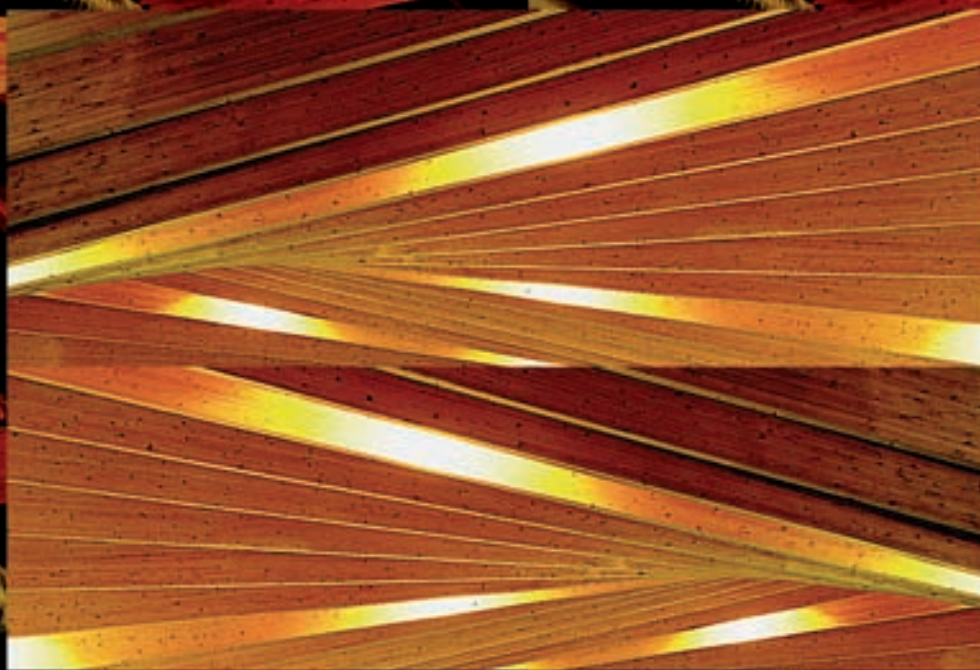


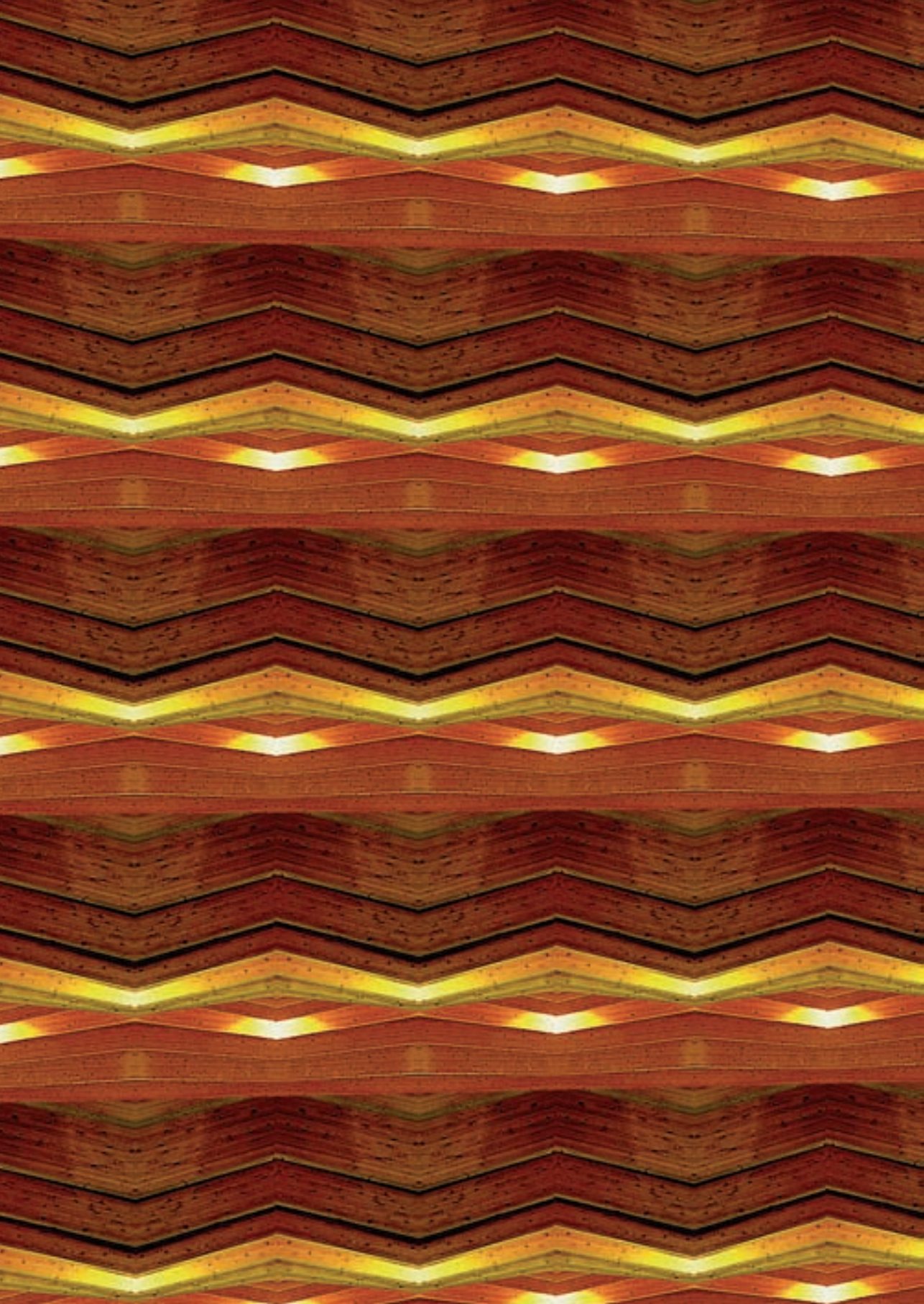
# MADERA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Análisis del ciclo de vida de la madera como material alternativo



EUSKO JAURLARITZA  
GOBIERNO VASCO

NEKAZARITZA, ARRANTZA  
ETA ELIKADURA SAIA  
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN



# MADERA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Análisis del ciclo de vida de la madera como material alternativo



NEKAZARITZA, ARRANTZA  
ETA ELIKADURA SAILA  
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN

**Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia**  
Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco

Vitoria-Gasteiz, 2009

Un registro bibliográfico de esta obra puede consultarse en el catálogo de la Biblioteca General del Gobierno Vasco: <<http://www.euskadi.net/ejgvbiblioteka>>.

## Títulos publicados

1. Comercialización de los productos cultivados en invernaderos en la Comunidad Autónoma Vasca.
2. Estructura agraria de la Comunidad Autónoma Vasca.
3. Aproximación al Sistema de Derecho Alimentario.
4. Análisis y diagnóstico de los sistemas forestales de la Comunidad Autónoma del País Vasco.
5. De caserío agrícola a vivienda rural: evolución de la función agraria en la comarca de Donostia-San Sebastián.
6. La identidad reconstruida: espacios y sociabilidades emergentes en la ruralidad alavesa.
7. Variedades autóctonas del tomate del País Vasco.
8. Coste de la no agricultura en el País Vasco.
9. Emakumeak eta Osasuna EAEko Landa-Eremuetan / Mujeres y Salud en el Medio Rural de la CAE.
10. Arabako Errioxako ardo beltzen kalitatearen ebaluazio sentsoriala egiteko gidaliburua / Guía para la evaluación sensorial de la calidad de los vinos tintos de Rioja Alavesa.
11. Los escolítidos de las coníferas del País Vasco: guía práctica para su identificación y control.
12. Euskadiko koniferoetako eskolitidoak.
13. Mixel Lekuona: artzainen artzain.

Edición: 1.ª enero 2009  
Tirada: 1.000 ejemplares  
© Euskal Autonomia Erkidegoko Administrazioa  
Nekazaritza, Arrantza eta Elikadura Saila  
Internet: [www.euskadi.net](http://www.euskadi.net)  
Edita: Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia  
Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco  
Donostia-San Sebastián, 1 - 01010 Vitoria-Gasteiz  
Fotocomposición: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
Imprime: XXXXXXXXXXXX  
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
ISBN: 978-84-457-2879-6  
Depósito Legal: XXXXXXXXXXXXXXX

**Nota:** el contenido de este documento es el resultado de la colaboración entre la Mesa Intersectorial de la Madera de Euskadi y la empresa Factor CO<sub>2</sub>.

The background of the entire page is a repeating pattern of horizontal wooden beams in a reddish-brown hue, separated by light blue panels. The beams are connected by small wooden brackets, creating a structural, grid-like appearance.

# RESUMEN EJECUTIVO



## **Energía primaria total**

El uso estructural de la madera, el empleo de ventanas de madera y el uso de madera local reducen los consumos de energía primaria:

- La solución en madera permite un ahorro del 33% comparado con el hormigón.
- La madera permite un ahorro del 44% en relación al PVC y del 50% comparado con el aluminio.
- El empleo de madera local permite un ahorro del 22% en relación al empleo de maderas exóticas.

El empleo de la madera en la fabricación de mobiliario de interior reduce los consumos de energía primaria:

- La producción de una mesa de aglomerado de madera supone un ahorro del 62% en relación a una mesa con hoja de vidrio.
- La producción de una estantería de madera requiere un consumo energético un 6% inferior a una estantería de acero galvanizado.

## **Cambio climático**

El empleo de la madera en el sector de la construcción reduce las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera:

- El empleo de una cubierta de madera reduce las emisiones en un 79% en relación a las de hormigón.
- En el caso analizado, la ventana de madera se produce con un 45% menos emisiones que la de PVC y con un 47% menos emisiones que las de aluminio.
- Los suelos de madera local poseen un impacto climático un 25% menor que los suelos de maderas exóticas.

El empleo de la madera en el sector del mueble reduce las emisiones de gases de efecto invernadero:

- Las mesas de aglomerado se producen con un 60% menos emisiones que las mesas de vidrio.
- La producción de la estantería de madera analizada se ha realizado con unas emisiones inferiores en un 37% a la producción de la estantería de acero galvanizado.

## Procesos de segunda transformación

Los procesos de segunda transformación documentados en el análisis de inventario difieren notablemente en las necesidades de materia y energía. Ello tiene las siguientes implicaciones:

- Importantes variaciones en el peso relativo de cada una de las fases del ciclo de transformación de la madera en función del producto final, con una mayor importancia relativa de la segunda transformación en procesos como la producción de marcos de ventana o de tabla machihembrada para suelo.
- Diferencias considerables en la cantidad de energía primaria y las emisiones asociadas a la producción de los diferentes productos, con oscilaciones entre los 7 y los 29 MJ por kg de madera transformada en el caso de la energía y variaciones entre los 0,5 y los 1,7 kg CO<sub>2</sub> por kg de madera transformada en el caso de las emisiones de gases de efecto invernadero.

## Análisis de sensibilidad

El empleo de la madera local y la debida contabilización del carbono retenido en la madera permite maximizar el menor impacto energético y climático de la madera frente a las soluciones de referencia.

- Si la madera es transportada desde el centro de Europa a la CAPV para su segunda transformación, entonces el ahorro en energía disminuye entre un 5% y un 22%, al tiempo que el ahorro en emisiones disminuye entre un 6% y un 18%. El impacto es mayor en aquellos casos en los que el peso relativo de la madera y el requerimiento de tablón seco para la segunda transformación es mayor.
- Si se tiene en cuenta el efecto sumidero de la madera, entonces las emisiones evitadas incrementan entre un 45% y un 214%, debido a la circunstancia que todo el carbono almacenado en los productos de madera producidos de manera sostenible (1,83 kg CO<sub>2</sub>/kg de madera) es regenerado por nuevas plantaciones forestales.

## Potencial de mitigación de emisiones

En los escenarios analizados, el potencial de mitigación de emisiones asociado al empleo de la madera en la construcción durante el periodo 2008-2012 oscila entre las casi 60.000 t CO<sub>2</sub> y las casi 300.000 t CO<sub>2</sub> (equivalentes a las emisiones



anuales asociadas a la ciudadanía de un municipio de 12.000 y 60.000 habitantes respectivamente):

- El empleo de soluciones estructurales y no estructurales de madera en la promoción de Vivienda de Protección Oficial equivalente a la registrada en el periodo 2000-2006 (3.400 viviendas nuevas y 800 rehabilitaciones al año) permite reducir 60.000 t CO<sub>2</sub>.
- El empleo de cubiertas de madera, ventanas de madera y suelos de madera local en toda la promoción de VPO equivalente a la tasa anual prevista por el Plan de Vivienda (6.750 viviendas nuevas y 6.000 rehabilitaciones anuales) permite una reducción de 122.000 t CO<sub>2</sub>.
- El empleo de soluciones estructurales y no estructurales de madera en toda la promoción de VPO prevista por el Plan de Vivienda y en la promoción de vivienda libre esperada en los próximos años (un total de 17.300 viviendas nuevas y 6.000 rehabilitaciones al año) permite una reducción de 295.000 t CO<sub>2</sub>.

La caracterización de las reducciones de emisiones es muy similar en todos los supuestos analizados. En el caso del escenario central, por ejemplo:

- El 63% de las reducciones procede del empleo de elementos estructurales, frente a un 27% del uso de ventanas de madera y un 8% de empleo de suelos de madera local.
- El 52% de las reducciones tiene su origen en la sustitución de fósiles, y el 48% restante en la absorción por sumideros.
- El 90% de las reducciones se produce en promociones de obra nueva, frente a un 10% de reducciones producidas en rehabilitaciones.





# ÍNDICES



# Índice general

<b>Definición del objetivo y alcance del análisis del ciclo vital</b> . . . . .	19
Introducción . . . . .	21
Objetivos del estudio . . . . .	21
Estructura del estudio . . . . .	22
Alcance del estudio . . . . .	23
Fuentes de datos . . . . .	27
Herramienta informática utilizada . . . . .	27
Presentación de resultados . . . . .	28
<b>Estudio de los distintos casos</b> . . . . .	29
1.º caso: rehabilitación de cubierta en madera . . . . .	31
2.º caso: producción de ventana de madera . . . . .	47
3.º caso: suelo de madera de la CAPV . . . . .	71
4.º caso: producción de mesa en aglomerado . . . . .	80
5.º caso: producción de estantería de madera . . . . .	92
<b>Resultados y análisis de sensibilidad</b> . . . . .	101
Resultados . . . . .	103
Análisis de sensibilidad . . . . .	109
<b>Análisis de potencial de mitigación de emisiones</b> . . . . .	115
Previsiones en el sector constructivo para 2008-2012 . . . . .	117
<b>Referencias</b> . . . . .	125

## Índice de tablas

Tabla 1. Especificaciones técnicas de la rehabilitación, 1. <sup>er</sup> caso	31
Tabla 2. Materiales utilizados en la rehabilitación, 1. <sup>er</sup> caso	32
Tabla 3. Balance general de entradas y salidas solución en madera, 1. <sup>er</sup> caso	34
Tabla 4. Entradas y salidas extracción, 1. <sup>er</sup> caso	35
Tabla 5. Tabla de entradas y salidas segunda transformación, 1. <sup>er</sup> caso	36
Tabla 6. Tabla de entradas y salidas segunda transformación, 1. <sup>er</sup> caso	38
Tabla 7. Tabla de entradas y salidas transporte a puesta en obra, 1. <sup>er</sup> caso	39
Tabla 8. Tabla de entradas y salidas fabricación del clinker, 1. <sup>er</sup> caso	40
Tabla 9. Tabla de entradas y salidas fabricación del cemento, 1. <sup>er</sup> caso	41
Tabla 10. Tabla de entradas y salidas fabricación de hormigón, 1. <sup>er</sup> caso	42
Tabla 11. Tabla de entradas y salidas fabricación de acero, 1. <sup>er</sup> caso	43
Tabla 12. Tabla de entradas y salidas transporte hormigón a puesta en obra, 1. <sup>er</sup> caso	44
Tabla 13. Tabla de entradas y salidas transporte de acero a puesta en obra, 1. <sup>er</sup> caso	45
Tabla 14. Consumo de energía primaria total, 1. <sup>er</sup> caso	45
Tabla 15. Emisiones totales generadas, 1. <sup>er</sup> caso	46
Tabla 16. Componentes de una ventana en aluminio	48
Tabla 17. Componentes de una ventana en PVC	49
Tabla 18. Componentes de una ventana en madera	50
Tabla 19. Fuentes consultadas para el caso de estudio	53
Tabla 20. Balance general de entradas y salidas solución en madera, 2. <sup>o</sup> caso	54
Tabla 21. Tabla de entradas y salidas fabricación de la ventana en madera, 2. <sup>o</sup> caso	55
Tabla 22. Balance general entradas y salidas, solución en aluminio, 2. <sup>o</sup> caso	57
Tabla 23. Tabla de entradas y salidas fabricación del aluminio primario, 2. <sup>o</sup> caso	58
Tabla 24. Tabla de entradas y salidas fabricación de aluminio secundario, 2. <sup>o</sup> caso	60
Tabla 25. Tabla de entradas y salidas fabricación fibra de vidrio, 2. <sup>o</sup> caso	61
Tabla 26. Tabla de entradas y salidas fabricación goma EPDM, 2. <sup>o</sup> caso	62
Tabla 27. Tabla de entradas y salidas fabricación de la ventana en aluminio, 2. <sup>o</sup> caso	63
Tabla 28. Tabla de entradas y salidas fabricación del cloruro de vinilo, 2. <sup>o</sup> caso	65
Tabla 29. Tabla de entradas y salidas fabricación del policloruro de vinilo, 2. <sup>o</sup> caso	66
Tabla 30. Tabla de entradas y salidas fabricación de la ventana en PVC, 2. <sup>o</sup> caso	67
Tabla 31. Consumo de energía primaria total, 2. <sup>o</sup> caso	68
Tabla 32. Emisiones totales generadas, 2. <sup>o</sup> caso	69
Tabla 33. Características de la pieza machihembrada, 3. <sup>er</sup> caso	71
Tabla 34. Características de las especies a analizar, 3. <sup>er</sup> caso	72

Tabla 35. Balance general entradas y salidas, 3. <sup>er</sup> caso	73
Tabla 36. Tabla de entradas y salidas fabricación del suelo, 3. <sup>er</sup> caso	75
Tabla 37. Tabla de entradas y salidas transporte del suelo y puesta en obra, 3. <sup>er</sup> caso	75
Tabla 38. Tabla de entradas y salidas transporte a la primera transformación, 3. <sup>er</sup> caso	76
Tabla 39. Consumo de energía primaria total, 3. <sup>er</sup> caso	77
Tabla 40. Emisiones totales generadas, 3. <sup>er</sup> caso	79
Tabla 41. Características del sistema de estudio, 4. <sup>o</sup> caso	80
Tabla 42. Características hoja de madera, 4. <sup>o</sup> caso	80
Tabla 43. Características hoja de vidrio, 4. <sup>o</sup> caso	80
Tabla 44. Balance general entradas y salidas solución en tablero aglomerado, 4. <sup>o</sup> caso	83
Tabla 45. Tabla de entradas y salidas fabricación de tablero aglomerado, 4. <sup>o</sup> caso	85
Tabla 46. Tabla de entradas y salidas fabricación de la mesa en madera, 4. <sup>o</sup> caso	86
Tabla 47. Tabla de entradas y salidas producción de vidrio, 4. <sup>o</sup> caso	87
Tabla 48. Tabla de entradas y salidas producción de vidrio reciclado, 4. <sup>o</sup> caso	88
Tabla 49. Tabla de entradas y salidas producción de la mesa en vidrio, 4. <sup>o</sup> caso	89
Tabla 50. Consumo de energía primaria total, 4. <sup>o</sup> caso	90
Tabla 51. Emisiones totales generadas, 4. <sup>o</sup> caso	91
Tabla 52. Características generales del sistema de estudio en madera, 5. <sup>o</sup> caso	92
Tabla 53. Características generales del sistema de estudio en acero, 5. <sup>o</sup> caso	92
Tabla 54. Balance general de entradas y salidas solución en mader, 5. <sup>o</sup> caso	94
Tabla 55. Tabla de entradas y salidas primera transformación de la madera, 5. <sup>o</sup> caso	95
Tabla 56. Tabla de entradas y salidas segunda transformación de la madera, 5. <sup>o</sup> caso	96
Tabla 57. Tabla de entradas y salidas producción de la estantería de acero, 5. <sup>o</sup> caso	97
Tabla 58. Consumo de energía primaria total, 5. <sup>o</sup> caso	98
Tabla 59. Emisiones totales generadas, 5. <sup>o</sup> caso	99
Tabla 60. Reducción de consumo de energía por uso de la madera (MJ)	103
Tabla 61. Reducción de emisiones por uso de la madera (kg CO <sub>2</sub> )	104
Tabla 62. Ratio I/O, energía primaria y emisiones por kg de madera en cada proceso	105
Tabla 63. Consumos de energía en cada proceso (MJ)	106
Tabla 64. Emisiones en cada proceso (kg CO <sub>2</sub> )	107
Tabla 65. Consumo de energía y emisiones por kilogramo de producto final	109
Tabla 66. Variación en emisiones por uso de madera importada (MJ)	110

Tabla 67. Variación de las emisiones por contabilización del efecto sumidero (kg CO <sub>2</sub> )	113
Tabla 68. Cantidades consideradas	118
Tabla 69. Características de la vivienda	119
Tabla 70. Características edificio tipo	119
Tabla 71. Resultados en los diferentes escenarios	120
Tabla 72. Resultados alcanzados por tipo de sistema analizado	122
Tabla 73. Reducción de emisiones por escenario	123

## Índice de gráficos

Gráfico 1. Límites del caso de estudio, 1. <sup>er</sup> caso	33
Gráfico 2. Cantidades de madera transformada por etapas, 1. <sup>er</sup> caso	35
Gráfico 3. Energía primaria total consumida por etapa, 1. <sup>er</sup> caso	46
Gráfico 4. Emisiones de CO <sub>2</sub> generadas por etapa, 1. <sup>er</sup> caso	47
Gráfico 5. Dimensiones de la ventana de estudio, 2. <sup>o</sup> caso	48
Gráfico 6. Límites del sistema en aluminio, 2. <sup>o</sup> caso	52
Gráfico 7. Límites del sistema en madera, 2. <sup>o</sup> caso	52
Gráfico 8. Límites del sistema en PVC, 2. <sup>o</sup> caso	52
Gráfico 9. Cantidades de madera transformada por etapas, 2. <sup>o</sup> caso	54
Gráfico 10. Energía primaria total consumida por etapa, 2. <sup>o</sup> caso	68
Gráfico 11. Emisiones de CO <sub>2</sub> generadas por etapa, 2. <sup>o</sup> caso	70
Gráfico 12. Límites del caso de estudio, 3. <sup>er</sup> caso	73
Gráfico 12. Cantidades de madera transformada por etapas, 3. <sup>er</sup> caso	74
Gráfico 14. Energía primaria total consumida por etapa, 3. <sup>er</sup> caso	78
Gráfico 15. Emisiones de CO <sub>2</sub> generadas por etapa, 3. <sup>er</sup> caso	79
Gráfico 16. Límites del sistema en tablero aglomerado, 4. <sup>o</sup> caso	82
Gráfico 17. Límites del sistema en vidrio, 4. <sup>o</sup> caso	83
Gráfico 18. Cantidades de madera transformada por etapas, 4. <sup>o</sup> caso	84
Gráfico 19. Energía primaria total consumida por etapa, 4. <sup>o</sup> caso	90
Gráfico 20. Emisiones de CO <sub>2</sub> generadas por etapa, 4. <sup>o</sup> caso	91
Gráfico 21. Límites del caso de estudio solución en madera, 5. <sup>o</sup> caso	94
Gráfico 22. Límites del caso de estudio solución en acero, 5. <sup>o</sup> caso	94
Gráfico 23. Cantidades de madera transformada, 5. <sup>o</sup> caso	95
Gráfico 24. Energía primaria total consumida por etapa, 5. <sup>o</sup> caso	99
Gráfico 23. Emisiones de CO <sub>2</sub> generadas por etapa caso, 5. <sup>o</sup> caso	100
Gráfico 26. Reducción del consumo de energía con soluciones en madera	103
Gráfico 27. Reducción de emisiones por uso de soluciones en madera	104



---

Gráfico 28. Peso relativo de la energía consumida en cada proceso . . . . .	106
Gráfico 29. Peso relativo de las emisiones en cada proceso . . . . .	107
Gráfico 30. Energía consumida y emisiones generadas por unidad transformada . . .	108
Gráfico 31. Disminución en el ahorro de energía por uso de madera importada . . .	111
Gráfico 32. Disminución de las emisiones evitadas por uso de madera importada . . .	112
Gráfico 33. Aumento de las emisiones evitadas por la contabilización del efecto sumidero . . . . .	112
Gráfico 34. Reducción total de emisiones en 2008-2012 por escenario . . . . .	123
Gráfico 35. Reducción de emisiones en el escenario plan vivienda . . . . .	124