

# HOJA DE RUTA DE LOS SECTORES DIFUSOS A 2.020



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE



Septiembre de 2.014

A decorative graphic on the left side of the page consists of a vertical column of six squares and a horizontal row of four squares at the bottom. The squares in the vertical column alternate in color from top to bottom: light gray, orange, light gray, orange, light gray, and orange. The squares in the horizontal row at the bottom alternate from left to right: orange, light gray, orange, and light gray.

# RESUMEN EJECUTIVO



La hoja de ruta (HR) para el cumplimiento de los objetivos en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de España entre 2013 y 2020, parte de una evaluación de las emisiones con las proyecciones más recientes y de los límites impuestos por la Decisión de reparto de esfuerzos (Decisión 406/2009/CE). Esta evaluación arroja, con los datos disponibles, un repunte de las emisiones y un exceso de 54 MtCO<sub>2</sub>eq sobre el objetivo asignado. Si bien esta evaluación se debe actualizar periódicamente, se hace imprescindible proponer medidas adicionales que permitirían a España crecer y reducir emisiones para, al menos, cumplir con sus compromisos en materia de mitigación del cambio climático.

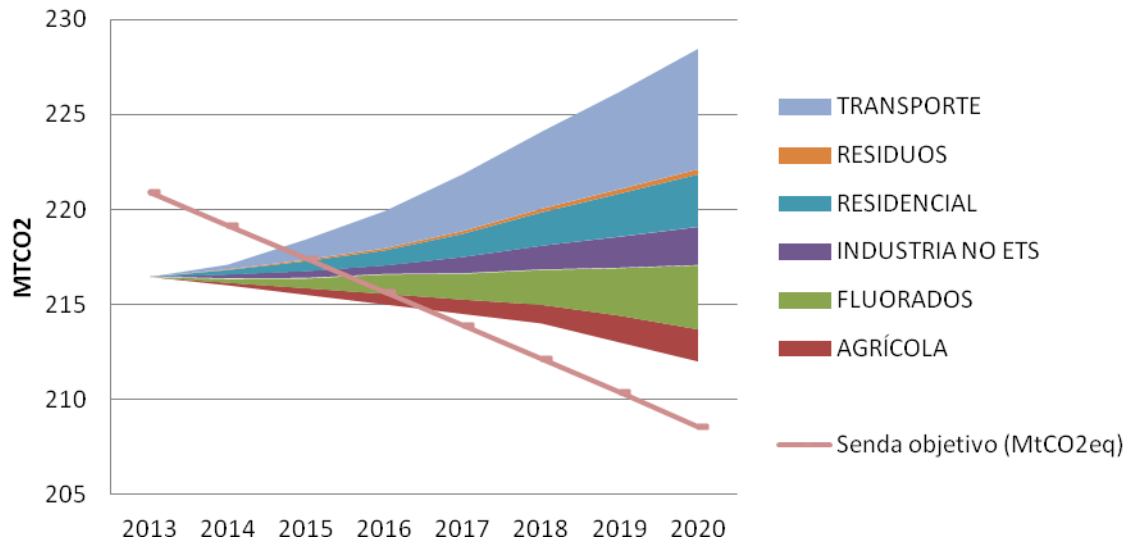
Por ello, en una segunda fase, la HR examina qué medidas son más adecuadas para abordar esas reducciones adicionales, seleccionando aquellas medidas que son coste-eficientes y aquellas medidas que generen más actividad económica y empleo. Se han analizado un número razonable de medidas en todos los sectores difusos y con una capacidad de mitigación aceptable. Consecuentemente, la HR muestra el análisis de 43 medidas divididas en seis grandes sectores: residencial, transporte, agricultura, residuos, gases fluorados e industria no ETS. Para cada una de las medidas, se presenta una descripción de sus costes e impactos en mitigación, eficiencia, actividad económica y empleo, indicando sobre qué universo o área aplica. Esta fase ha contado con la contribución de numerosos actores y expertos sectoriales.

La tercera fase consiste en la utilización de la modelización para ejecutar un análisis conjunto de la totalidad de las medidas optimizando la eficiencia en el cumplimiento del objetivo de mitigación a cumplir. Para ello, se entiende por eficiencia una combinación de mínimo coste, máximo empleo y máxima reducción de GEI en el periodo de cumplimiento. El modelo que se ha desarrollado es capaz de evaluar diferentes escenarios y tiene un alto grado de flexibilidad para incorporar nuevas medidas o niveles de implementación obligados por normativa o por otras circunstancias.

En el escenario central evaluado, los resultados arrojan que prácticamente intervienen todas las medidas de todos los sectores, siendo por tanto factible la implementación de medidas que permitan alcanzar el objetivo. Son necesarias inversiones hasta 2020 del orden de 27.000 M€ tanto públicas como privadas con ahorros del orden de 21.000 M€ que se prolongan mas allá de 2020 alcanzando los 62.000 M€ acumulados a 2030. Estas medidas apuntan a una generación de 45.000 empleos anuales medios. Además, la aplicación de las medidas sugeridas también tiene beneficios más allá de 2020 con reducciones adicionales de 122 MtCO<sub>2</sub>eq desde 2020 a 2030 lo cual contribuiría al cumplimiento de futuros objetivos. Las medidas propuestas también contribuyen de forma paralela a mitigar emisiones en los sectores regulados bajo el Comercio de Derechos de Emisión.

Por tanto, las medidas contempladas en la HR tienen la capacidad de cambiar de forma estructural y a largo plazo el comportamiento de emisiones de la economía Española. Esta HR pretende ser el documento de partida para la definición de una estrategia y de los consiguientes planes que, afectando a todos los sectores, permitan alcanzar los objetivos perseguidos. Las formas de implementación de las medidas no se abordan en este documento.

Contribución de cada sector para cubrir la brecha entre las proyecciones y la senda de emisiones, propuesta por la hoja de ruta.



## ÍNDICE

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1.</b>  | <b>LA HOJA DE RUTA DE LOS SECTORES DIFUSOS A 2020 .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2.</b>  | <b>ANTECEDENTES. ¿POR QUÉ UNA HOJA DE RUTA?.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2.1</b> | <b><i>Senda de cumplimiento 2.013 – 2.020 en los sectores difusos .....</i></b>                      | <b>2</b>  |
| <b>2.2</b> | <b><i>Proyecciones de gases de efecto invernadero .....</i></b>                                      | <b>4</b>  |
| <b>2.3</b> | <b><i>Propuesta de una senda de emisiones de gases de efecto invernadero. 2.013 - 2.020.....</i></b> | <b>5</b>  |
| <b>3.</b>  | <b>PROCESO DE ELABORACIÓN.....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>3.1</b> | <b><i>Proceso de elaboración .....</i></b>   | <b>7</b>  |
| <b>3.2</b> | <b><i>Participación de los agentes implicados .....</i></b>  | <b>7</b>  |
| <b>4.</b>  | <b>EL MODELO M3E .....</b>   | <b>10</b> |
| <b>5.</b>  | <b>INFORMACIÓN POR SECTORES. MEDIDAS ANALIZADAS .....</b>  | <b>12</b> |
| <b>5.1</b> | <b><i>Sector residencial, comercial e institucional .....</i></b>                                    | <b>12</b> |
| 5.1.1      | Serie histórica y proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero .....                 | 12        |
| 5.1.2      | Medidas analizadas .....   | 14        |
| <b>5.2</b> | <b><i>Sector transporte.....</i></b>   | <b>19</b> |
| 5.2.1      | Serie histórica y proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero .....                 | 19        |
| 5.2.2      | Medidas analizadas .....   | 20        |
| <b>5.3</b> | <b><i>Sector agrícola y ganadero .....</i></b>   | <b>25</b> |
| 5.3.1      | Serie histórica y proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero .....                 | 26        |
| 5.3.2      | Medidas analizadas .....   | 27        |
| <b>5.4</b> | <b><i>Sector residuos .....</i></b>  | <b>31</b> |
| 5.4.1      | Serie histórica y proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero .....                 | 31        |
| 5.4.2      | Medidas analizadas .....   | 33        |
| <b>5.5</b> | <b><i>Sector gases fluorados .....</i></b>   | <b>36</b> |
| 5.5.1      | Serie histórica y proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero .....                 | 37        |
| 5.5.2      | Medidas analizadas .....   | 38        |
| <b>5.6</b> | <b><i>Sector industrial no sujeto al comercio de derechos de emisión .....</i></b>                   | <b>40</b> |
| 5.6.1      | Serie histórica y proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero .....                 | 40        |
| 5.6.2      | Medidas analizadas .....   | 41        |
| <b>6.</b>  | <b>RESULTADOS .....</b>  | <b>42</b> |
| <b>6.1</b> | <b><i>Mitigación .....</i></b>   | <b>43</b> |
| 6.1.1      | Eficiencia.....  | 46        |
| 6.1.2      | Generación de empleo .....   | 47        |
| 6.1.3      | Inversión y ahorro.....  | 48        |
| 6.1.4      | Reducción del consumo energético y aumento de las energías renovables ..                             | 51        |
| <b>7.</b>  | <b>PRÓXIMOS PASOS .....</b>  | <b>53</b> |

## **ÍNDICE DE TABLAS**

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 Asignaciones anuales de emisiones para España .....   | 4  |
| Tabla 2 Proyección de emisiones 2013-2020 de los sectores difusos en el escenario con medidas adoptadas y aplicadas.....  | 5  |
| Tabla 3. Evolución de emisiones de GEI en escenario con medidas adoptadas y aplicadas y senda de cumplimiento.....  | 6  |
| Tabla 4. Evolución de emisiones de GEI desde 1990 a 2011 en el sector RCI .....   | 13 |
| Tabla 5. Proyección de emisiones de GEI entre 2013 y 2020 en un escenario con medidas adoptadas y aplicadas en el sector RCI .....                                | 13 |
| Tabla 6. Evolución de emisiones de GEI desde 1990 a 2011 en el sector transporte .....  | 19 |
| Tabla 7. Proyección de emisiones de GEI entre 2013 y 2020 en el sector transporte en un escenario con medidas adoptadas y aplicadas en el sector transporte ..... | 20 |
| Tabla 8. Evolución de emisiones de GEI desde 1990 a 2011 en el sector agrícola y ganadero .....   | 26 |
| Tabla 9. Proyección de emisiones de GEI entre 2013 y 2020 en un escenario con medidas adoptadas y aplicadas en el sector agrícola y ganadero .....                | 26 |
| Tabla 10. Evolución de emisiones de GEI desde 1990 a 2011 en el sector residuos .....   | 32 |
| Tabla 11. Proyección de emisiones de GEI entre 2013 y 2020 en un escenario con medidas adoptadas y aplicadas en el sector residuos.....                           | 32 |
| Tabla 12. Evolución de emisiones de GEI desde 1990 a 2011 en el sector de los gases fluorados .....   | 37 |
| Tabla 13. Proyección de emisiones de GEI entre 2013 y 2020 en un escenario con medidas adoptadas y aplicadas en el sector de los gases fluorados .....            | 38 |
| Tabla 14. Evolución de emisiones de GEI desde 1990 a 2011 en sector industrial no ETS.....  | 41 |



## **INDICE DE ILUSTRACIONES**

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1. Evolución de emisiones de GEI en el escenario con medidas adoptadas y aplicadas junto con la senda de cumplimiento .....             | 5  |
| Ilustración 2. Senda de emisiones de GEI propuesta para el cumplimiento de objetivos de reducción en 2020.....                                      | 6  |
| Ilustración 3. Estructura del modelo M3E .....  | 11 |
| Ilustración 4. Emisiones del Sector RCI: evolución y proyecciones .....   | 13 |
| Ilustración 5. Emisiones de GEI en el sector transporte: evolución y proyecciones..   | 20 |
| Ilustración 6. Emisiones de GEI en el sector agrícola y ganadero: evolución y proyecciones .....  | 27 |
| Ilustración 7. Emisiones de GEI en el sector residuos: evolución y proyecciones .....   | 33 |
| Ilustración 8. Emisiones de GEI en el sector de los gases fluorados: evolución y proyecciones .....   | 38 |
| Ilustración 9. Mitigación en la HR 2020 .....   | 43 |
| Ilustración 10: Mitigación de cada medida en la HR 2020.....  | 44 |
| Ilustración 11 Mitigación por sectores.....   | 45 |
| Ilustración 12: Contribución de cada sector para cubrir la brecha entre las proyecciones y la senda de emisiones propuesta por la hoja de ruta..... | 45 |
| Ilustración 13 Curvas MAC de eficiencia de las medidas.....   | 46 |
| Ilustración 14 Empleo generado por años .....   | 47 |
| Ilustración 15 Inversión y ahorro.....  | 48 |
| Ilustración 16 Inversión necesaria por sectores .....   | 49 |
| Ilustración 17. Ahorro económico por sectores .....   | 50 |
| Ilustración 18. Ahorro energético por sectores .....  | 51 |
| Ilustración 19. Energía a renovables .....  | 52 |



## 1. LA HOJA DE RUTA DE LOS SECTORES DIFUSOS A 2020

---

La Hoja de ruta de los sectores difusos a 2020 consiste en un análisis de los escenarios de emisiones a futuro y su comparación con los objetivos derivados de la Decisión de reparto de esfuerzos de la UE, concretamente con el objetivo de reducción del 10% en 2020 de las emisiones difusas respecto de los niveles de 2005. Identificada la brecha existente se plantean las opciones de cumplimiento.

La hoja de ruta propone medidas de actuación en los sectores difusos, adicionales a las ya existentes, cuya puesta en marcha con el grado de intensidad adecuado, permite a España desacoplar crecimiento y emisiones, cumplir con los objetivos adquiridos en materia de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero a 2020 de manera coste – eficiente y además permite avanzar en las alternativas para futuros objetivos a 2030.

Se trata de una herramienta flexible y dinámica que se podrá actualizar con datos actualizados de proyecciones de gases de efecto invernadero, nuevas medidas y mejores datos disponibles. No se trata meramente de un análisis cualitativo de identificación de medidas, si no que, como se verá a lo largo del documento, el valor añadido de este análisis radica en la estimación del coste de este cumplimiento, así como de los ahorros económicos y energéticos y del empleo que pueda generar. Se analizan otras variables de gran interés como puede ser la generación de empleo.

Este documento presenta el conjunto de medidas adicionales que permitirían a España cumplir con sus objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores difusos, si bien no pretende en esta fase definir los instrumentos con los que se pondrían en marcha dichas medidas.

## 2. ANTECEDENTES. ¿POR QUÉ UNA HOJA DE RUTA?

---

La necesidad de elaborar una hoja de ruta está fundamentada en las iniciativas existentes tanto en el ámbito internacional como europeo en las que se ha identificado la conveniencia de que los países desarrollen estrategias de desarrollo bajo en carbono. En concreto, el Reglamento N° 525/2013 del Parlamento europeo y del Consejo de 21 de mayo de 2013, relativo a un mecanismo para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero y para la notificación, a nivel nacional o de la Unión, de otra información relevante para el cambio climático, dedica su artículo 4 a las Estrategias de desarrollo bajo en carbono.

En dicho reglamento, se incluye la elaboración de las estrategias por parte de los estados miembros y la obligación de informar sobre el estado de aplicación de éstas

a más tardar el 9 de enero de 2015. Posteriormente, y de manera bienal, se informará sobre las actualizaciones y avances de dichas estrategias (art. 13.1.b)).

Por tanto, y como paso previo a la elaboración de una estrategia de desarrollo bajo en carbono, se ha considerado necesario el diseño de una hoja de ruta de los sectores difusos a 2020. En este sentido, la definición de una hoja de ruta que marque el camino a seguir para alcanzar las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero, pasa necesariamente por la determinación del grado de esfuerzo requerido para conseguirlas. Únicamente conociendo la brecha esperada, entre nuestro objetivo y la tendencia estimada de nuestras emisiones, podremos definir el conjunto de medidas que nos permita superarla.

El punto de partida de la hoja de ruta lo constituyen, por tanto, dos elementos clave: Por un lado, la senda que marca nuestros límites anuales de emisiones de gases de efecto invernadero para el periodo 2013 – 2020 y por el otro, la estimación de las emisiones que en dicho periodo tendría España, si no se pusiese en marcha ninguna medida adicional a las ya existentes. A continuación se proporciona información resumida sobre ambos.

## **2.1 Senda de cumplimiento 2.013 – 2.020 en los sectores difusos**

El Paquete de Energía y Cambio Climático establece un objetivo global comunitario de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de un 20% para el año 2020 respecto a los niveles de emisiones de 1.990. El esfuerzo para conseguir estas reducciones se reparte en dos grandes bloques.

- Por un lado, las emisiones de CO<sub>2</sub> de los sectores más intensivos en el uso de la energía (generación, refino, siderurgia, fabricación de cemento, papel y cartón, vidrio, productos cerámicos, etc.) que se encuentran bajo el comercio europeo de derechos de emisión que crea la Directiva 2003/87/CE. El objetivo para estos sectores es lograr en 2020 una reducción de sus emisiones del 21% respecto a sus niveles del año 2005.
- Las emisiones restantes quedan excluidas del ámbito del comercio de emisiones, contando con un objetivo de reducción específico, establecido en la Decisión 406/2009/CE (Decisión de reparto de esfuerzos). Este objetivo corresponde a alcanzar en el año 2020 una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero comunitarias del 10%, respecto a los niveles del año 2005.

Este último bloque de emisiones proviene de las emisiones generadas en los sectores residencial, transporte, agrícola y ganadero, residuos, gases fluorados e instalaciones industriales no sujetas al comercio de derechos de emisión, y constituye lo que se denomina “emisiones difusas” o “sectores difusos”.

---

España debe reducir sus emisiones en los sectores difusos en un 10% respecto a los niveles de 2005

---

Cada estado miembro debe limitar o reducir sus emisiones difusas según establece el Anexo II de la Decisión de reparto de esfuerzos. En el caso de España, ese objetivo se concreta en una reducción en el año 2.020 del 10% respecto a los niveles de 2.005.

Por otro lado, el artículo 3 y el 10 de la misma Decisión determinan el cálculo del punto inicial de la senda (correspondiente al año 2.005) y los ajustes que deberán realizarse a dicha senda. De esta manera, una vez establecido el porcentaje de reducción para el año final del periodo de compromiso y las premisas de cálculo para el punto inicial de la senda, junto con los posibles ajustes, la Comisión Europea ha trabajado con los estados miembros en la determinación de las *asignaciones anuales de emisiones (AEAs)*. Estas asignaciones anuales de emisiones marcan, en términos de unidades de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq), los límites anuales de emisión para cada estado miembro. Dicho trabajo se traduce en las dos siguientes Decisiones:

- 2013/162/UE: decisión de la Comisión de 26 de marzo de 2.013 por la que se determinan las asignaciones anuales de emisiones de los Estados miembros para el período de 2.013 a 2.020, de conformidad con la Decisión nº 406/2009/CE del Parlamento Europeo y del Consejo
- 2013/634/UE: decisión de ejecución de la Comisión de 31 de octubre de 2013 relativa a los ajustes de las asignaciones anuales de emisiones de los Estados miembros para el período 2013-2020 de conformidad con la Decisión 406/2009/CE del Parlamento Europeo y del Consejo

Ambas decisiones incluyen dos Anexos correspondientes a los valores de las asignaciones anuales de emisiones, o a los ajustes de éstas, aplicando los valores de potencial de calentamiento global del segundo y cuarto informe de evaluación del IPCC respectivamente. De esta manera, en el momento actual trabajamos con los valores del Anexo I, aplicando los valores del cuarto informe de evaluación (Anexo II) a partir del primer año para el que resulte obligatorio su uso en la notificación de los inventarios (año 2.015).

Las asignaciones anuales de emisiones para España son las siguientes:

---

Las *asignaciones anuales de emisiones (AEAs)* marcan los límites máximos de emisiones para un estado miembro

---

Tabla 1 Asignaciones anuales de emisiones para España  
(Fuente, Decisión 2013/162/UE y 2013/634/UE)

|   | 2013    | 2014    | 2015    | 2016    | 2017    | 2018    | 2019    | 2020    |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>PCG – Segundo informe de evaluación IPCC</b> |         |         |         |         |         |         |         |         |
| <b>AEAs<br/>kt CO<sub>2</sub>eq</b>             | 220.903 | 219.144 | 217.384 | 215.625 | 213.866 | 212.107 | 210.347 | 208.588 |

## 2.2 Proyecciones de gases de efecto invernadero

Cada estado miembro tiene la obligación de elaborar y presentar bienalmente las proyecciones de emisiones de gases de efecto invernadero de su país. Esta obligación quedaba regulada por la Decisión 280/2004/CE que fue sustituida recientemente por el Reglamento 525/2013/CE.

El último informe de proyecciones 2011-2030 <sup>1</sup> presentado por España a la Comisión Europea fue enviado el 15 de marzo de 2.013. En éste se detalla la estimación en la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero esperada para el conjunto del territorio nacional, en el periodo de tiempo que abarca desde el año 2.011 a 2.030.

Las próximas proyecciones estarán disponibles en 2015 de acuerdo a las obligaciones de información de la Decisión 280.

Disponemos por tanto, de estimaciones sobre el conjunto global de las emisiones en el periodo 2.013 – 2.020, así como del subconjunto de emisiones difusas. Para el análisis realizado en la elaboración de la hoja de ruta, se ha tomado este último, considerando un escenario que contempla la siguiente tipología de medidas para cada sector:

- Medidas aplicadas: en vigor en legislación nacional o comunitaria de directa aplicación; existen acuerdos voluntarios al respecto; hay asignación de recursos financieros; existe movilización de recursos humanos.
- Medidas adoptadas: objeto de una decisión oficial con un plan definido y compromiso para su ejecución.

<sup>1</sup>[http://cdr.eionet.europa.eu/es/eu/ghgpro/envuurnwg/130315\\_Decision\\_280\\_Art\\_32b\\_NPR.pdf](http://cdr.eionet.europa.eu/es/eu/ghgpro/envuurnwg/130315_Decision_280_Art_32b_NPR.pdf)  
[http://cdr.eionet.europa.eu/es/eu/ghgpro/envuurnwg/MM\\_Article\\_3\\_2\\_Reporting\\_Template\\_v7.1\\_20130315.xls/manage\\_document](http://cdr.eionet.europa.eu/es/eu/ghgpro/envuurnwg/MM_Article_3_2_Reporting_Template_v7.1_20130315.xls/manage_document)

De esta manera, las proyecciones de gases de efecto invernadero para España en el periodo 2.013 – 2.020 en los sectores difusos, se corresponden con la siguiente secuencia.

Tabla 2 Proyección de emisiones 2013-2020 de los sectores difusos en el escenario con medidas adoptadas y aplicadas

(Fuente, MAGRAMA)

|                            | 2013    | 2014    | 2015    | 2016    | 2017    | 2018    | 2019    | 2020    |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Kt CO<sub>2</sub>eq</b> | 216.445 | 217.096 | 218.428 | 219.911 | 221.859 | 224.086 | 226.195 | 228.455 |

### 2.3 Propuesta de una senda de emisiones de gases de efecto invernadero. 2.013 -2.020

Una vez identificados ambos elementos, la senda de cumplimiento anual y las emisiones proyectadas, es posible determinar la brecha existente entre ambas, que será el punto de partida de la Hoja de ruta.

En el siguiente gráfico y tabla se observa claramente cómo la tendencia esperada de nuestras emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores difusos se aleja de la senda de cumplimiento que le corresponde a España en el periodo 2.013 – 2.020.

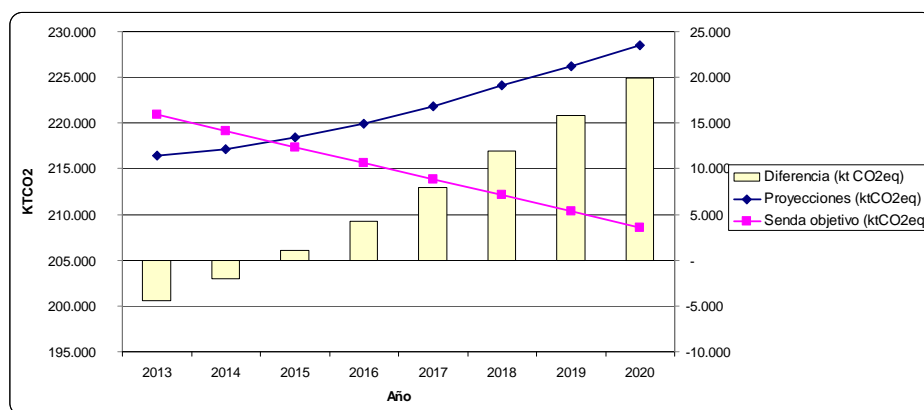


Ilustración 1. Evolución de emisiones de GEI en el escenario con medidas adoptadas y aplicadas junto con la senda de cumplimiento

(Fuente, MAGRAMA)

Tabla 3. Evolución de emisiones de GEI en escenario con medidas adoptadas y aplicadas y senda de cumplimiento

(Fuente, MAGRAMA)

|   | 2013          | 2014           | 2015         | 2016         | 2017         | 2018          | 2019          | 2020          |
|---|---------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>AEAs<br/>(kt CO<sub>2</sub>eq)</b>         | 220.903       | 219.144        | 217.384      | 215.625      | 213.866      | 212.107       | 210.347       | 208.588       |
| <b>Proyecciones<br/>(kt CO<sub>2</sub>eq)</b> | 216.445       | 217.096        | 218.428      | 219.911      | 221.859      | 224.086       | 226.195       | 228.455       |
| <b>Diferencia<br/>Kt CO<sub>2</sub>eq</b>     | <b>-4.458</b> | <b>- 2.048</b> | <b>1.043</b> | <b>4.286</b> | <b>7.993</b> | <b>11.979</b> | <b>15.848</b> | <b>19.867</b> |

Del análisis de la información contenida en la figura y tabla anteriores, se aprecia que durante los dos primeros años del periodo de cumplimiento la tendencia esperada de las emisiones, es inferior a la senda de cumplimiento, porque existe un superávit de asignaciones. A partir del tercer año (2.015), sin embargo, las emisiones esperadas superan las asignaciones de emisiones, siendo cada vez mayor la diferencia. La brecha identificada alcanza en valores netos para el periodo 2.013 – 2.020 los 54,5 MtCO<sub>2</sub>eq.

Dicha evolución esperada en cuanto a déficit y superávit de asignaciones anuales de emisiones se debe analizar en el contexto del artículo 3.3 de la Decisión 406/2009/CE. Ésta establece que un estado miembro podrá arrastrar a los años siguientes la parte de su asignación anual de emisiones de un año dado, que sobrepase sus emisiones de gases de efecto invernadero en dicho año. De esta manera, se plantea la posibilidad de establecer una senda alternativa que tenga en cuenta esto último. Dicha senda quedaría representada por la línea verde del siguiente gráfico.

Se estima un déficit  
neto de asignaciones  
anuales de emisiones  
de 54,5 MtCO<sub>2</sub>eq  
para el periodo 2.013  
- 2.020

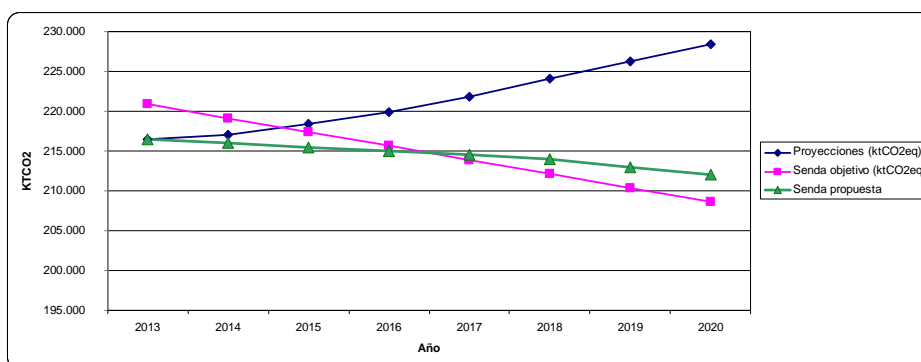


Ilustración 2. Senda de emisiones de GEI propuesta para el cumplimiento de objetivos de reducción en 2020

(Fuente, elaboración propia)



En este caso, hasta el año 2.016 las emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores difusos de España se encontrarían por debajo de las asignaciones anuales de emisiones correspondientes a nuestro país. A partir de 2.017, y para los tres años restantes, las emisiones superan la senda de cumplimiento, siendo el balance global resultante el de cumplimiento de los compromisos de España.

La revisión de las proyecciones en 2015 será importante para discriminar las emisiones difusas del total con mejores datos, afianzar el escenario macroeconómico futuro e incorporar las numerosas medidas legislativas ya adoptadas.

### 3. PROCESO DE ELABORACIÓN

---

La Hoja de Ruta ha sido elaborada por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, en concreto por la Dirección General de la Oficina Española de Cambio Climático. Sin embargo, durante todo el proceso de elaboración se ha contado con la participación de los numerosos agentes implicados en una materia de carácter tan marcadamente horizontal como es el cambio climático. Sin las contribuciones recibidas sobre los temas de sus competencias este documento no habría sido posible.

#### 3.1 *Proceso de elaboración*

La elaboración de la hoja de ruta se basa fundamentalmente en dos pilares. Por un lado en el desarrollo del modelo M3E (Modelización de medidas para la mitigación en España) y por otro, en la identificación de las medidas y de las variables que definen dichas medidas.

M3E es un modelo matemático sobre una hoja de cálculo capaz de analizar las medidas de mitigación propuestas y que incluye un optimizador lineal. Se han ido añadiendo funcionalidades conforme avanzaban los trabajos de análisis y se detectaba la necesidad de su inclusión. Como resultado final, se ha obtenido una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones en materia de mitigación de cambio climático. Por otro lado, tanto el listado de medidas inicial como las variables que definen dichas medidas, ha sido modificado conforme se han compartido con los expertos en las distintas materias, llegando a un conjunto final de 43 medidas consensuadas con los sectores y administraciones competentes.

#### 3.2 *Participación de los agentes implicados*

El diseño y elaboración de la hoja de ruta ha sido tratado y debatido en los foros de discusión que mantiene el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente en materia de cambio climático en los que participan otros departamentos

---

En la elaboración de la hoja de ruta han sido consultadas las administraciones competentes, así como los agentes sociales implicados

---

ministeriales, comunidades autónomas, organizaciones empresariales, sindicatos, organizaciones no gubernamentales, etc. En concreto, ha sido tema de debate en las reuniones de 2.012 y 2.013 de los siguientes órganos:

- Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático (CCPCC), así como en su Grupo Técnico de Mitigación e Inventarios.
- Consejo Nacional del Clima
- Mesa del Diálogo Social: Grupo de los sectores Difusos.

De manera más detallada, se incluyen a continuación los departamentos ministeriales y sus unidades, así como, las restantes administraciones que han sido consultados para la elaboración de esta hoja de ruta:

**Ministerio de Agricultura,  
Alimentación y Medio Ambiente**

- **D.G. Calidad, Evaluación Ambiental y Medio Natural:** SG de Residuos y SG Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial.
- **D.G. Desarrollo Rural y Política Forestal.** SG Programación y Coordinación.
- **D.G. Industria Alimentaria:** SG de la Estructura de la Cadena Alimentaria.
- **D.G. Producción y Mercados Agrarios.** SG Medios de Producción Ganaderos, SG Medios Producción Agrícola y OEVV, SG Frutas, Hortalizas Aceite de Oliva y Vitivinicultura, SG de Cultivos Herbáceos e Industriales

**Ministerio de Fomento**

- **D.G. Arquitectura, Vivienda y Suelo.** SG de Arquitectura y Edificación y SG de Urbanismo.
- **Secretaría General del Transporte.** División Prospectiva y Tecnología del Transporte

- **Secretaría Estado Infraestructuras, Transporte y Vivienda.** SG Planificación de Infraestructuras y Transporte.

**Ministerio de Hacienda y  
Administraciones Públicas**

- **Dep. Informática Tributaria.** SG Aduanas e impuestos especiales.

**Ministerio de Industria, Energía y  
Turismo**

- **D.G. Industria.** SG Planificación Energética y Seguimiento

**Ministerio de Interior**

- **D.G. Tráfico**

**Centro de estudios y Experimentación  
de Obras Públicas (CEDEX).** Centro de estudios y técnicas aplicadas. Centro de estudios hidrográficos

**Instituto para la Diversificación y  
Ahorro de la Energía (IDAE)**

**Comunidades Autónomas y ciudades  
autónomas**

- **D.G. competentes en la materia**

**Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP).** Ayuntamientos de Madrid, Zaragoza, Vitoria.

Diputación de Ávila

Así mismo, han sido consultadas las siguientes organizaciones:

Asociación Española de Agricultura de Conservación

Comisiones Obreras (CCOO)

Cooperativas agroalimentarias

Asociación Española de Distribuidores, Autoservicios y Supermercados (Asedas)

ENDESA Ingeniería Área de Servicios Tecnológicos

Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA).

Fundación Global Nature

Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC)

Green Building Council España (GBCe)

Asociación Española de Repartidores de Costes de Calefacción (AERCCA)

Geothermal Energy (GEOTER)

Asociación Solar de la Industria Térmica (ASIT)

Mesa Nacional de la Alianza Global de Investigación en Agricultura sobre Gases de Efecto Invernadero (GRA)

Asociación Nacional de Maquinaria Agropecuaria, Forestal y de Espacios Verdes (ANSEMAT)

Universidad Politécnica de Madrid: (UPM), CSIC, BC3, IRTA, USC, NEIKER, UPV

Centro de estudios e investigación para la gestión de riesgos agrarios y medioambientales

Organizaciones profesionales agrarias: COAG, UPA, ASAJA

Confederación Española de Organizaciones Empresariales (CEOE).

Purines Almazán

RENFE Viajeros

Respiro Car Sharing

Asociación Española de Gas Natural para la Movilidad (GASNAM), Confederación Española de Transporte de Mercancías (CETM),

SEDIGAS. Asociación Española del Gas

Unión General de Trabajadores (UGT)

Asociación de empresas del Frío y sus tecnologías (AEFTY)

Universidad Pablo Olavide de Sevilla

Universidad de Extremadura

Ministerio de Agricultura de Francia

## 4. EL MODELO M3E

El modelo M3E (Modelización de medidas para la mitigación en España) es un modelo matemático consistente en la evaluación conjunta de medidas de mitigación sectoriales en 8 años de duración del periodo de compromiso. Se analizan medidas de mitigación propuestas para cada año, partiendo de una serie de variables de entrada agrupadas por categorías. M3E permite obtener unas variables de salida en función de las condiciones que se quieran aplicar.

Las variables de entrada se definen para cada medida incluida en el modelo y para cada año analizado, siempre teniendo en cuenta que los valores asignados se refieren a la unidad definida para la medida concreta (m<sup>2</sup> de vivienda, t de bioresiduo, 1 Millón de pasajero-km, etc). Estas variables se agrupan en las siguientes seis categorías:

- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| ■ DEFINICIÓN DE LA MEDIDA   | ■ HORIZONTE TEMPORAL        |
| ■ INVERSIÓN                 | ■ CO <sub>2</sub> – ENERGÍA |
| ■ OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | ■ APLICACIÓN DE LA MEDIDA   |



Asimismo, se define un universo de actuación para cada medida.

En el documento de trabajo se ha detallado el listado de las variables de entrada utilizados por el modelo y una descripción de éstas, así como las fichas descriptivas de las medidas.

El modelo identifica la mitigación por medida en los años en los que aplica, asimismo detrae del universo en cada año aquellas unidades (viviendas, vehículos, etc.) sobre los que ya ha actuado en años anteriores.

M3E, basándose en los datos de entrada, aplica un motor de resolución de problemas de programación lineal para buscar un objetivo (minimizar un coste), cumpliendo una serie de restricciones como son las de cumplir el objetivo de mitigación y proponer grados de aplicación de las medidas realistas, en base a unos valores máximos y mínimos. En nuestro caso, el objetivo elegido para aplicar el modelo ha sido el de minimizar el coste de aplicación de las medidas maximizando el empleo..

El modelo esta soportado en un formato Excel lo que da flexibilidad para la incorporación y modificación de datos así como su gestión futura sin conocimiento de otro tipo de programas muy específicos.

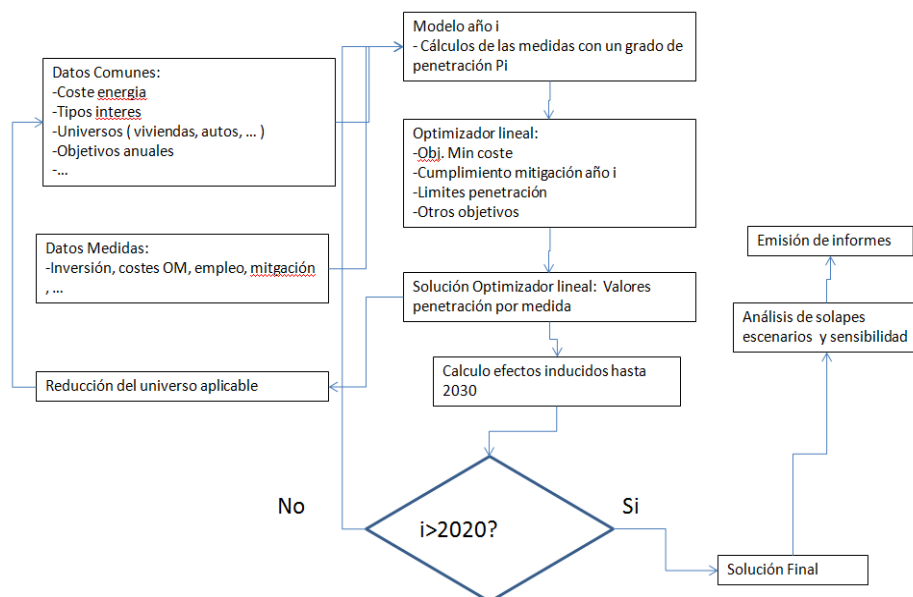


Ilustración 3. Estructura del modelo M3E  
(Fuente, elaboración propia)

En base a los datos de entrada y la ejecución del optimizador lineal, la hoja calcula para cada año y medida parámetros como el valor actual neto (VAN) y el coste marginal de abatimiento (CMA) por tonelada de CO<sub>2</sub>.

Teniendo en cuenta el porcentaje de penetración determinado por el optimizador lineal, la hoja de cálculo ofrece unos resultados totales para cada año y medida de las siguientes variables:

- Mitigación en sectores difusos (MtCO<sub>2</sub>/año)
- Mitigación en sectores ETS (MtCO<sub>2</sub>/año)
- Total Mitigación (MtCO<sub>2</sub>/año)
- Inversión en el año (M€)
- Gastos anuales de O&M (M€/año)
- Coste total (M€)
- Ahorros en Energía (kWh/año)
- Empleo por inversión (hombres/año)
- Empleo O&M (hombres/año)
- Actividad económica local en el año de instalación (M€)
- Actividad económica local en años sucesivos (M€)
- Pay back
- Ingresos fiscales por inversión (M€)
- Ingresos fiscales anuales (M€)

Con esta información de salida se elaboran posteriormente los gráficos y tablas que ilustran los resultados obtenidos.

Adicionalmente el modelo evalúa aspectos tales como la posible superposición de medidas que podría dar lugar a una doble contabilidad de la mitigación producida. Es posible realizar análisis de sensibilidad sobre parámetros clave como son los costes de energía y los tipos de descuento del dinero.

## 5. INFORMACIÓN POR SECTORES. MEDIDAS ANALIZADAS

En este apartado se incluye información sobre las 43 medidas que se han analizado dentro de los sectores difusos residencial, comercial, institucional (RCI), transporte, agricultura, residuos, gases fluorados y sector industrial no sujeto al comercio de derechos de emisión. En concreto, se muestra para cada sector la serie histórica de emisiones de gases de efecto invernadero, obtenida de la edición 2013 del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y se completa dicha información con las emisiones esperadas para dicho sector en el periodo 2013 – 2020 en base a las últimas proyecciones oficiales de emisiones de gases de efecto invernadero.

La información anterior permite enmarcar el conjunto de medidas analizadas en cada sector, cuya descripción se incluye también en este apartado. La información sobre las medidas se ha extractado del documento de trabajo.

### 5.1 Sector residencial, comercial e institucional

Las emisiones generadas por el sector comercial, institucional y residencial suponen un 7% del total de las emisiones del inventario y el 11% de las emisiones totales en difusos y se encuentran recogidas en el capítulo de energía del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero con la denominación “Combustión en otros sectores”. En el año 2011 ascendieron a 24,8 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente.

#### 5.1.1 Serie histórica y proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero

El aumento de las emisiones desde 1990 se ha producido por el desarrollo económico y poblacional experimentado a lo largo del periodo, si bien las emisiones están influenciadas por la climatología anual, pues condiciones climatológicas más benignas generan menor demanda energética y por tanto menores emisiones.



Las emisiones del sector residencial están asociadas al sector energético.

Tabla 4. Evolución de emisiones de GEI desde 1990 a 2011 en el sector RCI

(Fuente, MAGRAMA)

|  | 1990   | 1995   | 2000   | 2005   | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Emisiones del sector RCI (Gg CO<sub>2</sub>-eq)</b> | 17.745 | 20.397 | 25.121 | 30.619 | 27.935 | 27.800 | 26.696 | 28.419 | 24.805 |

Como se puede observar en la siguiente tabla, la evolución futura esperada de las emisiones de este sector muestra una ligera tendencia al alza, cuyo peso recae mayoritariamente en el sector servicios (comercial e institucional).

Tabla 5. Proyección de emisiones de GEI entre 2013 y 2020 en un escenario con medidas adoptadas y aplicadas en el sector RCI

(Fuente, MAGRAMA)

|  | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Proyección de las emisiones del sector RCI (Gg CO<sub>2</sub>-eq)</b> | 29.401 | 29.618 | 29.895 | 30.144 | 30.414 | 30.715 | 31.040 | 31.386 |

La siguiente gráfica representa cómo han evolucionado las emisiones del sector residencial, comercial e institucional desde 1990 hasta el último año en el que se tiene información oficial publicada, que es el año 2011. Además, en la misma gráfica se han representado cómo evolucionarán las emisiones de este mismo sector conforme a los datos oficiales publicados de proyecciones de las emisiones del sector residencial, comercial e institucional desde el año 2013 al año 2020.

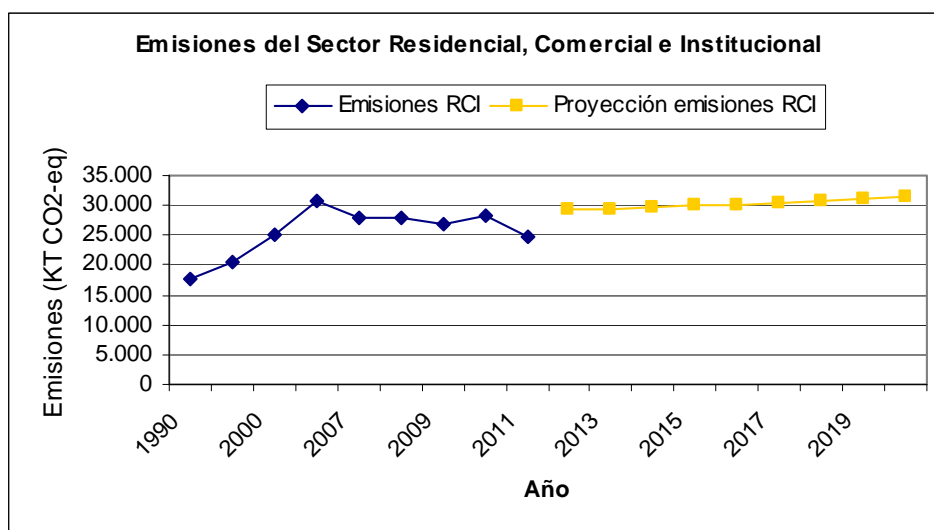


Ilustración 4. Emisiones del Sector RCI: evolución y proyecciones

(Fuente, MAGRAMA)

### **5.1.2 Medidas analizadas**

Las medidas seleccionadas para la hoja de ruta en el sector de la edificación son:

- Rehabilitación en sector residencial
- Rehabilitación en sector institucional de la Administración General de Estado ( AGE)
- Rehabilitación en sector institucional, CC.AA. y local.
- Biomasa en calefacción y ACS
- Geotermia en climatización en reformas importantes.
- Placas solares térmicas para ACS
- Cambios de conducta en el hogar
- Cambio de ventanas
- Reparto de costes de calefacción con válvulas termostáticas
- Cambio de calderas individuales convencionales a condensación

Las tres primeras medidas son de carácter integral y pueden incluir actuaciones contempladas en el resto de medidas, que son más específicas

#### **Rehabilitación en sector residencial**

---

La actual situación en el sector edificación, caracterizada por un descenso drástico en la construcción de nuevas viviendas, lo cual implica que para cumplir con los objetivos establecidos por la UE, de reducción de las emisiones de los sectores difusos en un 10% respecto de las emisiones de 2005, en sector edificación solo podrá lograrse actuando sobre el parque de viviendas existente.

Por otra parte, la estrategia europea a largo plazo, de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero entre un 80% y un 95% para 2050, obliga a establecer una estrategia que obligue a que los nuevos edificios que se construyan sean de consumo energético casi nulo y rehabilitar el parque edificado mediante rehabilitaciones con un alto grado de eficiencia energética.

Por ello, la principal medida para reducir las emisiones de GEI en el sector edificación se ha centrado en la rehabilitación integral en el sector residencial, por generar el 66% de las emisiones del sector edificación.

El cálculo de la medida se ha basado en el estudio efectuado por el Green Building Council España (GBCe), con la asesoría y colaboración del Grupo de Trabajo de



Rehabilitación (GTR), titulado “Escenarios de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) para el sector residencial en España”. La unidad de la medida una vivienda media de 90 m<sup>2</sup>. y el universo de actuación de la medida las viviendas menos eficientes del parque de viviendas en España.

Se plantea un conjunto de medidas por rehabilitación que alcanzan reducciones de emisiones del orden del 70% y que incluyen tanto medidas pasivas sobre la envolvente como medidas de eficiencia y renovables en los sistemas de climatización. Por ello el nivel de inversión es alto pero permite una alta calificación energética con una larga duración de los efectos positivos de la rehabilitación. La medida se aplica sobre un universo equivalente a una fracción de viviendas en climas severos y en condiciones de aislamiento deficiente, esta fracción se estima en un orden de 2 millones de viviendas.

#### **Rehabilitación en sector institucional, AGE**

---

La Directiva 2012/27/UE, relativa a eficiencia energética establece que a partir del 1 de enero de 2014, el 3 % de la superficie total de los edificios con calefacción y/o sistema de refrigeración que tenga en propiedad y ocupe su Administración Central deberán ser renovados anualmente.

La unidad utilizada en esta medida son los m<sup>2</sup> de superficie de edificios de la Administración General del Estado y el universo utilizado para aplicar esta medida es el inventario de edificios de la Administración General del Estado, elaborado en cumplimiento de lo establecido en el art. 5, punto 5 de la citada Directiva 2012/27/UE, elaborado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Dicho inventario especifica el número de edificios 1.763, su superficie útil, 11.200.244 m<sup>2</sup> y el consumo de energético de 1.111.002.491 Kwh.

Los trabajos llevados a cabo en el seno de la Administración con respecto a los niveles óptimos de rentabilidad en materia de rehabilitación implicarían llevar el edificio tratado a los niveles exigidos por el actual código técnico de la edificación, con un ahorro energético asociado de un 30-40%.

#### **Rehabilitación en sector institucional, CC.AA. y local**

---

Como complemento a la medida de rehabilitación en sector institucional en la Administración General de Estado, esta medida pretende involucrar a otras Administraciones regionales y locales en la consecución de objetivos de eficiencia energética en el sector institucional, tal como promueve la Directiva 2012/27/ UE relativa a la eficiencia energética. Los trabajos llevados a cabo en el seno de la Administración con respecto a los niveles óptimos de rentabilidad en materia de

rehabilitación implicarían llevar el edificio tratado a los niveles exigidos por el actual código técnico de la edificación, con un ahorro energético asociado de un 30-40%.

La unidad sobre la que se calcula la medida es el m<sup>2</sup> de edificio de la administración autonómica y local. Para el cálculo de la medida se han asimilado los datos de consumos energéticos del inventario de edificios de la AGE, estimándose un ahorro energético del 35%. El universo utilizado para aplicar la medida asciende a 113 millones de m<sup>2</sup>, según estimaciones del IDAE.

### **Biomasa en calefacción y ACS**

---

Esta medida consiste en la sustitución de calderas de gasóleo o carbón por sistemas de generación de calor utilizando biomasa como combustible, en sistemas de calefacción y ACS en viviendas existentes. La medida es aplicable tanto en edificios de viviendas que ya dispongan de calefacción centralizada como en viviendas unifamiliares que ya dispongan de calefacción.

El cambio de sistema de generación de calor es relativamente sencillo y no requiere importantes inversiones cuando ya existe un sistema de calefacción instalado. En caso de no existir un sistema de calefacción o la calefacción sea por “calor negro”, con radiadores eléctricos, la instalación de calefacción con biomasa requerirá, además de la inversión en la caldera y los sistemas de almacenamiento y abastecimiento, instalar las conducciones de distribución por el edificio y los radiadores en cada vivienda, con el consiguiente incremento de las inversiones necesarias sobre las consideradas en este estudio.

Para el cálculo de la medida se ha utilizado una vivienda media de 90 m<sup>2</sup>. El universo sobre el que se puede aplicar la medida se ha obtenido de los grupos prioritarios del estudio del GBCe de 2012, incluyendo los edificios de viviendas y viviendas unifamiliares que tengan sistema de calefacción instalado, exceptuando las que tengan “calor negro” con radiadores eléctricos o ya tengan instalada biomasa.

### **Geotermia en climatización en reformas importantes**

---

Esta medida consiste en la utilización de geotermia de baja o muy baja entalpía para, mediante bombas de calor, suministrar la energía necesaria para la climatización de edificios de viviendas. La medida es aplicable a edificios de viviendas y viviendas unifamiliares que tengan sistema de calefacción instalado, exceptuando las que tengan “calor negro” y las que ya tengan biomasa. Es más eficaz en zonas del centro peninsular, con altas demandas de calefacción y refrigeración. La utilización de geotermia se estima rentable cuando el edificio requiere calefacción y refrigeración, para instalaciones de 300 kW, equivalente a

80 viviendas. La instalación suele requerir inversiones más elevadas que el cambio a biomasa porque es necesario efectuar sondeos y, por otra parte, porque la forma más eficiente de utilizar la energía geotérmica es utilizando fancoils o con suelo radiante.

Para el cálculo de la medida se ha utilizado una vivienda media de 90 m<sup>2</sup>. El universo sobre el que se puede aplicar la medida, igual que para biomasa, se ha obtenido de los grupos prioritarios del estudio del GBCe de 2012, incluyendo los edificios de viviendas y viviendas unifamiliares que tengan sistema de calefacción instalado, exceptuando las que tengan “calor negro” con radiadores eléctricos o ya tengan instalada biomasa.

### **Placas solares térmicas para ACS**

---

La colocación de colectores de energía solar térmica de baja temperatura en edificios permite transformar esta energía para conseguir agua caliente sanitaria. La medida propone instalar placas solares para ACS en edificios de viviendas y es aplicable a edificios de viviendas que ya dispongan de calefacción y ACS centralizada y a viviendas unifamiliares. Su eficacia aumenta en zonas con alta radiación solar.

Se ha considerado que se instalan 2 m<sup>2</sup> por vivienda, por lo que se aprovecha toda la energía en generar ACS. Se han utilizado datos de coste facilitados por ASIT. El universo sobre el que se puede aplicar la medida se obtiene del censo de viviendas de 2011, considerando las viviendas con calefacción colectiva y las viviendas unifamiliares. Si bien el cálculo se ha efectuado sobre viviendas con calefacción colectiva que suelen tener también ACS centralizada.

### **Cambios de conducta en el hogar**

---

La medida propuesta consiste en desarrollar campañas de divulgación para concienciar a las personas a ser eficientes en el uso de la energía en el hogar. El potencial de la reducción del consumo de energía y de emisiones lograda por cambio de conducta, se ha estimado en un 5% de acuerdo con un estudio de A3E.

Se ha utilizado el estudio “La respuesta de la sociedad española ante el cambio climático. 2013”, para estimar el porcentaje de población susceptible de sensibilizarse en la campaña. Se ha asociado este porcentaje al porcentaje de hogares ó viviendas principales del censo de 2001 que aplicarían cambios de conducta para viviendas de 90m<sup>2</sup>.

### **Cambio de ventanas**

---

La medida consiste en cambiar las ventanas, instalando ventanas con doble acristalamiento y rotura térmica. Se ha considerado el sobre coste de instalar una ventana de gran calidad desde el punto de vista del aislamiento térmico y con respecto a una ventana de bajas prestaciones térmicas. Esta medida reducirá la demanda del consumo de calefacción. Se considera que se consigue reducir un 70% la energía disipada por los cerramientos de huecos de la vivienda.

La medida será aplicable al parque de viviendas permanentes, siendo principalmente eficaz en zonas con alta demanda de calefacción y refrigeración y cuanto menor sea la calidad de las ventanas que se sustituyen. Se ha utilizado el censo de viviendas permanentes de 2001.

### **Reparto de costes de calefacción con válvulas termostáticas**

---

Actualmente es posible, en los sistemas de calefacción colectiva, repartir los costes de la calefacción en función de la cantidad de calor utilizada en cada vivienda. En los edificios en los que el suministro de ACS y calefacción se produce por una sola entrada por vivienda, es fácil repartir el coste instalando contadores en la entrada de cada piso. En los edificios en los que la calefacción se distribuye verticalmente y hay varias entradas y salidas de calefacción en cada vivienda, es necesario instalar calorímetros en cada radiador y un sistema de repartidores de costes de calefacción. Si esta medida se acompaña con la instalación de válvulas termostáticas en cada radiador se tiene como resultado una importante reducción del consumo energético de calefacción que puede alcanzar un 25-30%.

La Directiva 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética, obliga a instalar contadores individuales o sistemas de reparto de costes de calefacción antes del 31 de diciembre de 2016, por lo que el universo sobre el que se aplica la medida son las viviendas principales con calefacción colectiva del censo de 2011.

### **Cambio de calderas individuales convencionales a condensación**

---

La medida supone la sustitución de calderas individuales convencionales de gas natural por calderas de condensación que son calderas de mayor rendimiento, ya que aprovechan el calor contenido en el vapor de agua de los gases de combustión.

Se estima una reducción de consumo energético del 20% por mejora de eficiencia de la caldera de condensación (en condiciones óptimas, que sería del 30%). La

medida es aplicable a de viviendas principales con calefacción individual del censo INE 2011.

## 5.2 Sector transporte

El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero contempla en esta categoría las emisiones de contaminantes debidas al transporte por carretera y otros modos de transporte como ferrocarril en tracción diesel, marítimo nacional y transporte por tubería. Las emisiones asociadas al transporte aéreo nacional y al transporte por ferrocarril por tracción eléctrica, que supone el 75% de los trayectos en ferrocarril, no computan dentro de los sectores difusos dado que se trata de actividades incluidas dentro del régimen comunitario de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.

Las emisiones totales del transporte en el año 2011 fueron 83.6 Millones de tCO<sub>2</sub>-eq de las que el 95% fueron emisiones asociadas al transporte por carretera siendo la contribución del resto de modos muy minoritaria. Respecto del total de emisiones nacionales el transporte supone el 24% de las totales y aproximadamente el 40 % de las emisiones de los sectores difusos.



### 5.2.1 Serie histórica y proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero

En la siguiente tabla se representa la evolución de las emisiones del transporte por carretera, pues como se ha comentado anteriormente representa el 95% de las emisiones del transporte. Desde 1990 las emisiones aumentaron hasta 2007, aunque en los últimos años se ha registrado un notable descenso consecuencia de la crisis económica y de las medidas de mitigación que se han llevado a cabo en este sector.

Más del 90 % de las emisiones del sector provienen del transporte por carretera.

Tabla 6. Evolución de emisiones de GEI desde 1990 a 2011 en el sector transporte  
(Fuente, MAGRAMA)

|  | 1990   | 1995   | 2000   | 2005   | 2007    | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   |
|--|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| <b>TRANSPORTE<br/>(Gg CO<sub>2</sub>-eq)</b> | 53.524 | 63.204 | 80.565 | 95.788 | 102.158 | 96.956 | 90.744 | 87.782 | 83.601 |

La tendencia futura estimada para este sector prevé una tendencia casi plana de las emisiones de gases de efecto invernadero con un ligero incremento aproximado del 6% entre el año 2013 y el 2020.

En la siguiente tabla se incluyen las proyecciones correspondientes a este sector.

Tabla 7. Proyección de emisiones de GEI entre 2013 y 2020 en el sector transporte en un escenario con medidas adoptadas y aplicadas en el sector transporte

(Fuente, MAGRAMA)

|                                  | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>TRANSPORTE</b><br>(Gg CO2-eq) | 79.083 | 79.070 | 79.516 | 80.154 | 81.173 | 82.453 | 83.134 | 83.978 |

A continuación se presenta gráficamente cómo han evolucionado las emisiones del sector transporte desde 1990 hasta el último año en el que se tiene información oficial publicada que es el año 2011. Además, en la misma gráfica se han representado cómo evolucionarán las emisiones de este mismo sector conforme a los datos oficiales publicados de proyecciones de las emisiones del sector transporte desde el año 2013 al año 2020.

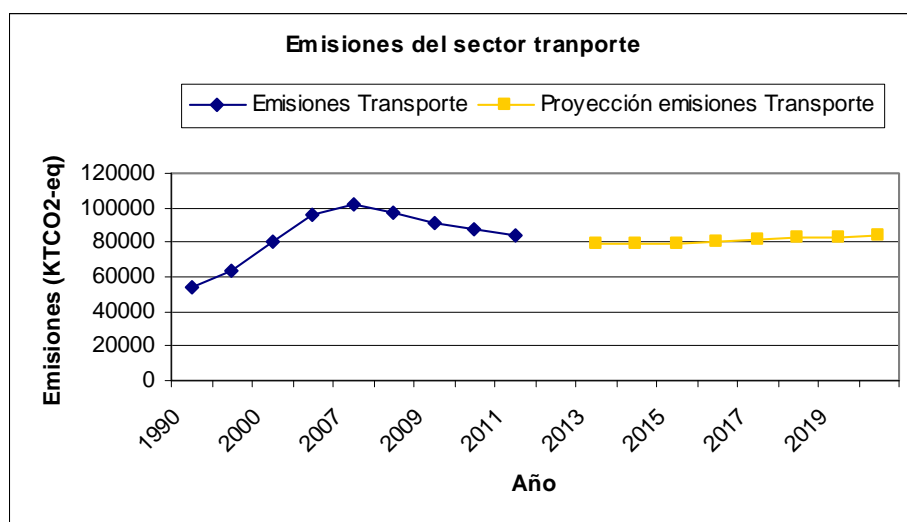


Ilustración 5. Emisiones de GEI en el sector transporte: evolución y proyecciones

(Fuente, MAGRAMA)

### 5.2.2 Medidas analizadas

Se han considerado un total de 12 medidas en el sector transporte, aunque durante el proceso de la elaboración de la hoja de ruta se consideraron otras medidas que finalmente no fueron incluidas.

Dentro de las medidas consideradas se pueden distinguir las de trasvase modal en pasajeros y mercancías, las de mejora de la eficiencia del transporte por carretera, la introducción de modos de propulsión y combustibles con menores niveles de emisión, la mejora de la eficiencia en el transporte, las que promueven la reducción de la movilidad de los pasajeros y por último la renovación de vehículos.

Las medidas que se han considerado son las siguientes:

- Trasvase modal del vehículo privado a la bicicleta en el transporte de pasajeros
- Transvase modal del vehículo privado a modos de transporte colectivo en el transporte de pasajeros
- Trasvase modal de la carretera al ferrocarril en el transporte de mercancías
- Renovación natural de la flota de vehículos ligeros conforme a objetivos de reducción a 2020
- Introducción de vehículos de muy bajas emisiones de CO<sub>2</sub>
- Introducción de biocombustibles de segunda generación en el transporte
- Teletrabajo y otras medidas de reducción de desplazamientos de pasajeros
- Conducción eficiente de vehículos
- Adelantar la renovación natural de vehículos ligeros al óptimo
- Gestión eficiente de flotas
- Uso de biogás en el transporte
- Movilidad cooperativa

---

Se han analizado 12 medidas hacia un transporte más eficaz y bajo en carbono.

---

#### **Trasvase modal del vehículo privado a la bicicleta en el transporte de pasajeros**

---

La medida consiste en trasvasar desplazamientos de pasajeros del vehículo privado que es el modo con mayores emisiones por pasajero a la bicicleta, cuyas emisiones son nulas. Las reducciones que se consiguen con la aplicación de esta medida respecto del escenario base son 100%.

El universo de la medida es la movilidad de pasajeros en pautas urbanas, ya que se considera que la bicicleta sólo puede cubrir las necesidades de movilidad del ámbito urbano. Se considera que sólo desplazamientos por debajo de 5 km son trasvasables del vehículo privado a la bicicleta.

Esta medida contempla el siguiente conjunto de actuaciones: construcción de carriles bici, pacificación de calles, construcción de aparcamientos de bicis, sensibilización y concienciación, sistemas de préstamo, etc.

---

**Trasvase modal del vehículo privado a transporte colectivo de viajeros**

---

La medida consiste en trasvasar desplazamientos del vehículo privado a modos de transporte colectivo de viajeros (autobús, tren, metro, etc). La unidad de referencia es el Millón de pasajeros-km y el universo de la medida es la movilidad de total de pasajeros, incluyendo pauta urbana y pauta interurbana.

Las reducciones que se consiguen con la aplicación de esta medida son del 80% sobre el escenario base. Por su parte la implementación de esta medida es a través de la planificación de la movilidad con el desarrollo de planes de movilidad urbana y planes de gestión de la movilidad al trabajo. No prevé la creación de nuevas infraestructuras del transporte.

---

**Trasvase modal en el transporte de mercancías de la carretera al ferrocarril**

---

La medida consiste en el trasvase del transporte de mercancías por carretera que es el modo con mayores niveles de emisión por unidad transportada, a un modo con menores niveles de emisión como es el ferrocarril. Las reducciones previstas en emisiones de GEI son del 93% sobre el escenario base y el universo de la medida es la movilidad total de mercancías.

La implantación de esta medida contempla las actuaciones de construcción de infraestructuras y mejora de la gestión del transporte de mercancías previstas en el Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI 2012-2024).

---

**Renovación natural de la flota de vehículos ligeros conforme a objetivos de reducción a 2020**

---

Esta medida consiste en la reducción adicional de emisiones de GEI derivada de los nuevos objetivos de reducción<sup>2</sup> acordados para el 2020 para turismos y furgonetas nuevos respecto a los ya establecidos para turismos y furgonetas para los años 2015 y 2017 respectivamente. Las reducciones de GEI previstas varían desde 0% en 2013 al 22% en 2020 y la penetración prevista para la medida coincide con la renovación natural del parque de vehículos ligeros conforme a las proyecciones 2011-2030 realizadas por el MAGRAMA.

---

<sup>2</sup> El Rg UE 333/2014 del Parlamento europeo y del consejo por el que se modifica el Rg 443/2009, y que establece un nuevo objetivo de reducción para turismos nuevos de 95 gr CO<sub>2</sub>/km en 2020. Por su parte el Rg. UE 253/2014 del parlamento europeo y del Consejo por el que se modifica el Rg 510/2011, a fin de establecer las normas para alcanzar el objetivo de 2020 de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos comerciales ligeros nuevos.



Se trata de una medida ya adoptada ya que se acaban de publicar el Regl. UE 333/2014 y el Regl. UE 253/2014, aún así se ha contemplado en esta Hoja de Ruta porque no estaban incluidos en el escenario con medidas de las proyecciones del MAGRAMA 2011-2030.

#### **Introducción de vehículos de muy bajas emisiones**

---

En esta medida se incluye la introducción de aquellos tipos de vehículos con emisiones de CO<sub>2</sub> por debajo de 50 gr CO<sub>2</sub>/km que es límite que marcan los Reg 443/2009 y 510/2011 para este tipo de vehículos. Mayoritariamente son vehículos eléctricos, aunque también se incluyen otros como híbridos enchufables o de pila de hidrógeno. Además, dentro de esta medida se incluyen otro tipo de vehículos como motocicletas y ciclomotores.

Las reducciones que se consiguen con esta medida en los sectores difusos serían del 100% sobre el escenario base y el índice de penetración previsto para esta medida equivaldría a unos 50.000 vehículos acumulados en 2020.

#### **Introducción de biocombustibles de segunda generación**

---

Consiste en la sustitución de combustibles convencionales por biocombustibles de segunda generación. No se han incluido en esta medida los biocombustibles procedentes de cultivos agrícolas ya que las proyecciones en el escenario con medidas adoptadas ya incluía la senda de penetración prevista para estos biocombustibles entre los años 2011 y 2020 del PANER. Además, conforme a las recientes disposiciones adoptadas por MINETUR y al proceso negociador de modificación de la Directivas 2009/28/CE y 1998/70/CE se va reducir notablemente la penetración de biocombustibles procedentes de cultivos agrícolas prevista en el PANER.

El porcentaje de reducción de emisiones sobre el escenario base sería del 100% y el universo de la medida es el total de energía consumido en transporte, y se ha considerado una penetración conservadora de esta medida a 2020.

#### **Teletrabajo y otras medidas de reducción del desplazamientos de pasajeros**

---

Esta medida consiste en la reducción de desplazamientos derivada de la aplicación de medidas como el teletrabajo y otras como la administración electrónica o el uso de videoconferencias.

El porcentaje de reducción de emisiones de GEI sobre el escenario base sería del 80% ya que se considera que al menos una vez a la semana el trabajador tendrá que desplazarse desde su domicilio a su centro de trabajo. Por su parte el universo de la medida es la movilidad total de pasajeros.

#### **Conducción eficiente de vehículos**

---

Consiste en la reducción de emisiones de GEI derivada de la conducción eficiente de vehículos. La medida se aplica sobre todo a conductores de vehículos pesados, aunque también se incluye la conducción eficiente de vehículos ligeros.

El universo de la medida es el número total de vehículos pesados autorizados para el transporte de pasajeros y mercancías y la reducción de emisiones prevista con esta medida es del 3%.

Esta medida se tiene previsto implementar a través de la impartición de cursos de conducción eficiente entre conductores profesionales, así como la introducción de módulos de conducción eficiente en los cursos de obtención del carnet de conducir para vehículos ligeros.

#### **Gestión eficiente de flotas de vehículos**

---

Esta medida se basa en la gestión eficiente de flotas de vehículos pesados a través de un conjunto de medidas como auditorías iniciales, cursos de gestión de flotas, TICS, etc., con objeto de reducir el número de desplazamientos y optimizar la gestión logística de las flotas.

El porcentaje de reducción previsto sobre el escenario base sería del 5% y el universo al que aplica es el número total de flotas de vehículos pesados con más de 1 vehículo.

#### **Adelantar la renovación natural de vehículos ligeros al óptimo**

---

Consiste en adelantar la renovación natural de vehículos ligeros al óptimo, es decir aquel año en el que resulta más rentable realizar la sustitución del coche, en base a los costes de inversión y los sobrecostes de explotación ya que a medida que el coche se hace más antiguo va perdiendo en eficiencia respecto los vehículos nuevos y se incrementan sus costes de mantenimiento. Conforme a análisis realizados por la OECC este punto óptimo se consigue a los 14 años mientras que la edad media de los vehículos retirados de los Planes PIVE y PIMA es de 15 años.

El porcentaje de reducción de esta medida sobre el escenario base sería del 35% que es aproximadamente la diferencia en emisiones entre un vehículo nuevo y otro antiguo y en la penetración de la medida se han considerado el número total de vehículos que en los últimos años se han financiado a través de Planes PIVE o PIMA.

#### **Uso de biogas en transporte**

---

Esta medida consiste en la sustitución de gas natural vehicular por biometano, sobre todo para vehículos pesados. En la valoración de esta medida sólo se han considerado los sobrecostos derivados de la depuración del biogas y posterior compresión para su uso como biometano ya que se considera que aprovecha las infraestructuras de digestión anaerobia de residuos orgánicos y de distribución del gas natural vehicular.

El porcentaje de reducción de emisiones de GEI sobre el escenario base sería del 100% y el universo sobre el que aplica la medida es la cantidad total de energía consumida en transporte. Se ha previsto una penetración conservadora, en concreto 1000 vehículos pesados utilizan biometano en 2020.

#### **Movilidad cooperativa**

---

Esta medida consiste en la reducción de desplazamientos en vehículo privado derivadas de la aplicación de medidas de movilidad cooperativa como uso compartido de coche o vehículos de uso por periodos de tiempo corto.

El porcentaje de reducción de emisiones de esta medida sobre el escenario base es del 35%, por el menor uso del vehículo privado, y el universo previsto para esta medida sería la movilidad total de pasajeros

### **5.3 Sector agrícola y ganadero**

En este sector se contemplan las emisiones comprendidas en el capítulo agricultura del Inventario Nacional de Emisiones y las comprendidas en el sub-apartado combustión en agricultura dentro del capítulo de energía, las cuales suponen un 14% del total de las emisiones de España y 22% de las emisiones de los sectores difusos. Tienen especial relevancia las emisiones de los suelos agrícolas, que suponen la mitad de las emisiones del sector agrícola, las emisiones derivadas de la gestión de estiércoles y las emisiones derivadas del uso de combustibles por la maquinaria agrícola.

### 5.3.1 Serie histórica y proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero

El aumento de las emisiones en este sector se ha debido mayoritariamente al aumento de la cabaña ganadera pues está directamente relacionada con las emisiones de fermentación entérica, gestión de estiércoles y emisiones de suelos agrícolas, si bien el uso de fertilizantes inorgánicos también ha tenido una influencia relevante sobre el aumento de las emisiones de los suelos agrícolas españoles.

En las siguientes tablas se muestra la evolución de las emisiones y las proyecciones estimadas. Las proyecciones de gases de efecto invernadero indican una tendencia a la baja del sector debido fundamentalmente a la disminución de las emisiones provenientes de la fermentación entérica, que compensa el incremento en emisiones de la quema de residuos agrícolas y de la maquinaria móvil.



El sector agrícola y ganadero es el segundo más emisor dentro de los sectores difusos

Tabla 8. Evolución de emisiones de GEI desde 1990 a 2011 en el sector agrícola y ganadero  
(Fuente, MAGRAMA)

|  | 1990   | 1995   | 2000   | 2005   | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>AGRÍCOLA Y GANADERO (Gg CO2-eq)</b> | 45.919 | 46.238 | 46.759 | 47.261 | 47.452 | 47.550 | 47.680 | 47.730 | 47.791 |

Tabla 9. Proyección de emisiones de GEI entre 2013 y 2020 en un escenario con medidas adoptadas y aplicadas en el sector agrícola y ganadero  
(Fuente, MAGRAMA)

|  | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>AGRÍCOLA Y GANADERO (Gg CO2-eq)</b> | 50.273 | 50.238 | 50.202 | 50.094 | 50.018 | 49.894 | 49.838 | 49.776 |

En la siguiente gráfica se presenta cómo han evolucionado las emisiones del sector agrícola y ganadero desde el año base del Protocolo de Kioto hasta el último año en el que se tiene información oficial publicada que es el año 2011. Además, en la misma gráfica se han representado cómo evolucionarán las emisiones de este mismo sector conforme a los datos oficiales publicados de proyecciones de las emisiones del sector agrícola y ganadero desde el año 2013 al año 2020.

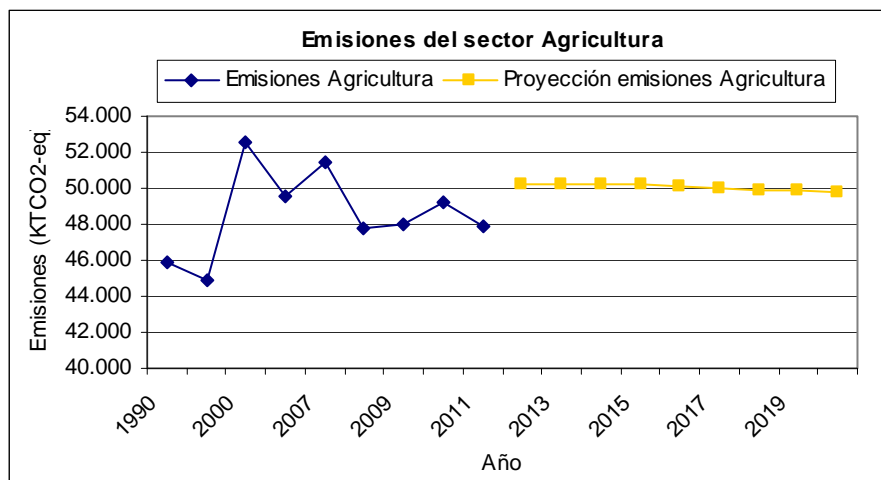


Ilustración 6. Emisiones de GEI en el sector agrícola y ganadero: evolución y proyecciones  
(Fuente, MAGRAMA)

### 5.3.2 Medidas analizadas

Las medidas que se exponen a continuación se han elaborado para reducir las emisiones dentro del sector agrícola y ganadero en aquellas actividades que suponen mayores emisiones de acuerdo a las categorías del inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero, como son los suelos agrícolas, la gestión de estiércoles y la utilización de combustibles fósiles por parte de la maquinaria agrícola.

Se han analizado 9 medidas en diferentes campos de aplicación.

Las medidas consideradas son las siguientes:

- Digestión anaeróbica de deyecciones ganaderas con tratamiento de nitrificación-desnitrificación
- Digestión anaeróbica de deyecciones ganaderas y otros cosustratos
- Introducción de leguminosas en praderas gestionadas que utilicen fertilización sintética
- Siembra directa
- Formación para mejorar la eficiencia en la fertilización
- Conducción eficiente de tractores
- Utilización de los residuos de poda de cultivos leñosos evitando su quema
- Incorporación al suelo de los residuos de poda de cultivos leñosos
- Introducción de cubiertas de leguminosas sembradas en cultivos leñosos en regadío.

En la elaboración de estas medidas se ha detectado un amplio potencial de desarrollo, si bien la complejidad de las medidas en este sector, por la elevada interrelación de distintos factores existente en el sector agrícola y ganadero hace que

el diseño e implementación de medidas en este sector tenga un mayor grado de dificultad que en otros sectores.

#### **Digestión anaeróbica de deyecciones ganaderas con tratamiento de nitrificación-desnitrificación**

---

Esta medida consiste en la reducción de las emisiones derivadas de las deyecciones ganaderas. La unidad de referencia de esta medida es el metro cúbico de purín tratado mediante biodigestión y tratamiento de nitrificación-desnitrificación. Se considera que el escenario de referencia sería la aplicación de ese purín al campo. Esta medida se ha diseñado para el tratamiento de purín de porcino, si bien sería ampliable a otro tipo de deyecciones ganaderas u otros co-sustratos.

Mediante esta medida se reducen las emisiones de CH<sub>4</sub> y de N<sub>2</sub>O y para su implementación se requiere la construcción de una planta de tratamiento que incluya un sistema de nitrificación-desnitrificación.

#### **Digestión anaeróbica de deyecciones ganaderas y otros cosustratos**

---

Esta medida es complementaria a la medida de digestión anaeróbica de deyecciones ganaderas con tratamiento de nitrificación-desnitrificación pues también consiste en la reducción de las emisiones derivadas de las deyecciones ganaderas.

Se considera que el escenario de referencia sería la aplicación de ese purín al campo. La medida contempla la construcción de plantas tipo para el tratamiento del purín que generarán reducciones mayoritariamente de CH<sub>4</sub>.

Esta medida se ha diseñado para el tratamiento de purín de porcino, si bien sería ampliable a otro tipo de deyecciones ganaderas u otros co-sustratos.

#### **Introducción de leguminosas en praderas gestionadas que utilizaran fertilización sintética**

---

El objetivo de esta medida es reducir las emisiones de los suelos de praderas de regadío mediante la incorporación de leguminosas en la pradera de tal manera que la fijación de nitrógeno atmosférico que producen las leguminosas compensa la necesidad de utilizar fertilizantes minerales. El universo al que aplica esta medida es el terreno dedicado en España a cultivo de praderas polifitas en regadío.

Además de los beneficios que aporta desde una perspectiva de mitigación del cambio climático, esta medida es adecuada desde una perspectiva de mejora de la fertilidad del suelo así como de mejora de la biodiversidad tanto del suelo como de flora y fauna. Esta medida tiene, por tanto, un beneficio desde otras muchas perspectivas de la sostenibilidad y confiriendo una mayor resiliencia a la pradera lo cual le confiere una mayor capacidad de adaptación al cambio climático.

### **Siembra directa**

---

Esta medida consiste en la aplicación de técnicas de agricultura de conservación de tal manera que se reducen las emisiones de los suelos agrícolas así como las emisiones derivadas de la utilización de gasóleo por la maquinaria agrícola. Además, esta medida mejora la resiliencia del suelo, y estudios científicos señalan que es beneficiosa también desde una perspectiva de adaptación al cambio climático.

El universo al que aplica esta medida es el número total de hectáreas dedicadas al cultivo de cereales en España, siendo la unidad de referencia una hectárea de cultivo de cereal. Esta medida también sería aplicable a otros cultivos, en caso de que se quisiese ampliar el ámbito de actuación.

Para su implementación se requiere de formación a los agricultores pues es necesario un cambio de mentalidad. En este supuesto, se ha considerado que se mantiene el rendimiento si bien existen artículos científicos que, para las condiciones españolas, avalan el aumento del rendimiento mediante la utilización de esta técnica.

### **Formación para mejorar la eficiencia en la fertilización**

---

Las emisiones de los suelos agrícolas suponen alrededor del 50% de las emisiones del capítulo agricultura del inventario y su causa es la fertilización de dichos suelos. Es, por tanto, imprescindible llevar a cabo a nivel nacional una medida efectiva de formación, concienciación y sensibilización de tal manera que se logre una reducción de las emisiones de N<sub>2</sub>O derivadas de los suelos agrícolas españoles.

La unidad de referencia de esta medida es la reducción de 1KTCO<sub>2</sub>equivalente mediante la mejora de la eficiencia en la fertilización a través de una campaña de formación anual durante 10 años. El universo al que aplica la medida es el total de emisiones generadas por el N aplicado a los suelos agrícolas españoles.

Esta medida tiene como finalidad la mejora en la eficiencia en la fertilización de tal manera que se fertilice en el momento adecuado, utilizando fertilizantes orgánicos e inorgánicos en las dosis adecuadas evitando problemas de emisiones de N<sub>2</sub>O a la atmósfera y problemas de lixiviación y escorrentía. Por tanto esta medida, además de mitigar el cambio climático tiene otros muchos efectos colaterales positivos pues

mejora la fertilidad del suelo, mejora los problemas de contaminación de suelos y aguas y fomenta el uso de los estiércoles y purines de una manera racional.

La formación constará de una parte teórica, pero la mayor parte será práctica con clases sobre el terreno y utilizando casos de éxito en los que los agricultores puedan ver cómo otro agricultor ha realizado una correcta fertilización, manteniendo el rendimiento de sus cosechas, minimizando sus costes y reduciendo sus emisiones.

### **Conducción eficiente de tractores**

---

Consiste en la reducción de emisiones de GEI derivada de la conducción eficiente de tractores que realizan una media de 450 horas anuales de labor. La unidad de referencia será 1 tractor, siendo el universo el total de tractores en uso existentes en España.

El porcentaje de reducción previsto sobre el escenario base sería del 7%, este porcentaje es muy conservador teniendo en cuenta los resultados obtenidos con el Proyecto Europeo Efficient 20, según el cual la reducción en el consumo de gasóleo por tractor ascendía al 20%.

Esta medida tiene previsto implementarse a través de la impartición de cursos de conducción eficiente entre tractoristas y consistirá de una parte teórica y una parte sobre el terreno.

### **Utilización de los residuos de poda de cultivos leñosos evitando su quema**

---

Mediante esta medida se reducen las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O generadas por la quema de residuos de los cultivos leñosos, siendo la unidad de referencia los residuos generados en una hectárea en producción de olivar, viñedo, frutales y frutos secos. La reducción de emisiones de la medida es del 100% y el universo de la medida es el número total de hectáreas destinadas a cultivos leñosos.

La biomasa recuperada será destinada a sustitución de combustibles fósiles, si bien en esta medida no se han tenido en cuenta dicha reducción de emisiones pues ha sido contemplada en las medidas correspondientes del sector residencial y del sector industria no ETS.



### **Incorporación al suelo de los residuos de poda de cultivos leñosos**

---

Esta medida es similar a la anterior, pues evita las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O generadas por la quema de los residuos de poda generados en una hectárea en producción de olivar, viñedo, frutales y frutos secos. Además, al incorporarlos al suelo tras su picado, se reducen las emisiones de N<sub>2</sub>O del suelo generadas por la fertilización. El universo que se ha considerado es toda la superficie en producción en España dedicada a olivar, viñedo, frutales y frutos secos.

Esta medida tiene una importante ventaja secundaria que es el aumento del carbono orgánico en el suelo.

### **Introducción de cubiertas de leguminosas sembradas en cultivos leñosos en regadío.**

---

Esta medida se centra en reducir las emisiones de los suelos de cultivos leñosos en regadío en España. Por tanto, la unidad de referencia es la hectárea de cultivos leñosos en regadío en la que se siembra una cubierta vegetal de leguminosas. Al haber sido concebida para superficies en regadío, no habrá una competencia por el agua. Además, dicha cubierta vegetal de leguminosas, mediante la fijación de nitrógeno que produce, genera que se optimice la cantidad de fertilizante que hasta el momento se venía utilizando. Además, esta medida es también beneficiosa desde otras muchas perspectivas de la sostenibilidad y confiriendo una mayor resiliencia a la pradera lo cual le confiere una mayor capacidad de adaptación al cambio climático.

El universo sobre el que aplica la medida es el número total de hectáreas de cultivos leñosos en regadío.

## **5.4 Sector residuos**

Las emisiones generadas por el tratamiento y eliminación de los residuos en España suponen el 4% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero y el 6,5% de las emisiones de los sectores difusos. Son principalmente emisiones de metano y óxido nitroso generadas en su mayor parte por el depósito de los residuos en vertederos y por el tratamiento de las aguas residuales.

### **5.4.1 Serie histórica y proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero**

Desde 1.990 las emisiones del sector residuos han aumentado considerablemente debido a una mayor generación de residuos cuyo destino mayoritario ha sido el



tratamiento en vertederos y por otra parte debido a una mayor cantidad de volumen de aguas tratadas.

Tabla 10. Evolución de emisiones de GEI desde 1990 a 2011 en el sector residuos  
(Fuente, MAGRAMA)

|                                 | 1990  | 1995  | 2000   | 2005   | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   |
|---------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>RESIDUOS<br/>(Gg CO2-eq)</b> | 7.323 | 8.934 | 10.763 | 11.721 | 12.588 | 13.121 | 13.478 | 13.776 | 13.901 |

Sin embargo, existe un claro cambio en la tendencia cuando comparamos la serie histórica con las proyecciones existentes para este sector en el periodo 2.013 – 2.020. En este caso, las emisiones presentan una disminución constante que supone una reducción de casi el 10% de las emisiones en el año 2.020 respecto al 2.013. Este descenso es debido a que dentro de las medidas contempladas en la elaboración de las proyecciones, se incluye la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados, que traspone la Directiva 2008/98/CE. Esta ley contempla unos objetivos de reciclaje y valorización cuyo cumplimiento tiene gran influencia en las emisiones de gases de efecto invernadero, como se aprecia en la siguiente tabla y gráfico.

Las emisiones del sector residuos representan el 6% de los sectores difusos

Tabla 11. Proyección de emisiones de GEI entre 2013 y 2020 en un escenario con medidas adoptadas y aplicadas en el sector residuos  
(Fuente, MAGRAMA)

|                                 | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>RESIDUOS<br/>(Gg CO2-eq)</b> | 14.199 | 14.100 | 13.916 | 13.699 | 13.483 | 13.279 | 13.091 | 12.912 |

En la siguiente gráfica se presenta cómo han evolucionado las emisiones del sector residuos desde el año base del Protocolo de Kioto hasta el último año en el que se tiene información oficial publicada que es el año 2011. Además, en la misma gráfica se han representado cómo evolucionarán las emisiones de este mismo sector conforme a los datos oficiales publicados de proyecciones de las emisiones del sector residuos desde el año 2013 al año 2020.

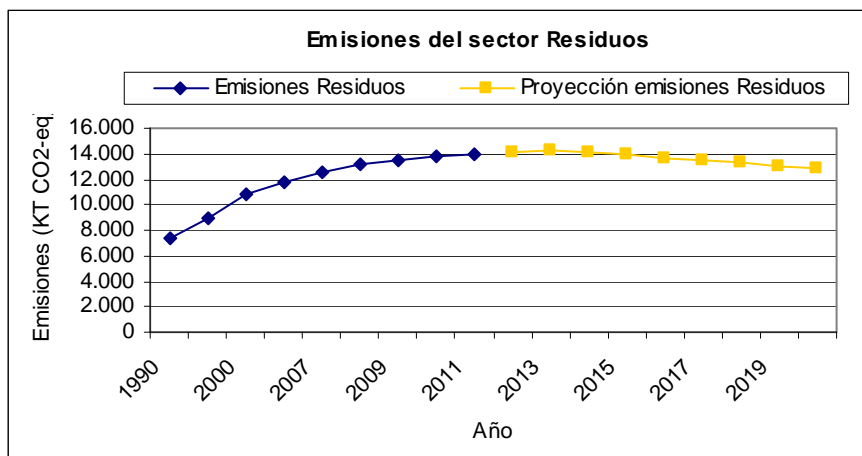


Ilustración 7. Emisiones de GEI en el sector residuos: evolución y proyecciones  
(Fuente, MAGRAMA)

#### 5.4.2 Medidas analizadas

En el sector residuos se han analizado siete medidas. Una de ellas enmarcada en la prevención de la generación de residuos, mientras que las otras seis persiguen evitar el depósito del residuo en vertedero. De esta manera, se pretende reforzar la jerarquía de los residuos actuando sobre aquellos flujos que podrían tener un tratamiento distinto al depósito en vertedero.

La prevención y la gestión adecuada del bioresiduo, además de reducir las emisiones causantes del cambio climático, contribuirán a la gestión sostenible de los recursos, la protección del suelo, las energías renovables y al cumplimiento de la normativa en materia de vertido. Ha de tenerse en cuenta que con una buena separación en origen, el compost que se obtiene es de mejor calidad y su aplicación o comercialización más rentable.

Por otra parte, los beneficios de la detracción del bioresiduo con destino a vertedero producirá beneficios durante un periodo muy superior al horizonte 2020 sobre el que se plantean estas medidas, ya que el periodo medio de generación de metano por los residuos en vertedero es mayor de 25 años. Además, una cantidad importante de las emisiones actuales, que corresponden a los residuos depositados en las últimas décadas, también irá reduciendo su contribución.

Otra de las consideraciones que se han tenido en cuenta es el tipo de población al que se dirige la medida, en función del tamaño de las poblaciones objetivo y su densidad de población, para optimizar su eficiencia y coste.

Las medidas consideradas son las siguientes:

- Compostaje doméstico o comunitario
- Recogida separada de biorresiduo con destino compostaje (Pequeñas plantas en entornos rurales)

Las medidas  
detracen residuos de  
su depósito en  
vertedero y  
previenen su  
generación

- Recogida separada de biorresiduo con destino compostaje (Plantas con capacidad 2.500 – 15.000t)
- Recogida separada de biorresiduo con destino compostaje (Plantas con capacidad 15.000 – 50.000t)
- Recogida separada de biorresiduo con destino biometanización
- Reducción desperdicios alimentarios
- Incremento de la recogida separada de papel en el canal municipal

### **Compostaje doméstico o comunitario**

---

Se trata de la separación en origen del bioresiduo o fracción orgánica de los residuos urbanos (FORU) para su reciclado in situ, mediante compostaje doméstico o comunitario. La medida va destinada a familias, colegios, o comunidades de vecinos, en ámbitos rurales, semiurbanos y urbanos.

Esta medida consigue unas reducciones del 100% sobre el escenario base y el universo de la medida es la cantidad total de materia orgánica y restos vegetales depositados en vertedero.

La implementación de la medida conlleva la distribución de compostadores entre la población objetivo, así como una campaña de concienciación/formación entre los hogares y comunidades implicados para asegurar el éxito de la medida. Como resultado se evita el envío de bioresiduo al vertedero, se reduce la frecuencia de recogida de la fracción resto de los residuos y se obtiene compost de buena calidad.

### **Recogida separada de biorresiduo con destino compostaje (Pequeñas plantas en entornos rurales)**

---

Esta medida se ha pensado específicamente para entornos rurales. Se trata de recoger separadamente los bioresiduos de la fracción resto, para su tratamiento en pequeñas plantas con una capacidad de hasta 2.500 t/año, relativamente cerca de los núcleos de población a los que da servicio.

Esta medida consigue unas reducciones del 100% sobre el escenario base y el universo de la medida es la cantidad total de materia orgánica y restos vegetales depositados en vertedero. No obstante esta medida se centra en entornos rurales.

La implementación de la medida requiere una nueva estrategia de recogida y la renovación de la flota según los casos, así como la construcción de las instalaciones de compostaje, de mayor o menor capacidad en función de la población atendida.

**Recogida separada de biorresiduo con destino compostaje (Plantas con capacidad 2.500 – 15.000t)**

---

Esta medida tiene como población objetivo los entornos semiurbanos principalmente y parte de entornos urbanos.

Consigue unas reducciones del 100% sobre el escenario base y el universo de la medida es la cantidad total de materia orgánica y restos vegetales depositados en vertedero.

Como en los casos anteriores, la implementación requiere un cambio en el modelo de recogidas, y la construcción de nuevas plantas de compostaje en función de la población atendida. Los beneficios vienen igualmente de la disminución en la frecuencia de recogida y de la detracción de biorresiduos con destino a vertedero.

**Recogida separada de biorresiduo con destino compostaje (Plantas con capacidad 15.000 – 50.000t)**

---

Consiste en la recogida selectiva de biorresiduo para su destino final en compostaje aunque en este caso la población objetivo es eminentemente urbana.

Esta medida consigue unas reducciones del 100% sobre el escenario base y el universo de la medida es la cantidad total de materia orgánica y restos vegetales depositados en vertedero.

La implementación y los resultados siguen la misma línea de las medidas anteriores, con el consiguiente efecto escala.

**Recogida separada de biorresiduo con destino Biometanización**

---

Se trata implantar un sistema de recogida separada del biorresiduo, pero en este caso con destino a una planta de biometanización, para su utilización como biocombustible. La población objetivo es eminentemente urbana, ya que se estiman plantas con capacidad entre 40.000 y 52.000 t

La mitigación en este caso se realiza en dos vertientes, una de ellas homóloga a las anteriores por disminución de la frecuencia de recogida y evitar el biorresiduo en vertedero, y por otra el ahorro que supone la utilización de una energía renovable, estimada en base al Estudio técnico para el PER 2011-2020.

Esta medida consigue unas reducciones del 100% sobre el escenario base y el universo de la medida es la cantidad total de materia orgánica y restos vegetales depositados en vertedero.

### **Reducción desperdicio alimentario**

---

Esta medida se enmarca en la prevención en la generación de residuos. A nivel internacional hay inquietudes (FAO, Preparatory study on food waste across EU27 de la Comisión Europea), y a nivel nacional, el magrama en su Estrategia “mas alimento menos desperdicio” y en otros documentos de prevención de residuos, se aborda esta problemática. Aunque no existe consenso sobre la definición del desperdicio alimentario si se apunta al sector Hostelería y hogares donde se encuentra más margen de actuación.

El universo de la medida es la cantidad de desperdicios alimentarios generados en España y las reducciones que se consiguen sobre el escenario base son del 100%.

La medida propuesta consiste en desarrollar campañas de divulgación para promocionar pautas de compra, conservación y preparación responsable de los alimentos, tanto en los hogares como en el sector hostelería.

### **Incremento de la recogida separada de papel en el canal municipal**

---

Esta medida consiste en incrementar la recogida y reciclaje de papel en el canal municipal (hogares, pequeño comercio, HORECA, edificios, bancos y oficinas). El papel, aunque en términos genéricos puede considerarse como fracción orgánica de los residuos sólidos, debe considerarse separadamente por varias razones: cuenta con un canal de recogida propio, su mayor potencial para recogida selectiva y reciclaje y su potencial emisor de metano es superior al bioresiduo

Las reducciones que se consiguen sobre el escenario base son del 100% y el universo de la medida es la cantidad de papel depositado en vertedero.

La medida contempla la implantación de la recogida selectiva de papel en el canal municipal con especial énfasis en colegios, universidades y administraciones, mediante la implantación de contenedores específicos y de refuerzo de la recogida en su caso, con destino al reciclaje del papel.

## **5.5 Sector gases fluorados**

En el sector de los gases fluorados se debe hacer una distinción entre las emisiones asociadas a las fugas de equipos que utilizan estos gases: sistemas de refrigeración y aire acondicionado, sistemas de extinción de incendios, aerosoles, espumas de aislamiento y equipos eléctricos de aquellas emisiones asociadas a las emisiones puntuales derivadas de la fabricación de HFCs (sobre todo de HFC 23, gas de



potencial de calentamiento de 12000 que se emite como subproducto de la fabricación de otros HFCs).

Las emisiones asociadas a las fugas de los equipos que los utilizan supusieron aproximadamente 8 MTCO<sub>2</sub> en 2011 mientras que las emisiones puntuales de la fabricación de HFCs fueron 1 MTCO<sub>2</sub>. En total, representaron aproximadamente 9 MTCO<sub>2</sub>, el 3% del total y el 4% de los sectores difusos.

### 5.5.1 Serie histórica y proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero

En la siguiente tabla se representa la evolución de las emisiones asociadas a la producción y consumo de gases fluorados. Como se puede observar se han incrementado desde 1990, consecuencia de la sustitución de CFCs y HCFCs, gases regulados por el Protocolo de Montreal de sustancias que agotan la capa de ozono, por HFCs.

Las emisiones del sector contribuyen al 4% de los sectores difusos

Tabla 12. Evolución de emisiones de GEI desde 1990 a 2011 en el sector de los gases fluorados  
(Fuente, MAGRAMA)

|   | 1990  | 1995  | 2000  | 2005  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>GASES FLUORADOS (Gg CO<sub>2</sub>-eq)</b> | 2.470 | 4.754 | 8.636 | 5.822 | 6.826 | 7.605 | 7.947 | 8.906 | 8.925 |

La evolución prevista de las emisiones en el escenario con medidas se refleja en la tabla siguiente. Como se observa se ha proyectado un incremento notable en las emisiones como consecuencia de que parte del banco de CFCs y HCFCs (sobre todo HCFC-22 instalado en aparatos de refrigeración y climatización) tiene que sustituirse por HFCs.

Tabla 13. Proyección de emisiones de GEI entre 2013 y 2020 en un escenario con medidas adoptadas y aplicadas en el sector de los gases fluorados

(Fuente, MAGRAMA)

|                                    | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>GASES FLUORADOS (Gg CO2-eq)</b> | 13.216 | 14.026 | 14.774 | 15.526 | 16.258 | 16.981 | 17.625 | 18.234 |

En la siguiente gráfica se presenta cómo han evolucionado las emisiones del sector fluorados desde el año base del Protocolo de Kioto hasta el último año en el que se tiene información oficial publicada que es el año 2011. Además, en la misma gráfica se han representado como evolucionarán las emisiones de este mismo sector conforme a los datos oficiales publicados de proyecciones de las emisiones del sector fluorados desde el año 2013 al año 2020.

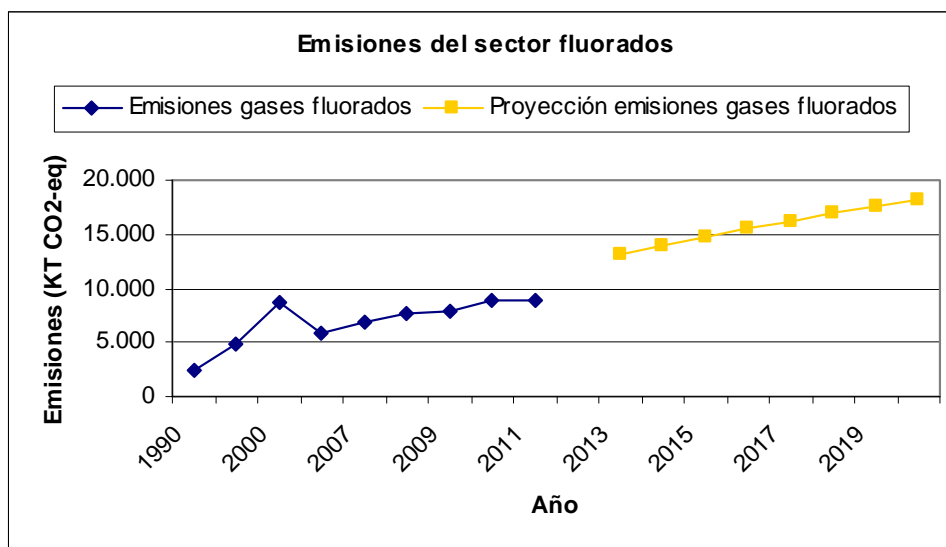


Ilustración 8. Emisiones de GEI en el sector de los gases fluorados: evolución y proyecciones  
(Fuente, MAGRAMA)

### 5.5.2 Medidas analizadas

Las medidas consideradas derivan de la aprobación de normas tanto a nivel europeo como nacional, cuya tramitación se ha llevado a cabo en 2013. Concretamente la ley 16/2013, de 29 de octubre, por la que se establecen determinadas medidas en materia de fiscalidad medioambiental y se adoptan determinadas medidas tributarias



y financieras así como la reciente aprobación del Regl. UE 517/2014 sobre determinados gases fluorados de efecto invernadero.

La ley 16/2013 junto con el “phase down” a la comercialización de los HFCs previsto en el Regl. 517/2014 va a suponer una reducción muy importante en las emisiones asociadas a las fugas de los equipos que utilizan estos gases, sobre todo equipos de refrigeración y climatización. Además, otra de las medidas prevista en el Regl. 517/2014 supone la eliminación de las emisiones del HFC 23 (un gas fluorado con un potencial de calentamiento de 12000) de la única planta que fabrica gases fluorados en España.

Se trata por tanto de medidas que ya han sido adoptadas en 2013 y 2014, y que en próxima edición de proyecciones del MAGRAMA deberán contemplarse en el escenario de medidas ya adoptadas y aplicadas y por tanto, dejarán de ser medidas adicionales.

Las medidas que específicamente se han contemplado en el sector de los gases fluorados son:

- Sustitución de equipos que utilizan HFCs por otros equipos que utilizan gases con menor potencial de calentamiento atmosférico
- Correcto mantenimiento de equipos que utilizan HFCs
- Eliminación de HFC-23 generado como subproducto

#### **Sustitución de equipos que utilizan HFCs por otros equipos que utilizan gases con menor potencial de calentamiento atmosférico**

Consiste en la sustitución de equipos que utilizan HFCs (sobre todo equipos de refrigeración/climatización) por otros equipos de alternativos que utilicen gases con un potencial de calentamiento muy inferior. Las reducciones en emisiones de CO2 derivadas de la aplicación de esta medida serían del 80% y el universo de la medida es el banco total de HFCs existente

Se trata de una medida que ya está activada por medio de la Ley 16/2013 y el Regl. 517/2014.

#### **Correcto mantenimiento de instalaciones existentes que utilizan HFCs**

Consiste en la mejora de mantenimiento de instalaciones de refrigeración y climatización existentes que consiguen reducir la tasa de fugas anuales del 20% al 10%.

---

Se han analizado dos medidas para reducir las fugas y otra para eliminar el agente responsable.

---

Las reducciones en emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la aplicación de esta medida serían del 50% y el universo de la medida es el banco total de HFCs existente en equipos de refrigeración y climatización.

Se trata de una medida que ya está activada por medio de la Ley 16/2013 y el Reglamento 517/2014.

#### **Eliminación del HFC – 23 generado como subproducto**

Consiste en la destrucción del HFC-23 generado como subproducto en la fabricación de otros gases como R22 y R32 de la única planta de fabricación de HFCs existente en España.

Las reducciones que se consiguen sobre el escenario base son del 100% siendo una medida que se implementará a partir del 2016, dando cumplimiento al Reglamento 517/2014.

Se trata, por tanto, de una medida que ya se encuentra activada por medio del Reglamento 517/2014.

### **5.6 Sector industrial no sujeto al comercio de derechos de emisión**

El sector industrial no sujeto al comercio de derechos de emisión queda recogido en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto invernadero, dentro del capítulo de energía y bajo la denominación de Combustión en la industria. Las emisiones de GEI de los sectores industriales no incluidos dentro del régimen comunitario de derechos de emisión representan el 7% de las emisiones totales de España y aproximadamente el 11% de las emisiones de los sectores difusos.

Aproximadamente el 40% de las emisiones de este sector son emisiones difusas, generadas por el uso de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos en los procesos de combustión realizados en la industria.



#### **5.6.1 Serie histórica y proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero**

Se aprecia una disminución de las emisiones producida por cambios en la distribución del consumo de combustibles. Ha aumentado el consumo de gas natural en detrimento de los combustibles sólidos.

La industria no ETS contribuye con el 11% de las emisiones de los sectores difusos.

Tabla 14. Evolución de emisiones de GEI desde 1990 a 2011 en sector industrial no ETS

(Fuente, MAGRAMA)

|                                 | 1990   | 1995   | 2000   | 2005   | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Industria no ETS<br>(Gg CO2-eq) | 18.788 | 21.480 | 24.225 | 29.824 | 27.888 | 26.201 | 22.680 | 23.826 | 23.471 |

### 5.6.2 Medidas analizadas

Se estima que la industria que se encuentra fuera del Comercio de Derechos de Emisión (ETS) produce un 40% de las emisiones totales industriales y ofrece un buen potencial de reducción. Sin embargo, se trata de un sector muy variado que incluye diversos subsectores que no están contemplados en ETS u otros que si bien están incluidos, la potencia de sus calderas excluye a instalaciones concretas.

Para estos subsectores no se han contemplado medidas específicas pero si dos medidas generales que podrían ser de aplicación general. Estas medidas son las siguientes:

- Cambio de combustibles en Industria no ETS
- Mejora de eficiencia en Industria no ETS

Ambas medidas se manifiestan como eficientes en cuanto que retornan ahorros que amortizan la inversión en un periodo razonable. Las barreras que impiden su desarrollo están relacionadas con el aseguramiento del suministro de la biomasa y la disponibilidad de recursos para acometer las inversiones así como las incertidumbres asociadas a la crisis económica.

Se han analizado dos medidas para mejorar la eficiencia y buscar energía baja en carbono.

#### Cambio de combustibles en Industria no ETS

Esta medida consiste en la sustitución de un combustible fósil por otro de menores emisiones o renovable. Las opciones que se contemplan es la sustitución de combustibles fósiles por otro de mejor factor de emisión o por biomasa. Se han evaluado diferentes opciones, resultando un mix de las mismas para agruparlas en una única medida.

#### Mejora de eficiencia en Industria no ETS

El objetivo de esta medida es renovar equipos industriales por otros de mejor eficiencia.

En este caso, se parte de la mejora en eficiencia de un 20 % en promedio por renovación de sistemas y equipos industriales. La medida supone el adelanto de la renovación del equipo cinco años, a través de los instrumentos necesarios que incentiven ese cambio. La medida ha tomado datos de inversión y ahorro de los planes ya ejecutados en años anteriores derivados del PAEE.

## 6. RESULTADOS

---

A continuación se exponen los resultados alcanzados en el escenario central analizado, escenario que conlleva unas variables de partida por cada una de las medidas contempladas. La descripción de estas variables se detalla en un documento de trabajo.

Las medidas propuestas presentan características que las pueden hacer atractivas, no sólo por su poder de mitigación, sino también por su capacidad de generación de actividad económica, capacidad de creación de empleo o por su rentabilidad, además de otros beneficios ambientales.

Para cada medida seleccionada se ha calculado su eficiencia en base al coste marginal de abatimiento, la tasa de retorno, la inversión y los ahorros generados por t CO<sub>2</sub> reducida y el empleo por t CO<sub>2</sub> reducida, y en relación con la energía se ha tenido en cuenta el ahorro energético y la energía que ha pasado a renovable.

En el escenario que se presenta se ha pretendido optimizar el beneficio para el conjunto del país en base a hacer máximo el VAN de cada medida y el empleo, asignando un valor de 4.800 € por empleo anual generado, así, las necesidades de mano de obra directa calculadas se traducen en el valor económico correspondiente derivado del ratio 4.800€/1 hombre año.

Adicionalmente, se ha calculado para cada medida cuál es su contribución a la reducción de gases de efecto invernadero, así como las reducciones aportadas hasta 2020 valoradas a 20€/tCO<sub>2</sub>. Con este último factor se promueven de forma temprana aquellas medidas que suman más reducciones dentro del periodo.

Estos valores de monetización asignados tanto al empleo como a las emisiones son indicativos y se han consensuado entre los agentes consultados. Otros valores diferentes usados conducen a resultados similares en las soluciones obtenidas.

## 6.1 Mitigación

El modelo busca una solución para lograr los niveles de reducción marcados anualmente por la senda de cumplimiento hasta 2020, conforme a la Decisión de la Comisión 2013/162/UE. Además se produce una mitigación adicional en sectores sujetos al comercio de derechos de emisión. En la Ilustración 9 podemos ver en azul la mitigación lograda en difusos y en rojo la adicional en sectores ETS. Adicionalmente, las medidas siguen generando reducciones más allá de 2030.

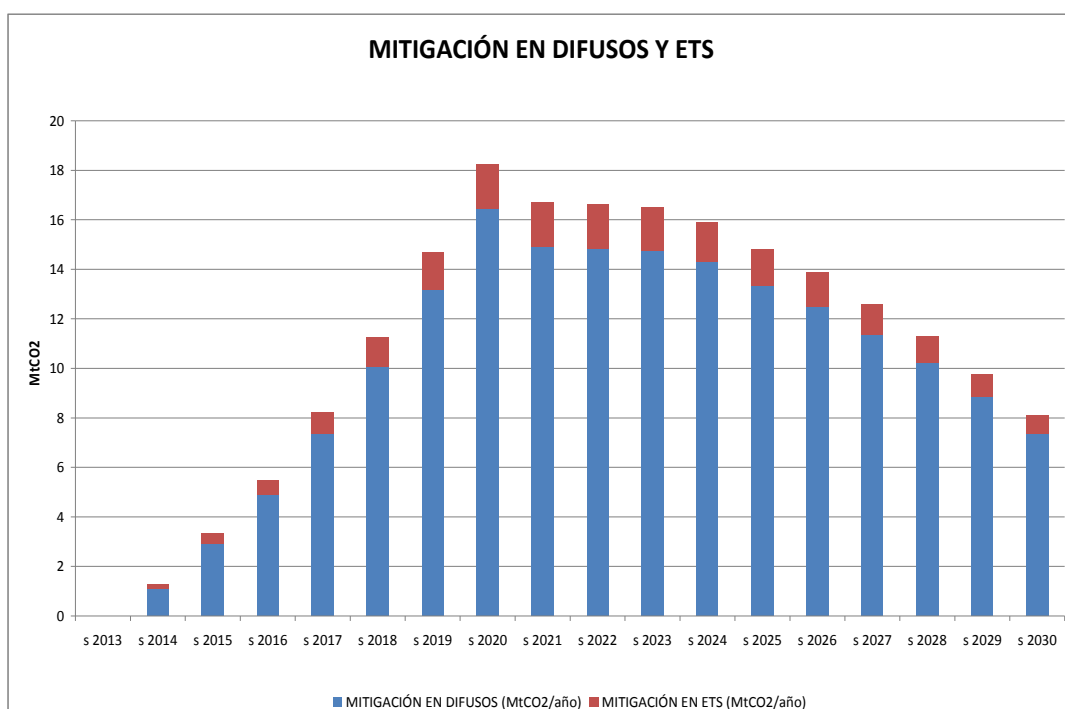


Ilustración 9. Mitigación en la HR 2020  
(Fuente MAGRAMA)

Todas las medidas participan en mayor o menor medida no pudiendo derivarse que existan medidas estrella que permitan sobrellevar la mayor parte del esfuerzo. En la Ilustración 10 se puede ver la diversidad de medidas que contribuyen en todos los sectores y su aportación al total.

Si se realiza un análisis por sectores, como se puede ver en la Ilustración 11, se puede apreciar que el sector transporte sería el que presentaría un mayor potencial de mitigación, siendo el sector residuos el que presenta un menor potencial de mitigación debido a que las proyecciones ya contemplaban medidas derivadas del cumplimiento del PNIR y La ley de residuos y por las emisiones heredadas de los residuos depositados en las últimas décadas. Cada cuña de la Ilustración 11, representa la penetración de las medidas anualmente y la mitigación conseguida.

Algunas medidas vienen derivadas de la reciente aprobación de los reglamentos europeos en emisiones de CO<sub>2</sub> en vehículos y en el sector fluorados

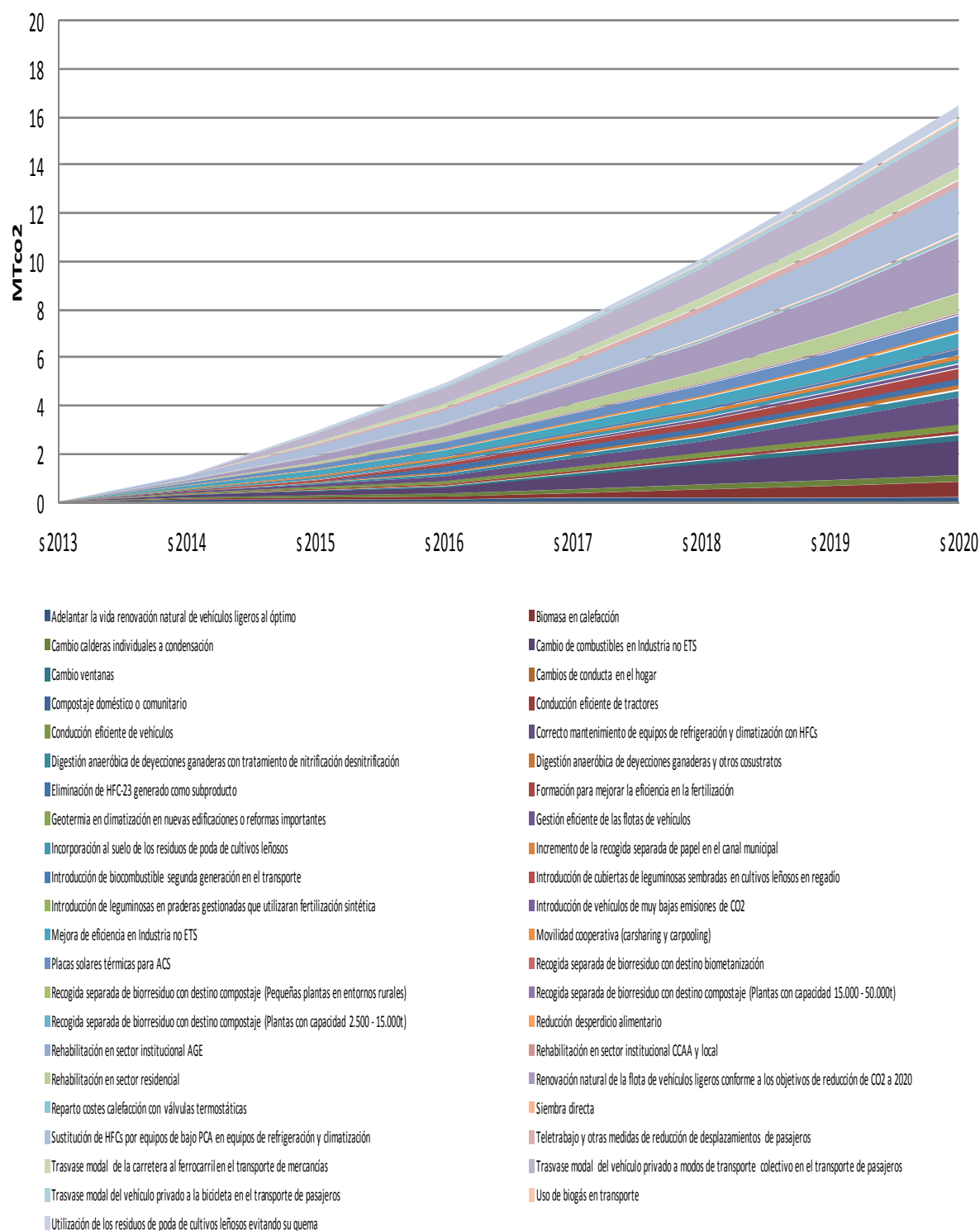


Ilustración 10: Mitigación de cada medida en la HR 2020  
(Fuente MAGRAMA)

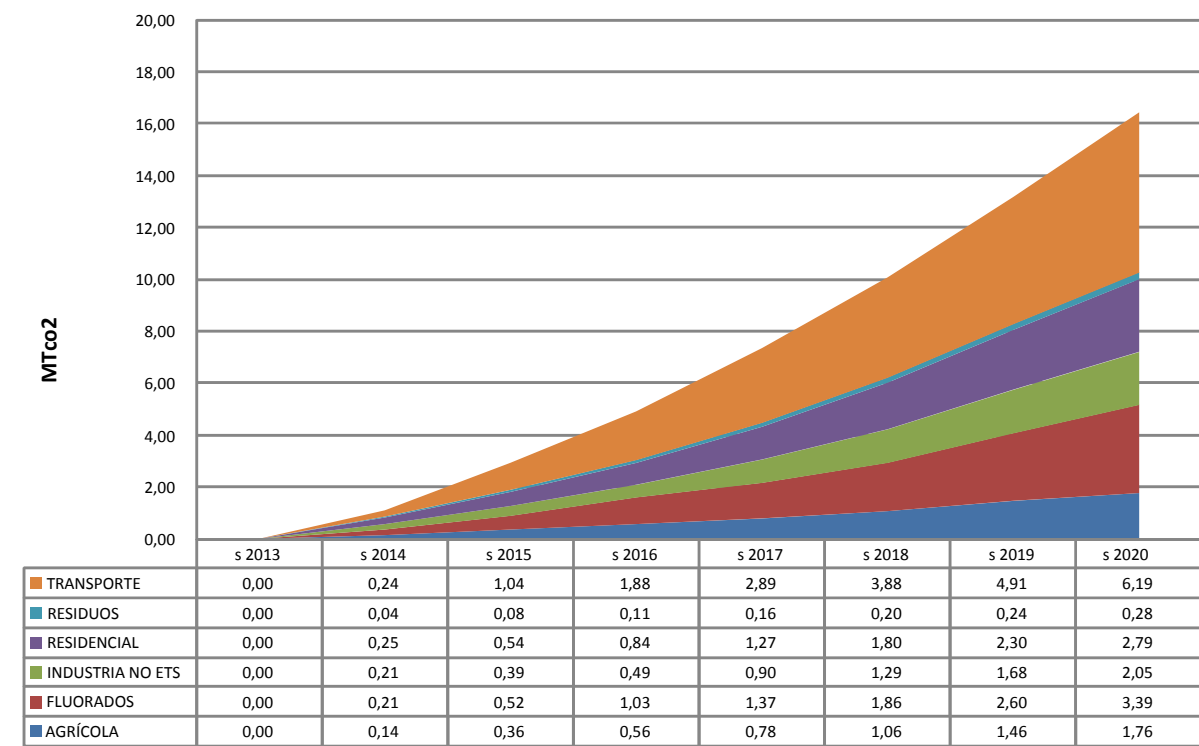


Ilustración 11 Mitigación por sectores  
(Fuente MAGRAMA)

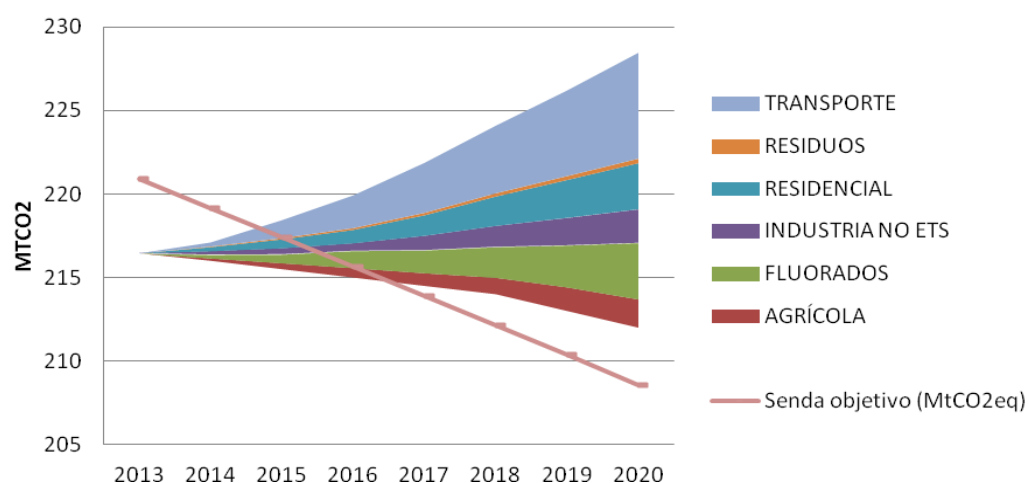


Ilustración 12: Contribución de cada sector para cubrir la brecha entre las proyecciones y la senda de emisiones propuesta por la hoja de ruta

### 6.1.1 Eficiencia

Es interesante observar que prácticamente todas las medidas son coste eficientes, en la Ilustración 13 se muestra una representación gráfica de las medidas ordenadas en función de su eficiencia económica. En dicha gráfica, el eje X representa la cantidad de CO<sub>2</sub> mitigada por cada medida y el eje Y representa el coste (+) o ahorro (-) derivado de la aplicación de la medida por cada tCO<sub>2</sub> reducida. El área de cada rectángulo sería el ahorro (-) o coste (+).

La mayor parte de las medidas son rentables en el periodo de vida de las mismas, si bien el modelo debe recurrir a alguna no tan eficiente para alcanzar el objetivo en caso de que se les haya asignado una penetración mínima o porque se haya agotado la capacidad del resto de las medidas dentro de su viabilidad de penetración anual.

Es por ello que las medidas adoptadas en conjunto y a lo largo de su vida útil dan un balance de ahorros netos.

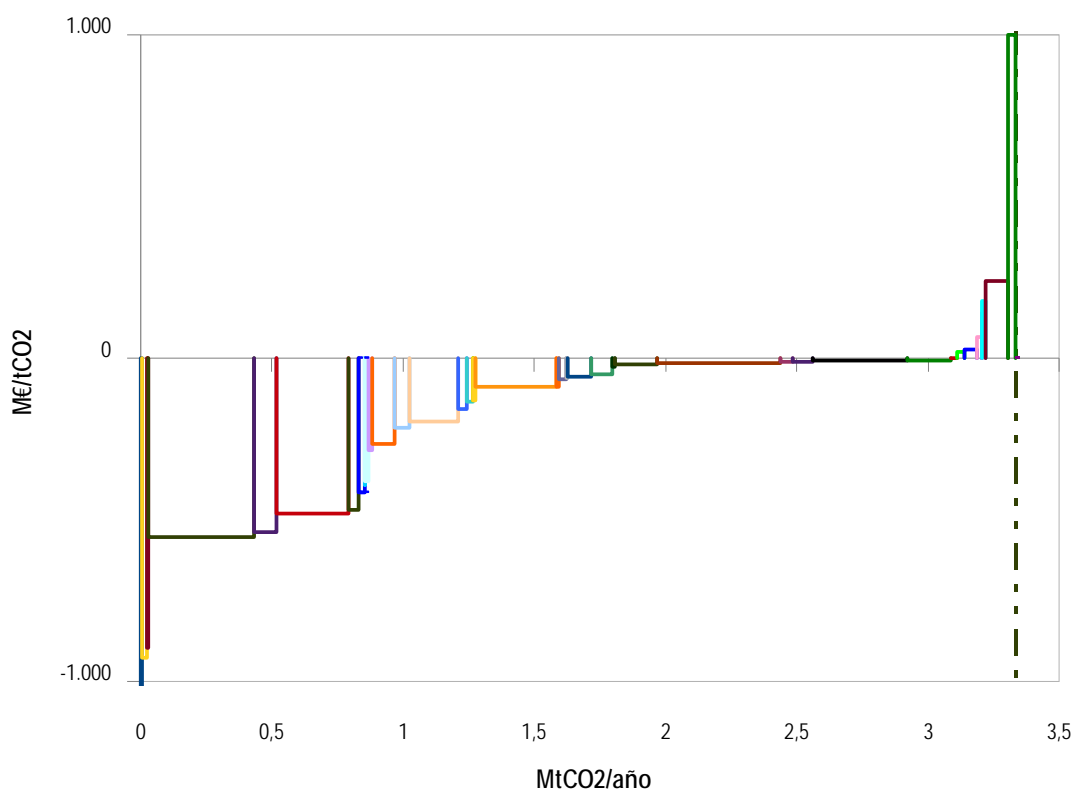


Ilustración 13 Curvas MAC de eficiencia de las medidas  
(Fuente MAGRAMA)



### 6.1.2 Generación de empleo

Al realizar un análisis de la generación de empleo por sectores, como se puede ver la ilustración 13, se aprecia que la generación de empleo es especialmente intensa en las medidas del sector residencial por la alta mano de obra necesaria para implementar las medidas de rehabilitación. Esta generación de empleo conjunta es progresiva y alcanza niveles cercanos a 70.000 empleos año lo cual es un aspecto especialmente relevante con las actuales tasas de desempleo en España.

En dichas medidas del sector residencial, el empleo está muy ligado a las inversiones necesarias en la fase de implementación de la medida. En cambio, en la fase de operación, el impacto sobre el empleo es menor salvo en la introducción de la biomasa como fuente energética alternativa en cuyo caso se contempla una generación de empleo constante en las operaciones de extracción y suministro de la biomasa.

La caída de empleo en 2020, no se produciría si se continúa aplicando parte de las medidas asociadas a la rehabilitación, lo cual es muy posible dado que el parque de viviendas a rehabilitar es muy alto y no se agotaría con las acciones previstas a 2020.

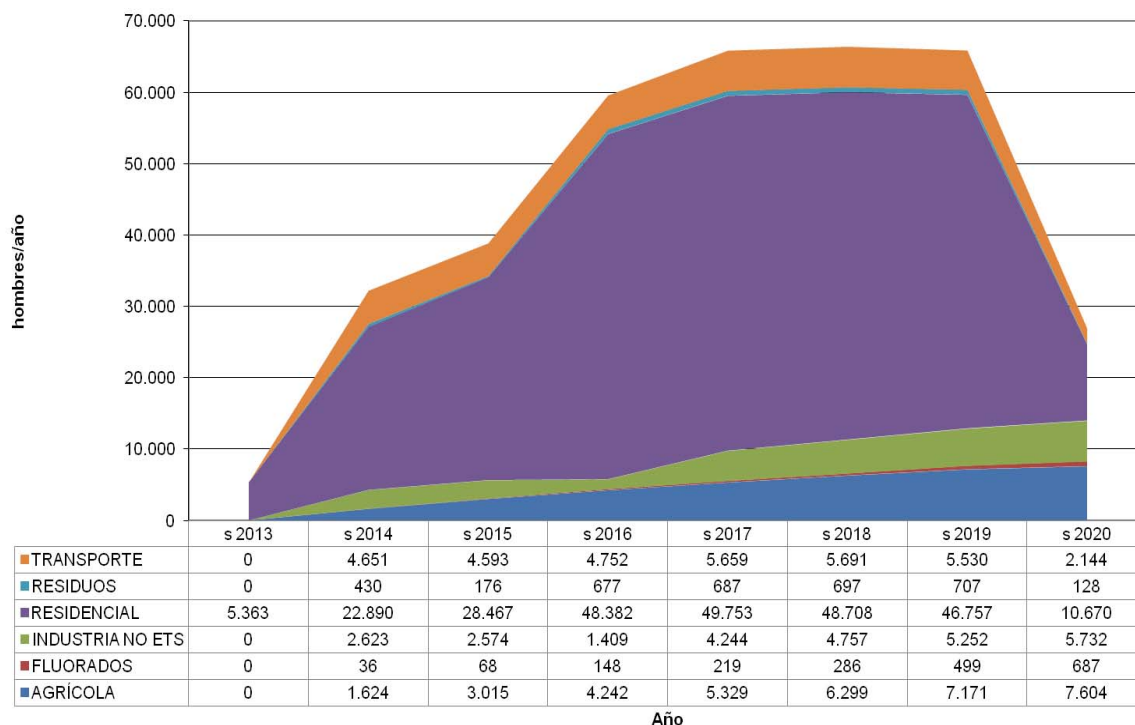


Ilustración 14 Empleo generado por años  
(Fuente MAGRAMA)

### 6.1.3 Inversión y ahorro

El análisis de los aspectos económicos como inversión y ahorro quedan representados de forma conjunta en la ilustración 14, donde la línea de color rojo representa las inversiones necesarias y la línea verde los ahorros económicos generados anualmente.

El esfuerzo inversor aumenta rápidamente alcanzando niveles del orden de 5000 M€/año, aunque se interrumpe en 2020 al ser el año de finalización de la Hoja de Ruta, si bien es razonable pensar que continuara en el tiempo si se adoptan nuevos objetivos a futuro. Se considera que dicho esfuerzo inversor procede de fuentes públicas y privadas siendo la proporción entre unas y otras consecuencia de los planes de incentivos que sea necesarios poner en marcha para activar cada medida salvando las barreras financieras que ahora existen para el desarrollo de ciertas medidas que, aun siendo rentables, necesitan de un alto esfuerzo inversor inicial.

Al analizar la evolución temporal de los ahorros, se aprecia una subida progresiva dado que es el resultado de la acumulación de ahorros anuales que duran tanto como la vida de la medida. Alcanzan su máximo en 2020 y perduran más allá de 2030, siendo por tanto un legado de eficiencia en la economía a futuro. Los valores acumulados de ahorros superan el valor de la inversión a largo plazo, lo cual es de esperar al ser las medidas implantadas coste eficientes en su mayoría. Es de destacar que al final del periodo los ahorros ya superan las inversiones y, como ya se ha mencionado, estos ahorros se prolongan durante algunas décadas.

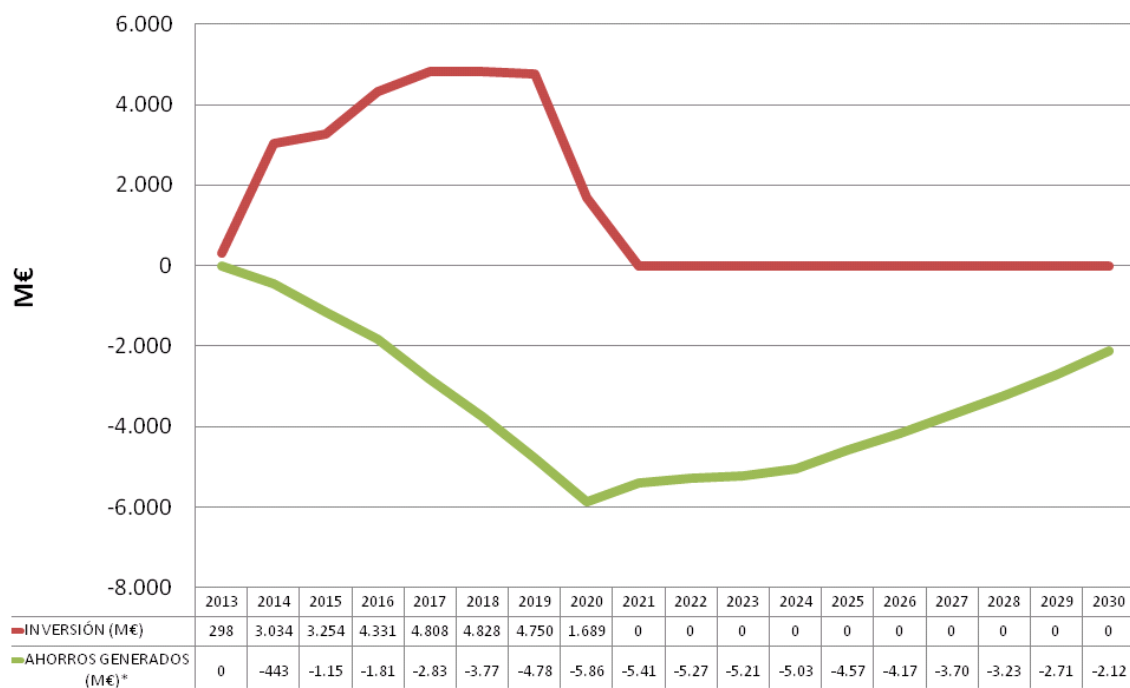


Ilustración 15 Inversión y ahorro  
(Fuente MAGRAMA)

La ilustración 15 analiza las inversiones necesarias por sectores y muestra que el sector residencial es el que mas inversión inicial necesita. El sector del transporte le sigue a continuación siendo el sector industrial no ETS el tercero.

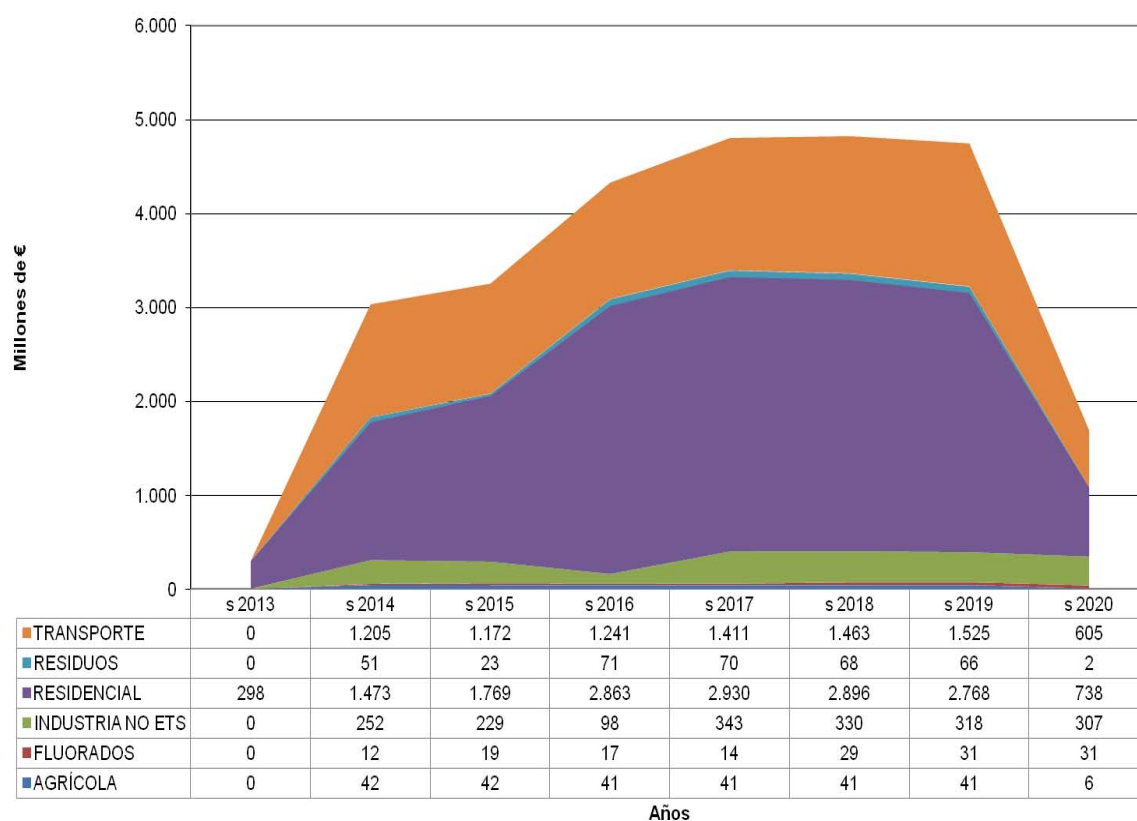


Ilustración 16 Inversión necesaria por sectores  
(Fuente MAGRAMA)

Cuando se realiza un análisis del ahorro económico que supone por sectores, se aprecia que destaca el sector transporte con diferencia, por el alto impacto que los costes de los carburantes tienen en las medidas que implican mayor uso de transporte colectivo o modos blandos. En segundo lugar destacaría el sector residencial, seguido de los sectores industrial, residuos, agrícola y fluorados.

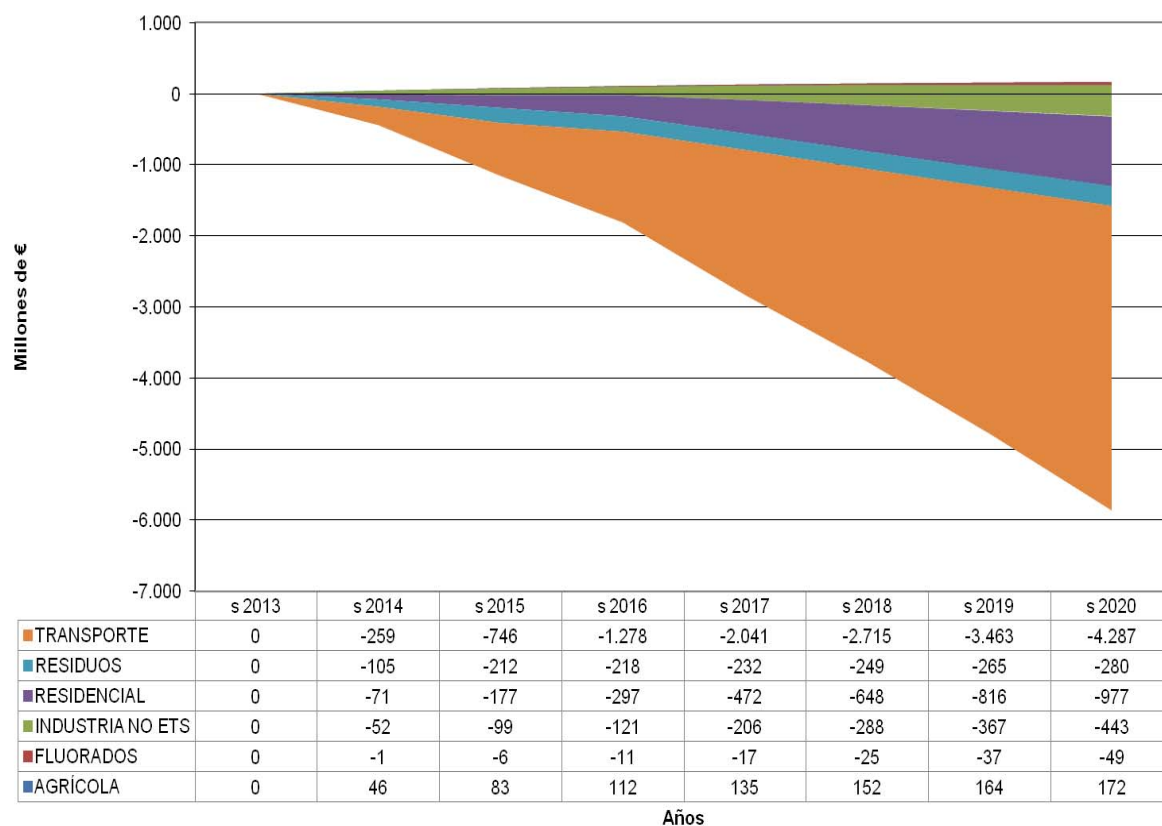


Ilustración 17. Ahorro económico por sectores  
(Fuente MAGRAMA)

Cabe concluir, por tanto, que las medidas propuestas contribuyen de forma muy positiva a una reactivación económica si bien es necesario un esfuerzo inversor importante que retribuye a largo plazo con ahorros mantenidos.

La rentabilidad inherente a cada medida es diferente si bien es de esperar que las más rentables penetren con mayor facilidad y con incitativa privada mientras que las medidas menos rentables o con periodo de retorno más largo necesiten de ayudas públicas para que se desarrollen.

Se han realizado análisis de sensibilidad con otros costes de energía que pueden derivar en diferentes ahorros con resultados similares en lo cualitativo y variaciones en los ahorros, que lógicamente son más altos ante escenarios pesimistas de precios de la energía.

### 6.1.4 Reducción del consumo energético y aumento de las energías renovables

Gran parte de las medidas planteadas conlleva incorporación de renovables o reducción del consumo de energía.

Las siguientes figuras presentan por un lado los ahorros energéticos producidos en cada sector, en la ilustración 18, donde de nuevo destacan el sector transporte y el residencial. Y por otro que parte de la energía se ha reemplazado por energía renovable, como se aprecia en la ilustración 19.

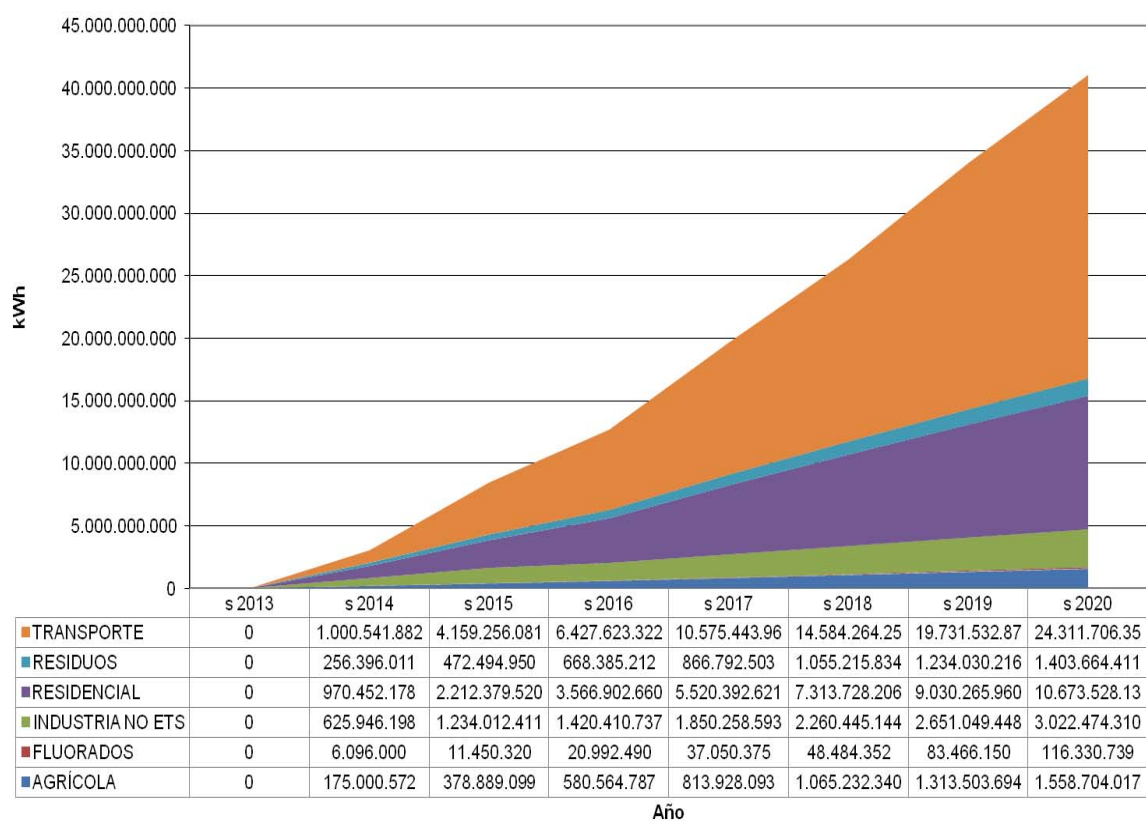


Ilustración 18. Ahorro energético por sectores  
(Fuente MAGRAMA)

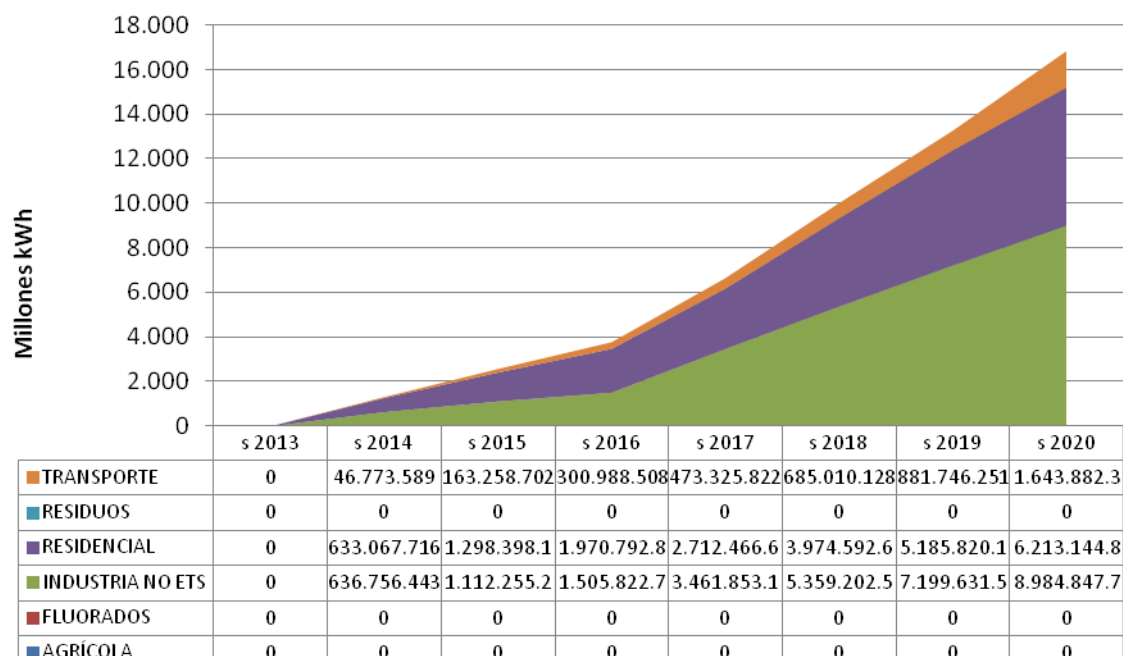


Ilustración 19. Energía a renovables  
(Fuente MAGRAMA)

También se ha evaluado la posibilidad de que haya solapes entre las medidas y por tanto se contabilicen más reducciones de GEI. En este sentido se ha calculado una posibilidad máxima de solapes del 15% entre medidas que se podrían superponer. Los grados de penetración de las medidas son tan bajos que esta posibilidad es realmente pequeña, sin embargo una medida preventiva es considerar un objetivo global de mitigación un 15% superior al que indicaría un cumplimiento estricto de la senda aprobada.

## 7. PRÓXIMOS PASOS

Es necesario evaluar esta hoja de ruta con otras estrategias sectoriales con las que se alinea, de manera que se puedan compartir con las unidades responsables.

La adopción de estas medidas debe conllevar un trabajo posterior de propuestas de activación de cada medida al grado esperado mediante: incentivos, fiscalidad, medidas legislativas, comunicación u otras vías que permitan su rápida implementación.

Las obligaciones de información implican un seguimiento de las medidas adoptadas y la elaboración de diferentes informes a la UE y a la UNFCCC por lo que hay que articular los sistemas de seguimiento que con el menor esfuerzo permitan recabar la información necesaria.

Otras políticas en marcha de diferentes ministerios y administraciones permiten implementar estas medidas de la hoja de ruta. La Directiva de Eficiencia Energética y sus obligaciones de trasposición, la aplicación de los fondos estructurales europeos que conllevan una obligación de que al menos un 20% sea destinado a políticas de cambio climático, la PAC y sus obligaciones de greening, la directiva de energía renovables los planes y estrategias en materia de gestión de residuos que emanan de diferentes instancias, los avances en la norma técnica de edificación y la certificación energética, así como otros planes y actuaciones crean el marco para activar gran parte de las medidas propuestas.

