and wood products: Sources and sinks of atmospheric carbon dioxide</i> . <i>Forest Science</i> , 44(2), 272–284 Referencias bibliográficas según especie

Valor	19 (Winjum et al)
	Otros valores según especie

Tabla 255 *Parámetro: proporción productos larga duración*

Parámetro	$f_{VL,sp}$
Descripción	Proporción de madera destinada a productos de larga duración
Unidades	porcentaje
Ecuaciones	16
Fuente	Referencias bibliográficas según especie
Valor	Según especie

Tabla 266 *Parámetro: proporción productos vida media*

Parámetro	$f_{VM,sp}$
Descripción	Proporción de madera destinada a productos de vida media
Unidades	porcentaje
Ecuaciones	17
Fuente	Referencias bibliográficas según especie
Valor	Según especie

Tabla 277 *Parámetro: factor de descuento por fugas de mercado*

Parámetro	F
Descripción	Factor de descuento por fugas de mercado
Unidades	porcentaje
Ecuaciones	20
Fuente	Referencias de estándares internacionales
Valor	10

10. Medidas para el monitoreo de la biodiversidad

Para el monitoreo de la biodiversidad en esta metodología se debe emplear la Herramienta desarrollada por CETEMAS en el Proyecto eco2for para la determinación de los Índices de Biodiversidad en las Metodologías de Gestión Forestal Mejorada. Esta herramienta está basada en *Indice de Biodiversité Potentielle* (IBP) desarrollado por Centre National de la Propriété Forestière (CNPF) (2022) y la Aplicación VALDIFOR para la valoración de la biodiversidad de proyectos de absorción forestal desarrollada por el CSIC-INIA en el Proyecto eco2for.

La metodología empleada permite cuantificar el estado de la biodiversidad y su evolución mediante una serie de indicadores específicos que reciben una puntuación del 1 al 3 según umbrales de desempeño.

Los indicadores de biodiversidad se centran en cinco pilares fundamentales:



- a. **Biodiversidad:** Se evalúa la diversidad de especies arbóreas, la presencia de árboles muertos en pie y de microhábitats como cavidades, nidos o epífitas.
- b. **Estructura:** Se analiza la estructura vertical del bosque a través de sus estratos.
- c. **Paisaje:** Se evalúa la continuidad forestal en el paisaje y la existencia de hábitats asociados como riberas, charcas temporales o dehesas.
- d. **Certificación:** Se considera la certificación forestal del área por cualquiera de los sistemas de certificación oficiales.
- e. **Protección:** Se considera la inclusión del área en zonas protegidas como garantía de conservación.

El monitoreo debe realizarse con al menos la misma frecuencia que el monitoreo de carbono (5 años), utilizando como documentación justificativa inventarios forestales, registros o documentos acreditativos y cartografía.

La puntuación total obtenida permite categorizar el proyecto, en términos de biodiversidad, durante su periodo de permanencia.

11. Contribución de absorciones a la bolsa de garantía

Se debe contribuir con un 10% de las absorciones netas anuales de GEI a la bolsa de garantía del registro de huella de carbono.

$$C_{BG} = C_{ABS,t} \times 0,1$$

Ecuación 25

Donde:

Tabla 288 Parámetros de la Ecuación 25

Símbolo	Descripción	Unidades
C_{BG}	Contribución de absorciones a la bolsa de garantía	t CO ₂
$C_{ABS,t}$	Absorciones netas anuales de GEI, en el año t	t CO ₂
0,1	10% de contribución a la bolsa de garantía	%