# Anexo 10b. Metodologías para el cálculo de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Este anexo tiene como objetivo brindar al usuario un soporte o guía metodológica para la cuantificación de la reducción de GEI de un grupo de medidas tipo que puede incluir el municipio dentro de su Programa Municipal de Cambio Climático, incluidas en el Anexo 10 de esta guía.

El apartado se desarrolló con base en el apartado metodológico del Programa Estatal para la Acción ante el Cambio Climático de Jalisco 2015-2018 (PEACC) (SEMADET, 2018. A su vez, toma como referencia metodológica el “Sistema de Medición, Reporte, Verificación, Monitoreo y Evaluación para el estado de Jalisco”, el cual define y detalla el cálculo, seguimiento y evaluación de 83 medidas con 142 acciones sobre adaptación, mitigación y temas transversales de cambio climático incluidas en el PEACC Estatal (SEMADET, GIZ, 2017).

Las estrategias de mitigación incluidas en el PEACC y que este anexo aborda son:

|  |
| --- |
| Estrategias PEACC |
| Ciudades sustentables, movilidad urbana y calidad del aire |
| Energías renovables y eficiencia energética |
| Fortalecer y consolidar buenas prácticas agropecuarias y forestales |

Para la estimación de las reducciones de GEI, se aplica un enfoque de proyecto donde el efecto de cada medida es el resultado neto de la diferencia entre:

* Un escenario de referencia o línea de base - LB *(baseline),* es decir, las emisiones que se producen en ausencia de la medida o proyecto.
* Un escenario de proyecto - LP *(Project emissions),* es decir, las emisiones que se reducen como consecuencia directa de la implantación de la medida o proyecto.

La base de las metodologías de cálculo son las directrices para inventarios nacionales elaboradas por el IPCC en el año 2006. El cálculo se fundamenta en el uso de datos de actividad acordes a la fuente de emisión, el uso de factores de emisión para definir los kilogramos o toneladas de GEI que genera la actividad y la aplicación de factores de ajuste o eficiencia, de acuerdo con la fuente de emisión.

Las estimaciones de GEI que se realizan para gases distintos al dióxido de carbono (CO2) se transforman en valores equivalentes de CO2, de tal manera que se tenga una cuantificación comparable sobre el impacto de las medidas. En este sentido, los potenciales de calentamiento global (conocidos como GWP, por sus siglas en inglés) a utilizar en la estimación son los publicados por la SEMARNAT en el Diario Oficial de la Federación y en la declaración de emisiones GEI en el Registro Nacional de Emisiones, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de agosto del 2015. Los potenciales se muestran en la siguiente tabla.

|  |  |
| --- | --- |
| Variable | GWP a 100 años |
| CO2 | 1 |
| CH4 | 28 |
| N2O | 265 |

Las diferentes tipologías de medidas de mitigación y ecuaciones asociadas se indican en la siguiente tabla.

|  |  |
| --- | --- |
| 1.1 Ciudades sustentables, movilidad urbana y calidad del aire | |
| Tipo de medida | Tipo de ecuación |
| Mejoras de los sistemas de transporte público | 1 |
| Fomento de la eficiencia en vehículos | 2 |
| Promoción de vehículos eléctricos | 3 |
| Sustitución de vehículos de combustión por vehículos eléctricos | 4 |
| Promoción de movilidad no motorizada | 5, 6, 7 |
| Manejo y tratamiento de residuos sólidos | 8, 9 |
| Manejo y tratamiento de aguas residuales | 10 |
| Medidas de fomento de la eficiencia en ladrilleras | 11 |

A continuación, se presentan las ecuaciones que pueden ser utilizadas en esta estrategia:

Ecuación 1. Mejoras de los sistemas de transporte público

Principalmente se enfoca a la implementación de proyectos de sistema de Autobús de Tránsito Rápido (BRT, por sus siglas en inglés). Los datos para esta ecuación se toman del Sistema de MRV, M&E de Jalisco (SEMADET, GIZ, 2017).

Las reducciones asociadas a esta medida se calculan del siguiente modo:

Ecuación tipo 1

Donde,

N: Kilómetros de Sistema de Transporte Masivo implementado [km]

P: Pasajeros-km/año [n]

FE Gasolina: Factor de emisión de vehículos a gasolina [t CO2e/km]

Se toman los siguientes valores al sustituir en la fórmula:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Variable | Dato | Fuente |
| Pasajeros-km/año | 7,993.50 | Información de: Global BRT Data ajustada al crecimiento poblacional con datos de: INEGI, 2010 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| Factor de emisión de automóvil a gasolina | 0.000242 | Cálculo propio a partir de datos de IPCC, 2006 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |

Sustituyendo en la ecuación:

Tipo 2. Medidas de fomento de la eficiencia en vehículos motorizados

Las medidas de este tipo se basan en dotar de tecnología que incremente la eficiencia en emisiones al parque vehicular del estado de Jalisco. En el primer caso, se propone instalar convertidores catalíticos a los automóviles de la ciudadanía para reducir las emisiones de GEI asociadas a su uso cotidiano, mientras que en el segundo caso se considera la sustitución de unidades pertenecientes a las dependencias gubernamentales del estado.

En ambos casos, la Línea Base la constituyen las emisiones de GEI considerando la tecnología y condiciones actuales de los vehículos, mientras que la Línea de Proyecto considera el incremento en la eficiencia de los vehículos, una vez implementados los cambios. Los datos para esta ecuación se toman del Sistema de MRV, M&E de Jalisco (SEMADET, GIZ, 2017).

Las reducciones se calculan de la siguiente manera:

Ecuación tipo 2

Donde,

N: Número de equipos sustituidos

Km: Kilómetros recorridos por cada automóvil en un año [km]

% Eficiencia: Aumento en la eficiencia por el cambio de equipo [%]

F: Factor de emisión de automóvil a gasolina [t CO2e/km]

Se toman los siguientes valores al sustituir en la fórmula:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Variable | Dato | Fuente |
| Kilómetros recorridos por cada automóvil en un año | 15,000 | Medina Ramírez, 2012 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| Aumento en la eficiencia por el cambio de equipo | 7.5% | Harris, 1999 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| Factor de emisión de automóvil a gasolina | 0.000242 | Cálculo propio a partir de datos de IPCC, 2006 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |

Sustituyendo en la ecuación:

Tipo 3. Medidas de promoción de vehículos eléctricos

Las medidas de este tipo se basan en el fomento a la instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos. La Línea Base se define mediante el cálculo de las emisiones asociadas al uso de vehículos a gasolina para cubrir la distancia que recorrerían vehículos eléctricos, con la carga media anual que suministran este tipo de estaciones en otras ciudades del país. La Línea de Proyecto considera las emisiones asociadas por cubrir esta distancia mediante el uso de vehículos eléctricos. Los datos para esta ecuación se toman del Sistema de MRV, M&E de Jalisco que a su vez tiene como referencia la metodología propuesta en el inventario del PEACC de Jalisco (SEMADET, 2018).

El cálculo de las reducciones se hace de la siguiente manera:

Ecuación tipo 3

Donde,

N: Número de electrolineras instaladas

kWh vendidos: Promedio anual de kWh vendidos por electrolinera [kWh]

R: Rendimiento promedio de un vehículo eléctrico [kWh/km]

FE Gasolina: Factor de emisión de vehículos a gasolina [t CO2e/km]

FE mix eléctrico: Factor de emisión de la red eléctrica en México [t CO2e/MWh]

Se toman los siguientes valores al sustituir en la fórmula:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Variable | Dato | Fuente |
| Promedio anual de KWh vendidos por electrolinera | 1,782.98 | Estimado a partir de la información del anexo metodológico del PEACC citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| Rendimiento promedio de un vehículo eléctrico | 0.14 | Electromovilidad, 2017 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| Factor de emisión de automóvil a gasolina | 0.000242 | Cálculo propio a partir de datos de IPCC, 2006 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| Factor de emisión de la red eléctrica en México | 0.458 | Calculadora de emisiones de SEMARNAT para el RENE citado en SEMADET, GIZ, 2017 |

Sustituyendo en la ecuación:

Tipo 4. Medidas que implican la sustitución de vehículos de combustión por vehículos eléctricos

Las emisiones de GEI reducidas por medidas que implican la sustitución de vehículos de combustión interna por vehículos eléctricos, son debidas al CO2 atmosférico que se deja de emitir producto de la combustión de hidrocarburos de los vehículos que se sustituyen.

Los cálculos se realizan siguiendo las directrices del IPCC de 2006 para el cálculo de emisiones de fuentes móviles. Los valores constantes que se presentan en la fórmula a continuación son producto de investigación bibliográfica realizada para el PEACC, y son los más cercanos a la realidad del estado de Jalisco.

La cantidad de GEI reducida por ahorro en el consumo de combustibles fósiles, producto de la sustitución de vehículos de combustión interna por vehículos eléctricos, es:

Ecuación tipo 4

Donde,

N: Número de vehículos sustituidos [n]

Km: Número de kilómetros recorridos por un automóvil cada año [km]

FE gasolina: Factor de emisión de un automóvil a gasolina [t CO2e/km]

FE mix eléctrico: Factor de emisión de la red eléctrica nacional [t CO2e/kWh]

R: Rendimiento de un vehículo eléctrico [kWh/km]

Se toman los siguientes valores al sustituir en la fórmula:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Variable | Dato | Fuente |
| Kilómetros recorridos por cada automóvil en un año | 15,000 | Cálculo realizado para el PEACC a partir de datos de IPCC, 2006 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| Factor de emisión de automóvil a gasolina | 0.000242 | Cálculo propio a partir de datos de IPCC, 2006 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| Factor de emisión de la red eléctrica en México | 0.458 | Calculadora de emisiones de SEMARNAT para el RENE citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| Rendimiento de un vehículo eléctrico | 0.14 | Electromovilidad, 2017 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |

Sustituyendo los valores:

Tipos 5, 6 y 7. Medidas de promoción de movilidad no motorizada

En el caso de esta tipología de medidas, la Línea Base se establece mediante la cuantificación de las emisiones que generarían los usuarios de estos sistemas de transporte no motorizado al utilizar los medios de transporte típicos, mientras que la Línea de Proyecto se define al considerar las emisiones generadas por estos mismos usuarios al utilizar los nuevos medios de transporte no motorizado. Los datos para estas ecuaciones se toman del Inventario del PEACC de Jalisco (SEMADET, 2018).

Las reducciones asociadas se calculan de la siguiente manera:

Ecuación tipo 5

Donde,

Km: Número de kilómetros de vías implementados [km]

P: Pasajeros – km/año de las vías implementadas [pasajeros-km/año]

FE: Factor de emisión de automóvil a gasolina [t CO2e/km]

Se toman los siguientes valores al sustituir en la fórmula:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Variable | Dato | Fuente |
| Pasajeros – km/año de las vías implementadas | 7,993.5 | Información de: Global BRT Data ajustada al crecimiento poblacional con datos de INEGI, 2010 citado en SEMADET, 2018. |
| Factor de emisión de automóvil a gasolina | 0.000242 | Cálculo para el PEACC a partir de datos de IPCC, 2006 citado en SEMADET, 2018. |

Sustituyendo en la fórmula:

Otro tipo de ecuación que puede ser utilizada es la siguiente:

Ecuación tipo 6

Donde,

N: Número de bicicletas habilitadas [n]

Km: Kilómetros recorridos por bicicleta al año [km]

FE: Factor de emisión de automóvil a gasolina [t CO2e/km]

Se toman los siguientes valores al sustituir en la fórmula:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Variable | Dato | Fuente |
| Kilómetros recorridos por bicicleta por año | 49,056 | Ecobici, Ciudad de México citado en SEMADET, 2018. |
| Factor de emisión de automóvil a gasolina | 0.000242 | Cálculo para el PEACC a partir de datos de IPCC, 2006 citado en SEMADET, 2018. |

Sustituyendo en la ecuación:

Ecuación tipo 7

Donde,

N: Número de cicloestaciones habilitadas [n]

P: Promedio de bicicletas por cicloestación [n]

Km: Kilómetros recorridos por bicicleta por año [km]

FE: Factor de emisión de automóvil a gasolina [t CO2e/km]

Se toman los siguientes valores al sustituir en la fórmula:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Variable | Dato | Fuente |
| Promedio de bicicletas por cicloestación | 16.25 | Periódico *Excélsior*, 2016 citado en SEMADET, 2018. |
| Kilómetros recorridos por bicicleta por año | 49,056 | Ecobici Ciudad de México citado en SEMADET, 2018. |
| Factor de emisión de automóvil a gasolina | 0.000242 | Cálculo para el PEACC a partir de datos de IPCC, 2006 citado en SEMADET, 2018. |

Sustituyendo en la ecuación:

Tipo 8, 9. Residuos: Gestión de RSU

Las medidas dirigidas a la gestión de los RSU tienen asociadas reducciones de emisiones de GEI cuando implican una menor disposición final de RSU con contenido orgánico.

Para la estimación de la reducción de emisiones, se utilizan los estándares técnicos especificados por el IPCC, utilizando el método de descomposición de primer orden y algunos cálculos realizados para el Inventario del PEACC de Jalisco (SEMADET, 2018).

Ecuación general:

Donde,

RSU (t): Residuos que no se depositan en los rellenos sanitarios o tiraderos a cielo abierto por efecto de la medida.

L0: t CH4 generado / t RSU =

R: t CH4 recuperado (en el caso de que el relleno sanitario tenga recuperación activa de biogás.

OX: factor de oxidación (fracción)

GWP: potencial de calentamiento del CH4

Se consideran los siguientes valores:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Variable | Dato | Fuente |
| FCM (No gestionado –poco profundos– tiraderos a cielo abierto) | 0.4 | IPCC, 2006. |
| FCM (Gestionado –anaerobio– relleno sanitario) | 1 | IPCC, 2006. |
| DOC (carbono orgánico degradable contenido en los RSU) -–papel y cartón | 0.4 | IPCC, 2006. |
| DOC –materia orgánica (alimentos) | 0.15 | IPCC, 2006. |
| DOC –madera | 0.43 | IPCC, 2006. |
| F | 0.5 | IPCC, 2006. |

De esta forma, a continuación, se especifican los diferentes tipos de ecuaciones en función de los diferentes tipos de residuos que se tratan con las medidas propuestas:

Ecuación tipo 8

A utilizar en las acciones que conllevan una reducción de la disposición de RSU en los tiraderos a cielo abierto:

Sustituyendo en la ecuación general:

En el caso de los tiraderos, para poder calcular la cantidad en toneladas de residuos que no se depositarían al adoptar esta medida, es necesario conocer la cantidad de residuos que se depositan actualmente en tiraderos y la cantidad de tiraderos. Así:

De la misma manera, para los rellenos sanitarios:

Ecuación tipo 9

A utilizar en las acciones que conllevan una reducción de la disposición de papel en los rellenos sanitarios:

Sustituyendo en la ecuación general:

Para las medidas que implican una reducción del uso de papel y su disposición final en relleno sanitario, se puede tener en cuenta la siguiente información:

* Las dimensiones de un DIN A4 son: 21 cm x 29.7 cm = 623.7cm²
* El gramaje del papel = 80 g/m2

Por lo tanto, para pasar del número de hojas de papel a toneladas de papel:

623.7 cm²/10,000=0.06237 m² x 80 g/m2 = 4.98 g/hoja

Tipo 10. Residuos: Tratamiento de aguas residuales

Las emisiones reducidas por el tratamiento de aguas residuales se calculan como las emisiones que se evitan al tratar el caudal de agua residual adicional, la cual, sin tratamiento, sería vertida directamente a ríos, lagos y mar (línea de base). Se utiliza para ello las siguientes ecuaciones, derivadas del Volumen 5, Capítulo 6, Sección 6.2 de las Directrices del IPCC para inventarios nacionales de GEI (SEMADET, 2018):

Ecuación tipo 10

Donde,

ART: Aguas residuales tratadas (m3)

FE: Factor de emisión (kg CH4/kg DBO):

TOW: Total de materia orgánica en las aguas residuales:

S: Componente orgánico separado como lodo (0 en el caso de no tener separación de lodo).

R: Cantidad de CH4 recuperado (0 en el caso de no tener recuperación de metano).

GWP: Potencial de calentamiento del CH4: 28

Se consideran los siguientes valores:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Variable | Dato | Fuente |
| Bo (capacidad máxima de producción de CH4, kg. de CH4/kg. de COD) | 0.60 | IPCC, 2006. |
| MCF con tratamiento (letrina, clima húmedo) (factor corrector para el metano) | 0.70 | IPCC, 2006. |
| P (número de habitantes del Estado de Jalisco) | 7,844,830 | INEGI, 2015 citado en SEMADET, 2018. |
| DBO (demanda bioquímica de oxígeno) g/hab/día | 40.00 | IPCC, 2006. |
| Descarga agua residual Jalisco, l/día | 1,170,454,320 | SEMARNAT, 2012 citado en SEMADET, 2018. |
| S (componente orgánico separado como lodo, en el caso de que se produzca dicha separación) | 0.50 | IPCC, 2006. |

Sustituyendo los valores:

Tipo 11. Medidas de fomento de la eficiencia en ladrilleras

El sector ladrillero del estado de Jalisco opera, en términos generales, utilizando métodos tradicionales para la cocción del ladrillo, lo que genera elevadas cantidades de emisiones GEI. La reducción consiste en dotar a las ladrilleras de tecnología más eficiente para el proceso de horneado.

Así, la Línea Base de la acción considera las emisiones generadas por los productores de ladrillo utilizando la tecnología disponible al momento, mientras que la Línea de Proyecto considera las emisiones asociadas a la utilización de los hornos eficientes con los cuales se dotará a los productores. Los datos para esta ecuación se toman del Sistema de MRV, M&E de Jalisco (SEMADET, GIZ, 2017).

Las reducciones asociadas a esta acción se cuantifican de la siguiente manera:

Ecuación tipo 11

Donde,

N: Número de hornos eficientes entregados [n]

P: Producción anual promedio [piezas/año]

M: Peso promedio de un ladrillo [kg/pieza]

FE CO2: Factor de emisión de dióxido de carbono para la industria ladrillera [t/ton de producción]

FE CH4: Factor de emisión de metano para la industria ladrillera [t/ton de producción]

GWP CH4: Potencial de calentamiento global del metano

E: Aumento en la eficiencia por el cambio de equipo [%]

Se toman los siguientes valores al sustituir en la fórmula:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Variable | Dato | Fuente |
| Producción anual promedio (núm. piezas/año) | 295,800 | Ortiz Herrera, 2014 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| Peso promedio de un ladrillo (kg/pieza) | 2.25 | Benemérita Universidad Autónoma de Puebla citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| Factor de emisión de dióxido de carbono para la industria ladrillera (t/ton de producción) | 0.33399 | Swisscontact, 2011 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| Factor de emisión de metano para la industria ladrillera (t/ton de producción) | 0.053 | Swisscontact, 2011 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| Potencial de calentamiento global del metano | 28 | DOF, 14/08/2015 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| Aumento en la eficiencia por el cambio de equipo | 55% | *El Informador,* 2015 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |

Sustituyendo en la ecuación:

|  |  |
| --- | --- |
| 1.2 Energías renovables y eficiencia energética | |
| Tipo de medida | Tipo de ecuación |
| Producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables | 12, 13, 14 |
| Acciones de eficiencia energética | 15, 16, 17 |

A continuación, se presentan las ecuaciones que pueden ser utilizadas en esta estrategia:

Tipos 12, 13 y 14. Producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables

La estimación de las emisiones de GEI reducidas por la implementación de medidas que supongan la instalación de energías renovables para generación eléctrica, se calcula como la diferencia entre las emisiones que se producirían al generar la misma electricidad con las tecnologías habituales en el país. Por tanto, se toma como factor de emisión el mix eléctrico 0.458 t CO2e/MWh. Los datos para estas ecuaciones se toman del Sistema MRV, M&E de Jalisco (SEMADET, GIZ, 2017).

Ecuación tipo 12

Donde,

P: Producción eléctrica a partir de energías renovables [kWh]

FE: Factor de emisión del mix eléctrico nacional = 0.458 t CO2e/MWh

Sustituyendo en la fórmula:

Para el caso de energías renovables que tengan un aprovechamiento térmico, la reducción de emisiones de GEI se calcula como la diferencia entre las emisiones que generaría el combustible sustituido o usual, restando en su caso las emisiones asociadas a la tecnología renovable.

En este caso, a continuación, se indican los factores asociados a los combustibles y que fueron utilizados en el PEACC Jalisco (SEMADET, 2018):

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Variable | Dato | Unidad | Dato | Unidad | Dato | Unidad | Fuente |
| Transporte terrestre | | | | | | | |
| Diésel | 74,100.00 | kg CO2/TJ | 3.90 | kg CH4/TJ | 3.90 | kg N2O/TJ | IPCC, 2006. |
| Comercio, servicios, habitacional y agrícola | | | | | | | |
| Combustóleo | 77,400.00 | kg CO2/TJ | 10.00 | kg CH4/TJ | 0.60 | kg N2O/TJ | IPCC, 2006. |
| Leña | 2,000.00 | kg CO2/TJ | 300.00 | kg CH4/TJ | 4.00 | kg N2O/TJ | IPCC, 2006. |

Ecuación tipo 13

A utilizar en las acciones que conllevan una sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles en el sector transporte.

Asumiendo que el combustible a sustituir es el diésel y calculando el factor de emisión en CO2e con base en los factores señalados con anterioridad y sus respectivos GWP, se sustituyen los valores en la ecuación general:

Ecuación tipo 14

A utilizar en las acciones que conllevan una sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles (leña o madera) en el sector residencial y servicios.

Asumiendo que el combustible a sustituir es el combustóleo, y calculando el factor de emisión en CO2e con base en los factores señalados con anterioridad y sus respectivos GWP, se sustituyen los valores en la ecuación general:

Tipos 15, 16 y 17. Medidas que implican eficiencia energética

La reducción de emisiones de GEI por la implementación de medidas de eficiencia energética que supongan una reducción en el consumo, se calcula comparando las emisiones que generaría el consumo en ausencia de la medida (Línea Base), frente a las emisiones del consumo con la medida implementada (Línea de Proyecto).

Si bien el consumo eléctrico no genera emisiones de GEI de forma directa en el punto de consumo, éstas se encuentran asociadas a la fuente de generación de dicha electricidad. Para la estimación de la reducción de emisiones de GEI asociadas al menor consumo de electricidad, se recurre al mix eléctrico nacional, es decir, al factor de emisión asociado al conjunto de tecnologías de generación eléctrica utilizadas a nivel nacional. El valor a tomar en este caso es de 0.458 t CO2e/MWh. Los datos para estas ecuaciones se toman del Sistema de MRV, M&E de Jalisco (SEMADET, GIZ, 2017).

Por tanto, la fórmula a aplicar es la siguiente.

Ecuación tipo 15

Donde,

Potencia 1: Potencia de las lámparas que son sustituidas (kW)

Potencia 2: Potencia de las lámparas nuevas (kW)

H: Horas de uso al año de las luminarias (horas)

En el caso de esta fórmula, el valor constante asignado a H corresponde a la multiplicación de 8 horas diarias de uso por 365 días del año (8 X 365 = 2,920).

Ecuación tipo 16

Donde,

Consumo eléctrico 1: Consumo energético antes de la medida [kWh]

Consumo eléctrico 2: Consumo energético después de la medida [kWh]

FE: Factor de emisión del mix eléctrico nacional [t CO2e/MWh]

En caso de que el ahorro energético no sea en el consumo eléctrico sino en el consumo energético de combustibles, se aplica la siguiente ecuación:

Ecuación tipo 17

Donde,

N: Número de calentadores solares instalados [n]

CAP: Consumo Anual Promedio de gas L.P. en viviendas de tres a cinco habitantes [MJ/vivienda y año]. De acuerdo con SENER, 2011. Indicadores de Eficiencia Energética en México: cinco sectores, cinco retos, se asume como 28,336.3.

P: Porcentaje del consumo medio de gas destinado a bañarse [%]. De acuerdo con la bibliografía, se asume 40%.

FE: Factor de emisión de GEI del gas L.P. [t CO2e/MJ]

Se consideran los siguientes valores:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Variable | Dato | Unidad | Fuente |
| CAP | 28,336.3 | MJ/vivienda/año | SENER, 2011 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| P | 40 | % | GC Solar, 2011 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| FE gas L.P. | 0.0000632 | T CO2e/MJ | IPCC, 2006 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |

Sustituyendo los valores:

El factor de emisión para el gas L.P. ha sido calculado para el PEACC Jalisco a partir de los siguientes datos y potenciales de calentamiento global:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| GEI | F.E. [Ton/TJ] | Fuente | GWP | Fuente |
| CO2 | 63.1 | IPCC, 2006. | 1 | DOF, 14/08/2015 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| CH4 | 0.001 | IPCC, 2006. | 28 | DOF, 14/08/2015 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |
| N20 | 0.0001 | IPCC, 2006. | 265 | DOF, 14/08/2015 citado en SEMADET, GIZ, 2017. |

Sustituyendo en la fórmula:

|  |  |
| --- | --- |
| 1.3 Buenas prácticas agropecuarias y forestales | |
| Tipo de medida | Tipo de ecuación |
| Instalación de biodigestores para el tratamiento de residuos orgánicos | 18 |
| Reducción de uso de fertilizantes sintéticos | 19 |
| Prevención de incendios forestales | 20 |
| Reforestación y conservación de áreas verdes | 21 |

Tipo 18. Medidas de instalación de biodigestores para el tratamiento de residuos orgánicos

La reducción consiste en la instalación de biodigestores anaerobios en las zonas rurales del estado de Jalisco, para que la población y los productores del sector agropecuario puedan tratar los residuos orgánicos derivados de la ganadería de forma eficiente ambientalmente.

La Línea Base, en este caso, considera la disposición libre de los residuos orgánicos en el exterior, mientras que la Línea de Proyecto considera la utilización de los biodigestores para el tratamiento y disposición de dichos residuos. Los datos para esta ecuación se toman del Inventario del PEACC de Jalisco (SEMADET, 2018).

Las reducciones de GEI asociadas a esta acción se calculan de la siguiente manera:

Ecuación tipo 18

Donde,

N: Número de biodigestores instalados [n]

V: Capacidad de cada biodigestor [m3]

TRC: Tiempo de Retención Hidráulico [días]

d: Densidad relativa del estiércol

FE libre: Factor de emisión de libre disposición de residuos orgánicos [kg CH4/cabeza/año]

GWP CH4: Potencial de calentamiento global del metano

G: Producción anual promedio de estiércol por cabeza de ganado [kg/cabeza/año]

Se toman los siguientes valores al sustituir en la fórmula:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Variable | Dato | Fuente |
| Tiempo de Retención Hidráulico | 50 | FAO, 2011citado en SEMADET, 2018. |
| Densidad relativa del estiércol (t/m3) | 0.993 | INFOAGRO citado en SEMADET, 2018. |
| Factor de emisión de libre disposición de residuos orgánicos [kg CH4/cabeza/año] | 1 | IPCC, 2006 citado en SEMADET, 2018. |
| Producción anual promedio de estiércol por cabeza de ganado[kg/cabeza] | 1,825 | Cruz, 2011 citado en SEMADET, 2018. |
| Potencial de calentamiento global del metano | 28 | DOF, 2015 citado en SEMADET, 2018. |

Sustituyendo en la ecuación:

Tipo 19. Agricultura: Reducción del uso de fertilizantes sintéticos

La reducción de emisiones de GEI se debe a una menor utilización de fertilizantes sintéticos. En este caso, la Línea Base son las emisiones asociadas al uso de fertilizantes en cultivos tradicionales, mientras que la Línea de Proyecto es el uso (menor) de fertilizantes asociado a la implementación de los sistemas de cultivo considerados; de ahí que la cuantificación de las reducciones asociadas a la acción vayan en proporción directa a las parcelas en las cuales se implementan estos sistemas.

Ecuación tipo 19

Donde,

N: Número de parcelas con sistemas implementados [n]

A: Superficie promedio de las parcelas [ha]

F: Fertilizante utilizado por hectárea en sistemas tradicionales [kg]

P: Disminución en el uso de fertilizantes al implementar los nuevos sistemas [%]

FE: Factor de emisión del fertilizante [t N20/kg]

GWP: Potencial de calentamiento global de N20 [n]

Se toman los siguientes valores al sustituir en la fórmula:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Variable | Dato | Fuente |
| Fertilizante utilizado por hectárea en sistemas tradicionales | 78.8 | Banco Mundial, 2013 citado en SEMADET, 2018. |
| Disminución en el uso de fertilizantes al implementar los nuevos sistemas | 67% | FAO citado en SEMADET, 2018. |
| Factor de emisión del fertilizante | 0.0000157 | Cálculo realizado para el PEACC Jalisco citado en SEMADET, 2018. |
| Potencial de calentamiento global de N20 | 265 | DOF, 2015 citado en SEMADET, 2018. |

Sustitución:

Tipo 20. Medidas que implican la prevención de incendios forestales

Las emisiones de GEI reducidas por medidas que implican la prevención de incendios, son debidas al CO2 atmosférico absorbido por las especies forestales que se salvan de ser consumidas por el fuego. Estas absorciones se calculan como la captura de carbono (C) atmosférico por el crecimiento de la biomasa. La proporción de superficie en la que se previenen efectivamente los incendios se establece conforme a los cálculos realizados en el PEACC Jalisco, al determinar la tasa de incendios forestales observada en el estado de Jalisco en los últimos años (en términos de superficie).

La cantidad de GEI reducida por absorción de C de la atmosfera por el crecimiento de la biomasa vegetal, es:

Ecuación tipo 20

Donde,

Superficie protegida: Superficie sobre la que se implementan los programas de prevención de incendios (ha).

Superficie afectada por incendios en el año: Superficie total afectada por incendios en el municipio o región durante la temporada anual de incendios (ha)

Superficie forestal del municipio: Superficie total forestal del municipio o región (ha)

Gw: Promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea

R: Relación entre biomasa subterránea y aérea

CF: Fracción de carbono de materia seca

Se toman los siguientes valores al sustituir en la fórmula:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Variable | Dato | Fuente |
| Gw | 5 t m.s./ha año | IPCC, 2006. (bosque subtropical subhúmedo de coníferas y hojosas) |
| R | 0.20 | IPCC, 2006.  (bosque subtropical subhúmedo de coníferas y hojosas) |
| CF | 0.47 t C/t m.s. | IPCC, 2006. |

Sustituyendo los valores:

Tipo 21. Medidas que implican reforestación y conservación de áreas verdes

Las emisiones de GEI reducidas por medidas que implican la reforestación, se deben al CO2 atmosférico absorbido por las especies forestales que se siembran. Estas absorciones se calculan como la captura de carbono (C) atmosférico por el crecimiento de la biomasa. Los datos para esta ecuación se toman del Sistema de MRV, M&E de Jalisco (SEMADET, GIZ, 2017).

La cantidad de GEI reducida por absorción de C de la atmosfera por el crecimiento de la biomasa vegetal, es:

Ecuación tipo 21

Donde,

Superficie: Superficie sobre la que se actúa (ha)

Gw: Promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea, 5 t m.s./ha año

R: Relación entre biomasa subterránea y aérea, 0.20

CF: Fracción de carbono de materia seca, 0.47 t C/t m.s

Sustituyendo los valores:

## Bibliografía

SEMADET, GIZ, 2017. *Desarrollo de un sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación y Monitoreo y Evaluación para el Estado de Jalisco*. Guadalajara, noviembre de 2017 (no publicado). Resumen ejecutivo disponible en: <http://iki-alliance.mx/jalisco-implementa-sistema-monitoreo-reporte-verificacion/>

SEMADET, 2018. *Programa Estatal para la Acción ante el Cambio Climático. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. Gobierno del Estado de Jalisco. Guadalajara, Jalisco. México. S*ección 2.1 *Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero*. Disponible en: <https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/07-31-18-v.pdf>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Ginebra, Suiza.