

Elaboración y verificación del inventario de GEI del Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián en base a la norma ISO 14064:1.

Autora principal: M^a Victoria Esnaola Herrero, técnica superior, Dirección de Medio Ambiente, Ayuntamiento de San Sebastián.

Otras autoras: Ana Juaristi Arrieta, jefa del Servicio de Salud Ambiental y Sostenibilidad, Dirección de Medio Ambiente, Ayuntamiento de San Sebastián.

Resumen

El departamento de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Donostia/San Sebastián lleva varios años calculando el inventario de gases de efecto invernadero (GEI) del Ayuntamiento y del municipio.

Los inventarios son una herramienta fundamental a la hora de medir la eficacia de las acciones realizadas para reducir las emisiones. Por ello, desde 2011, el inventario del Ayuntamiento se elabora en base a la norma ISO 14064:1 *“Gases de efecto invernadero. Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero, y se verifica a través de una auditoría externa para asegurar su exactitud.*

El alcance del inventario se ha fijado con un enfoque de control operacional. Los límites de la organización incluyen, además de los diferentes departamentos del propio Ayuntamiento, los organismos autónomos y las sociedades públicas municipales. Además de las emisiones de GEI directas e indirectas por consumo de energía, se han considerado también las emisiones indirectas de GEI generadas en servicios municipales subcontratados o de gestión privada.

Las fuentes de emisiones se han identificado a través de los contratos de suministro energético y mediante cuestionarios. Los datos de actividad se han obtenido de las compañías suministradoras de energía, y las emisiones de gases refrigerantes, de las empresas de mantenimiento de las instalaciones de climatización. El inventario se ha calculado mediante una hoja de cálculo.

El inventario correspondiente al año 2015 ya se ha verificado, y las emisiones ascienden a 18.675 t de CO₂ equivalente, 100 kg de CO₂ equivalente por habitante. Esta cantidad supone una reducción del 21 % respecto a las emisiones del año 2010, primer año cuyo inventario se elaboró en base a esta norma. Al descenso de las emisiones han contribuido la reducción del consumo de gasóleo en vehículos y la reducción del consumo de electricidad, pero, sobre todo, al hecho de que desde el año 2012 el Ayuntamiento consume electricidad proveniente de fuentes renovables, ya que la electricidad generada en fuentes renovables no tiene emisiones de GEI asociadas.

1. Introducción

La Junta de Gobierno Local del Ayuntamiento de Donostia/San Sebastián, en la sesión del 11 de enero de 2008, aprobó el I Plan Local de Lucha contra el Cambio Climático 2008-2013. De esta manera, la ciudad se sumó al compromiso de adopción de medidas a favor del cumplimiento del protocolo de Kyoto.

Este documento de carácter estratégico, que formó parte del II Plan de Acción de la Agenda 21 Local 2008-2013, englobaba todas aquellas medidas que el Ayuntamiento pondría en marcha en el mencionado periodo de cara a combatir, desde el ámbito local, los efectos de un fenómeno de escala global como es el del cambio climático.

Además, en 2008, el alcalde firmó la carta de adhesión al Covenant of Mayors o Pacto de Alcaldes por el Clima. La adhesión a este pacto implicaba, entre otros, el compromiso de superar los objetivos establecidos por la UE para 2020, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero en nuestros respectivos ámbitos territoriales en al menos un 20%.

Para lograr estos objetivos, en el año 2011 se aprobó y envió a la oficina del Pacto de Alcaldes de Bruselas el Plan de Acción de Energía Sostenible (PAES). En el mismo se recogían 91 medidas concretas con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la ciudad un 20,51% para el año 2020 tomando como referencia el año 2007.

En la actualidad, el Plan de Acción de Energía Sostenible está integrado en el III Plan de Acción de la Agenda Local 21 de San Sebastián para los años 2015-2022, concretamente en su sexta línea estratégica. Los objetivos del PAES se han reforzado en la Estrategia Donostia Hiri Berdea 2030, en la que el objetivo de reducción de las emisiones se ha incrementado hasta el 30% para el año 2030. Actualmente se está elaborando la estrategia Klima Estrategia DSS 2050 y el Plan de Adaptación al cambio climático.

Desde 2005, el Ayuntamiento ha venido elaborando los inventarios del municipio y del propio Ayuntamiento, utilizando para ello las herramientas facilitadas por Udalsarea 21, la red de municipios vascos hacia la sostenibilidad, el foro de coordinación y cooperación que dinamiza las Agendas Locales 21 de los municipios vascos.

Sin embargo, en el año 2011, dada la importancia de los inventarios a la hora de medir los avances conseguidos con los planes de acción de lucha contra el cambio climático, se estimó conveniente elaborar el inventario del Ayuntamiento en base a la norma ISO 14064 y verificarlo.

Esta norma ISO se basa en los principios de pertinencia, cobertura total, coherencia, exactitud y transparencia. La mayor dificultad a la hora de aplicarla al inventario de un Ayuntamiento es el número elevadísimo de instalaciones que contribuyen al inventario, y su identificación y cuantificación.

2. Metodología

2.1 Alcance del inventario.

El Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián organiza su actividad a través de áreas de actuación, que se estructuran en direcciones. Por otro lado, existen organismos autónomos, que se ocupan de tres áreas concretas, y diferentes tipos de empresas municipales.

Para la definición de los límites de la organización se ha seleccionado el enfoque de control operacional, es decir, se han incluido en el alcance las actividades sobre las que el Ayuntamiento tiene control total a nivel de operación.

En la figura 1 se muestra el ámbito en el que el Ayuntamiento tiene control operacional: las direcciones del Ayuntamiento, tres organismos autónomos, dos entidades públicas empresariales y seis sociedades pública municipales.



Figura 1. Estructura organizativa del Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián y ámbito del control operacional.

Dentro de los límites operativos, se han contabilizado de forma separada los siguientes tipos de emisiones: emisiones directas, emisiones indirectas por energía, otras emisiones indirectas y emisiones procedentes de la combustión de biomasa.

Dentro de “otras emisiones indirectas” se han considerado las relacionadas con servicios que debe ofrecer el Ayuntamiento, pero que se encuentran subcontratados, como son: el

servicio de limpieza viaria y de arquetas; la recogida de residuos domiciliarios; la limpieza de playas; el mantenimiento de parques y jardines; la gestión de algunos polideportivos de gestión privada; y la gestión energética de las instalaciones deportivas.

2.2 Identificación de fuentes de emisiones y de sumideros y exclusiones.

Las fuentes genéricas de emisiones de GEI directas, indirectas por energía y otras emisiones indirectas son las que se muestran en la tabla 1.

Proceso/actividad	GEI generados	Instalaciones
Emisiones directas		
Combustión de gas natural	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Calderas, motores, cocinas
Combustión de propano	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Calderas, cocinas
Combustión de gasóleo	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Grupos electrógenos, Vehículos, Calderas
Combustión de gasolina	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Vehículos, máquinas
Combustión de biodiésel	CH ₄ , N ₂ O	Vehículos
Combustión de bioetanol	CH ₄ , N ₂ O	Vehículos
Combustión de biomasa	CH ₄ , N ₂ O	Calderas
Fugas de gases refrigerantes	gases fluorados	Instalaciones de climatización
Emisiones indirectas por energía		
Consumo de electricidad	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Fuerza y alumbrado
Otras emisiones indirectas		
Combustión de gas natural	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Calderas, motores, cocinas
Combustión de propano	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Calderas
Combustión de gasóleo	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Grupos electrógenos, vehículos, calderas
Combustión de gasolina	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Vehículos
Combustión de biodiésel	CH ₄ , N ₂ O	Vehículos
Combustión de bioetanol	CH ₄ , N ₂ O	Vehículos
Consumo de electricidad	CH ₄ , N ₂ O	Fuerza y alumbrado
Fugas de gases refrigerantes	gases fluorados	Instalaciones de climatización
Emisiones de la biomasa		
Combustión de biomasa	CO ₂	Calderas
Combustión de biodiésel	CO ₂	Vehículos

Combustión de bioetanol	CO ₂	Vehículos
-------------------------	-----------------	-----------

Tabla 1. Fuentes genéricas de emisiones de GEI directas, indirectas por energía y otras emisiones indirectas y gases generados en cada una de ellas.

El número de instalaciones generadoras de GEI dentro del alcance del inventario es muy grande, lo que dificulta su identificación. Las instalaciones de combustión fija (calderas, cocinas...) y de fuerza y alumbrado suponen más de 200 contratos de suministro de gas y más de 1400 contratos de suministro de electricidad respectivamente. El número de vehículos utilizados por las organizaciones que están dentro del alcance del inventario (autobuses públicos, vehículos de la guardia municipal, bomberos, parque móvil del Ayuntamiento, etc.) también es muy grande. Comparativamente, el número de instalaciones de climatización y de instalaciones que utilizan combustible almacenado en depósitos es pequeño.

Dado el número tan grande de instalaciones emisoras de GEI, la identificación individual de cada instalación y la obtención de su dato de actividad para calcular sus emisiones asociadas es difícil. La identificación de las instalaciones emisoras se llevado a cabo de la siguiente forma:

Las instalaciones eléctricas y las calderas u otras instalaciones que utilizan gas suministrado desde la red se han identificado mediante el número CUPS y la dirección de la acometida del suministro.

Las calderas de biomasa y las instalaciones que utilizan gas propano o gasóleo almacenado en depósitos se han identificado por la dirección de ubicación del depósito.

Las instalaciones de climatización se identifican a partir del edificio en que se encuentran y, si es necesario, de la sala del edificio.

En cuanto a los vehículos, aunque cada organización identifica los vehículos de forma individual y registra los datos de consumos de combustibles de cada uno, para realizar el inventario se ha considerado el conjunto de vehículos de cada organización. En el caso de la flota de autobuses municipales, como se surten de combustible a partir de dos depósitos propios, no se han identificado los autobuses de forma individual.

Para identificar las instalaciones emisoras, anualmente se solicita a cada organización información sobre las instalaciones de climatización, los vehículos y los depósitos de combustibles que poseen. El listado de contratos de electricidad y gas se solicita directamente a las compañías suministradoras.

No se han considerado para calcular el inventario los sumideros de carbono, ya que el Ayuntamiento no cuenta con los datos necesarios para ello.

Se han excluido algunas instalaciones cuyas emisiones suponían menos de un 1 % del inventario, y que en conjunto no suponían más del 5 %. Estas exclusiones se refieren sobre todo a los grupos electrógenos y a los stocks que quedan en los depósitos de combustibles a final de año.

2.3 Cuantificación de las emisiones

Las emisiones de GEI se calculan de dos formas diferentes, en función del tipo de fuente de emisión:

a) Fuentes de emisión en las que existe transformación química (combustión) y emisiones relacionadas con el consumo de electricidad: las emisiones de GEI se calculan multiplicando el dato de actividad (consumo de combustible o de electricidad) por su factor de emisión.

b) Fuentes de emisión en las que no existe transformación química (emisiones fugitivas) y casos en los que el dato de emisión esté en unidades diferentes de CO_{2e} (por ej., en toneladas de CH₄): las emisiones se calculan multiplicando el dato de emisión (toneladas de gas) por su potencial de calentamiento global.

Finalmente, una vez calculadas las emisiones de cada fuente en unidades de toneladas de CO_{2e}, se suman todas las emisiones de la misma categoría (emisiones directas, emisiones indirectas por energía y otras emisiones indirectas). Las emisiones de CO₂ por biomasa se reportan de forma separada al resto de emisiones.

Los datos de actividad proceden de facturas, de lecturas de contadores o de partes de mantenimiento, y se mantiene su trazabilidad para que sean auditables.

Los consumos anuales de gas y de electricidad de red se han obtenido directamente de las compañías suministradoras a partir de las lecturas de contadores realizadas.

Los consumos de combustibles en instalaciones fijas no conectadas a la red de suministro (que utilizan combustible almacenado en depósitos) y los consumos de combustibles en instalaciones móviles (vehículos) los ha facilitado cada organización, y provienen de las facturas correspondientes.

Los datos de fugas de gases refrigerantes se han solicitado a las empresas mantenedoras, que los obtienen de las facturas o de los partes de mantenimiento.

Los factores de emisión se han obtenido de fuentes reconocidas. El factor de emisión de la electricidad se ha tomado del mix de la red eléctrica del Estado.

Los cálculos se han realizado informáticamente mediante hojas de cálculo.

2.4 Año base.

Se ha elegido como año base el año 2010, por ser el primero del que se disponía de datos auditables.

2.5 Aseguramiento de la calidad.

Para asegurar la calidad del inventario, por un lado, se comprueba que los datos de un año no difieren más de un 30 % de los datos del año anterior, y, por otro lado, se realiza una auditoría interna anual.

Por otro lado, el inventario es verificado por una entidad externa certificadora en base a la citada norma ISO.

3. Resultados y discusión

3.1 Inventarios del Ayuntamiento.

Los inventarios de GEI del Ayuntamiento correspondientes a los años 2010 a 2015 aparecen en la tabla 2. En dicha tabla se puede observar que las emisiones totales de GEI se han reducido un 21,5 % en 2015 respecto al año base. Las emisiones de GEI por habitante se han reducido en el mismo porcentaje. El descenso más importante se produjo en los años 2012 y 2013.

La reducción es algo menor, del 18 %, si descontamos de los inventarios totales las emisiones de GEI debidas a la combustión de biomasa. Los gases que se originan en la combustión de biomasa no inciden en el aumento de la concentración de GEI en la atmósfera, ya que los gases emitidos vuelven a fijarse como biomasa en un ciclo anual.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Emisiones totales (t CO ₂ e)	23.791	25.116	22.065	19.095	18.851	18.675
Emisiones por habitante (Kg CO ₂ e/hab)	128	135	118	102	101	100
Emisiones totales sin contar las emisiones de la biomasa (t CO ₂ e)	22.771	23.592	20.201	19.089	18.846	18.653
Emisiones por habitante sin biomasa (Kg CO ₂ e/hab)	122	127	108	102	101	100

Tabla 2. Emisiones de GEI totales y emisiones por habitante entre los años 2010 y 2015.

La reducción de emisiones se ha producido a pesar de que el número de instalaciones que entran dentro del alcance del inventario ha ido aumentando en los años posteriores al año base. Por ejemplo, en 2012 entraron en funcionamiento dos grandes instalaciones que tienen consumo energéticos muy grandes, como son el Museo San Telmo y el centro cultural y deportivo de Intxaurreondo.

En la tabla 3 aparecen los datos de emisiones clasificadas en emisiones directas, emisiones indirectas por energía y otras emisiones indirectas. En esta tabla se observa una reducción muy importante de las emisiones indirectas por energía en los años 2012 y 2013, que es la razón fundamental del descenso global de las emisiones. La reducción de las emisiones se debe a que a mediados de 2012 gran parte de los contratos de suministro de electricidad se incluyeron en un contrato de suministro de energía 100 % renovable, que no tiene emisiones de GEI asociadas.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Emisiones directas						
Combustión fija	2.457	1.975	2.362	2.419	2.163	4.719
Combustión móvil	9.149	8.874	8.991	9.673	9.585	9.385
Emisiones fugaces	883	886	783	894	918	975
Subtotal	2.488	11.735	12.135	12.986	12.665	15.079
De las cuales, por combust. de biomasa	1.020	1.524	1.864	6	5	22
Emisiones indirectas por energía						
Subtotal	5.287	7.345	3.531	170	266	779
Otras emisiones indirectas						
Subtotal	6.015	6.036	6.398	5.939	5.919	2.817

Tabla 3. Emisiones directas, emisiones indirectas y otras emisiones indirectas entre los años 2010 y 2015.

En el año base, el 52 % de las emisiones de GEI fueron emisiones directas, principalmente generadas en la combustión móvil (38 % del inventario); las emisiones indirectas por energía representaban el 22 % del inventario, y otras emisiones indirectas el 25 %.

Sin embargo, estas proporciones no se mantienen en los siguientes años, principalmente por dos razones: el descenso acusado de las emisiones asociadas al consumo de electricidad que ya se ha explicado, y el traspaso de emisiones de unas categorías a otras. Esto ocurre cuando servicios subcontratados, cuyas emisiones caían en el apartado de otras emisiones indirectas, pasan a ser gestionados directamente por el Ayuntamiento, con lo que las emisiones se convierten en emisiones directas o emisiones indirectas por energía. Este caso se ha dado en los años estudiados con la gestión de las instalaciones deportivas, que algunos años ha sido llevada por una empresa privada o por una empresa de gestión de la energía, y otros años directamente por el patronato municipal de deportes.

Para evitar el problema del traspaso de emisiones de unas categorías a otras a la hora de comparar los resultados, se pueden agrupar las emisiones en las categorías que aparecen en la figura 2: emisiones de la combustión fija (principalmente calderas de calefacción), combustión móvil (vehículos), consumo de electricidad y emisiones fugaces de gases refrigerantes; sin tener en cuenta si las emisiones se han generado en las instalaciones gestionadas directamente por el Ayuntamiento o en las de gestión privada

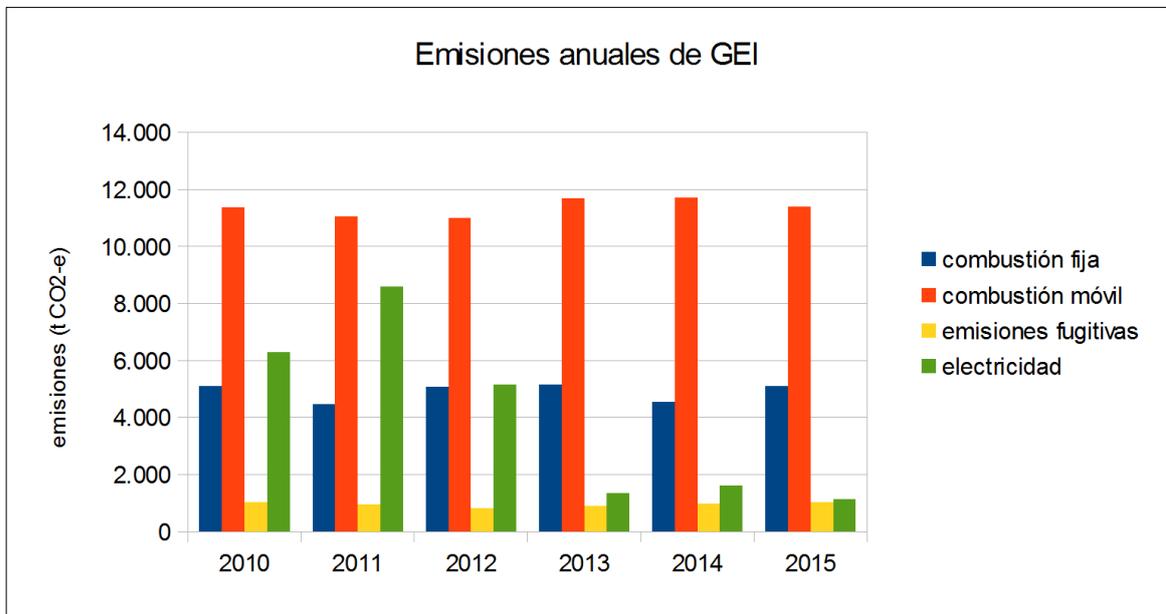


Figura 2. Emisiones anuales originadas en la combustión fija, combustión móvil, fuga de gases refrigerantes y emisiones asociadas al consumo de electricidad.

En el gráfico anterior se observa que el porcentaje mayor de las emisiones (48 % en 2010, 62 % en 2015) se generan en la combustión móvil. Dentro de la combustión móvil, alrededor del 77 % de las emisiones son originadas por la flota de autobuses municipales, la recogida de residuos supone alrededor del 8 %, y la limpieza viaria el 6-8 %. El resto lo generan los vehículos municipales (servicio de extinción de incendios, guardia municipal y vehículos de otros departamentos) y los vehículos de las subcontratas de limpieza de playas, limpieza de arquetas y de mantenimiento de parques y jardines.

La segunda fracción más importante de las emisiones es, en los años 2010 a 2012, la asociada al consumo eléctrico. A partir del 2013 esta fracción pasa a ser la tercera en importancia. Al analizar las emisiones asociadas al consumo eléctrico, hay que tener en cuenta que éstas dependen no solo del consumo, sino también, y en gran medida, del factor de emisión de la electricidad. Éste depende del mix eléctrico estatal, y es por tanto un factor externo que no se puede controlar. Se da la circunstancia de que precisamente el factor de emisión más bajo de los 6 años estudiados es el correspondiente a 2010, lo que explica el fuerte aumento de las emisiones en 2011, a pesar de que el consumo de electricidad solo aumentó un 1,7 % ese año. En los años siguientes el consumo de electricidad ha disminuido progresivamente hasta llegar a ser un -14 % en 2015 respecto a 2010.

año	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Valor del factor de emisión de la electricidad (kg CO _{2e} / kWh) *	0,166	0,223	0,242	0,178	0,192	0,237

*Fuente: informes anuales del observatorio de la electricidad WWF Spain.

Tabla 4. Valores del factor de emisión de la electricidad entre utilizados en los inventarios de 2010 a 2015.

La tercera fracción de GEI más importante (la segunda a partir de 2013) es la debida a la combustión fija, principalmente en calderas, que supone entre el 18 % (2011) y el 27 % (2015) del total de las emisiones. Este consumo está muy ligado a la temperatura exterior en los meses más fríos, que en nuestra localización sufre variaciones importantes de unos años a otros, lo que explica las variaciones en las emisiones.

Por último, la fracción menor de las emisiones es la correspondiente a las fugas de gases refrigerantes, que suponen entre un 3,8 % (en 2012) y un 5,5 % (en 2015) del total del inventario. Las fugas de gases refrigerantes no se producen por el uso normal de las instalaciones de climatización, sino que son debidas a averías, pero cuando hay un número suficiente de instalaciones en funcionamiento, el nivel de emisiones se mantiene más o menos de un año a otro. Esto ocurre, por ejemplo, con las emisiones fugaces de las instalaciones de climatización de los autobuses municipales: la flota de casi 130 autobuses ha generado en los años estudiados unas emisiones de entre 500 y 800 toneladas de CO_{2e} al año.

La recopilación de todos los datos de actividad de las instalaciones generadoras de GEI y el cálculo de las emisiones de GEI de cada una de ellas supone una fuente de información fundamental que permite medir el impacto que tienen en las emisiones la mejora de la eficiencia de las instalaciones o los cambios en el tipo de energía (eléctrica frente a gas), tipo de combustible (diésel/biodiésel, gasóleo/gas natural...) o en el tipo de gas de refrigeración.

Se presentan a continuación como ejemplos de estudio el caso de la Compañía del Tranvía de San Sebastián, empresa que gestiona los autobuses municipales, de un centro escolar en el que se han implementado varias medidas de mejora de la eficiencia energética, y del alumbrado público, en el que también se han aplicado medidas para la reducción del consumo.

3.2 Emisiones de GEI de la Compañía del Tranvía de San Sebastián.

Entre los años 2008 y 2012 la Compañía del Tranvía de San Sebastián participó en el proyecto europeo CIVITAS-ARCHIMEDES, cuyo objetivo era conseguir un transporte urbano más sostenible. En concreto, la medida que se comprometieron a adoptar fue la utilización de porcentajes altos de biodiésel en los autobuses municipales.

Los datos de las emisiones generadas por el consumo de gas, gasóleo, biodiésel y electricidad y por las fugas de gases y las emisiones totales aparecen en la figura 3.

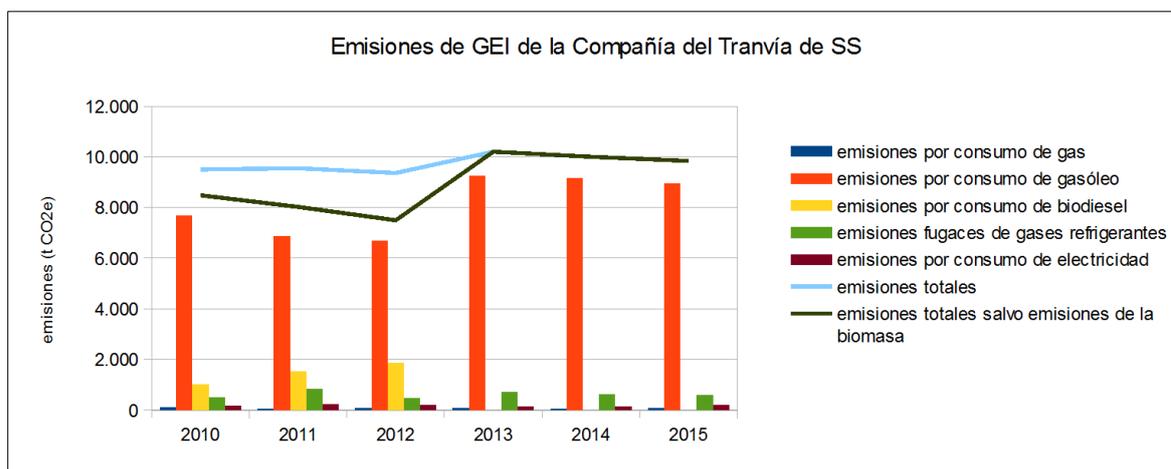


Figura 3. Emisiones generadas por la Compañía del Tranvía de San Sebastián clasificadas según la fuente de emisión; emisiones totales, y emisiones totales descontadas las emisiones de combustión de la biomasa.

Como consecuencia de la participación en el citado proyecto, el consumo de biodiésel se incrementó entre los años 2010 y 2012, al mismo tiempo que disminuía el consumo de gasóleo. Las emisiones de la combustión de biomasa (biodiésel en este caso) no incrementan la concentración de GEI en la atmósfera, ya que en un ciclo anual estos GEI son fijados de nuevo como biomasa. La sustitución de gasóleo por biodiésel supuso una disminución importante de las emisiones totales (descontadas las emisiones de la biomasa) de los años 2010 a 2012: en el año 2012 las emisiones totales fueron un 27 % inferiores a las del año 2013.

A partir de 2013, por razones económicas, la Compañía del Tranvía vuelve a utilizar exclusivamente gasóleo, pero se trabajan otras alternativas para la reducción de las emisiones: la sustitución de autobuses diésel por autobuses híbridos y eléctricos. El número de vehículos de cada clase en funcionamiento durante los años estudiados se muestra en la tabla 5.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nº de vehículos diesel	121	120	119	119	115	117
Nº de vehículos híbridos	0	1	1	1	6	10
Nº de vehículos eléctricos	0	0	0	0	1	1
Nº total de vehículos	121	121	120	120	122	128

Tabla 5. Composición de la flota de autobuses municipales entre los años 2010 y 2015.

La incorporación a la flota de estos autobuses tuvo un efecto de reducción de las emisiones por combustión de gasóleo a partir de 2013: las emisiones en 2015 fueron un 3 % inferiores a las de 2013, a pesar del aumento del número total de vehículos.



Figura 4. Fotografía de uno de los autobuses híbridos adquiridos por la Compañía del Tranvía.

Además de trabajar por reducir las emisiones de los autobuses, la empresa también tomó medidas para reducir el consumo eléctrico de la sede de la Compañía del Tranvía, en la que están ubicadas las oficinas y los talleres de la empresa. Las medidas consistieron en la sustitución de luminarias por otras más eficientes y en colocar algunas luminarias de los talleres a menor altura.

Con estas medidas se consiguió reducir el consumo de electricidad hasta un 24 % en el año 2015 respecto a 2010 (tabla 6), a pesar de que desde agosto de 2014 está en funcionamiento un autobús eléctrico, cuyo consumo anual de electricidad se estima en 84.000 kWh.

La reducción del consumo eléctrico no se refleja en las emisiones correspondientes a estos años debido a la gran variación del factor de emisión de la electricidad de un año a otro.

Por otro lado, un hallazgo importante derivado de la elaboración del inventario de GEI de la Compañía del Tranvía ha sido el porcentaje que representan las fugas de los gases de los sistemas de climatización de los autobuses respecto al total de emisiones. En los años estudiados, este porcentaje se sitúa entre el 5 y el 9 %. Por tanto, la sustitución de los gases de refrigeración utilizados actualmente por otros gases sin efecto invernadero, que se realizará en los próximos años según se vaya aplicando el reciente acuerdo mundial al respecto, supondrá la reducción de hasta un 9 % de las emisiones del transporte público municipal.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Consumo de electricidad (kWh)	1.109.400	1.039.285	901.777	807.620	812.731	843.121
Variación del consumo de electricidad		-6 %	-19 %	-27 %	-27 %	-24 %
Emisiones por consumo de electricidad (t CO _{2e})	184	232	218	144	156	200
Consumo anual estimado del autobús eléctrico (kWh)					34.500	83.950

Tabla 6. Consumo de electricidad y emisiones por consumo de electricidad de la Compañía del Tranvía de San Sebastián y consumo estimado del autobús eléctrico.

3.3 Emisiones de GEI de un centro escolar

El segundo caso de estudio es un centro escolar en el que se han implementado dos importantes medidas para la reducir el consumo energético. Por una lado, en 2012 se sustituyó el sistema de calefacción mediante calostatos eléctricos por una caldera de gas; por otro lado, en otoño de 2015, se renovó toda la fachada del edificio, mejorando su aislamiento, y se instalaron válvulas termostáticas vía radio en diversas salas del edificio para optimizar el funcionamiento de la calefacción. La repercusión de esta segunda medida en el consumo y en las emisiones se reflejará en los datos de 2016.

La primera medida implementada supuso una reducción muy importante del consumo de electricidad: el consumo medio de electricidad en los años 2013 a 2015 fue un 70 % inferior al consumo medio en los años 2010 a 2012. La diferencia de consumo entre 2010, 2011 y 2012 se debe a que, como se ha explicado antes, el consumo ligado a la calefacción varía mucho de un invierno a otro. Esta misma razón explica la variación en el consumo de gas entre los años 2013 y 2015.

Dado que el factor de emisión de la electricidad en los años estudiados ha sido tan variable, para estudiar el efecto de la medida implantada en las emisiones de GEI se han

calculado las emisiones por consumo de electricidad utilizando el valor medio del factor de emisión de la electricidad para esos cinco años. Los resultados aparecen en la figura 5.

Según esta simulación, la media de las emisiones de GEI en los años 2013 a 2015 es un 15 % inferior a la media de emisiones de los años 2010 a 2012.

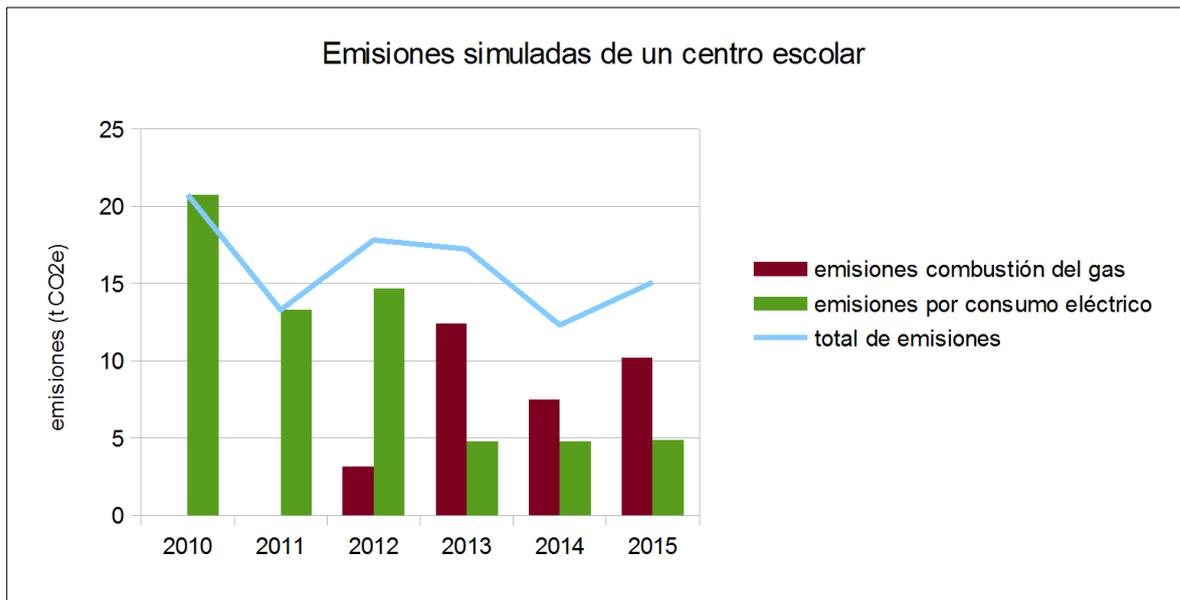


Figura 5. Emisiones de GEI de un centro escolar simuladas a partir del valor medio del factor de emisión de la electricidad de los años 2010 a 2015.

En realidad, desde mediados de 2012, el 100 % de la energía eléctrica consumida en el centro escolar es energía renovable, por lo que la disminución de emisiones es mayor que la simulada. Se da la paradoja de que, si no se hubiera sustituido el sistema de calefacción eléctrica por la calefacción de gas mucho más eficiente, las emisiones de GEI serían cero por efecto del contrato de energía renovable.

3.4 Emisiones del alumbrado público.

En este apartado se presenta la evolución del consumo del alumbrado público y de las emisiones de GEI asociadas a dicho consumo.

En el alumbrado público, durante los años estudiados, se han ido implementando varias medidas de ahorro energético en diferentes zonas de la ciudad, como por ejemplo: ajuste de potencias a niveles óptimos evitando sobreconsumos; redistribución de los puntos de luz; sustitución de las lámparas clásicas por lámparas LED; y ajuste de la iluminación de las fuentes ornamentales en el horario de verano.

Con estas medidas se ha conseguido reducir un 21 % el consumo en iluminación en 2015 respecto a 2010, a pesar de que en este periodo ha aumentado algo la superficie del municipio iluminada.

En la figura 6 se muestran también las emisiones de GEI asociadas a la iluminación, que están fuertemente influenciadas por el factor de emisión de la electricidad y por el consumo de electricidad 100 % renovable a partir de mediados de 2012.

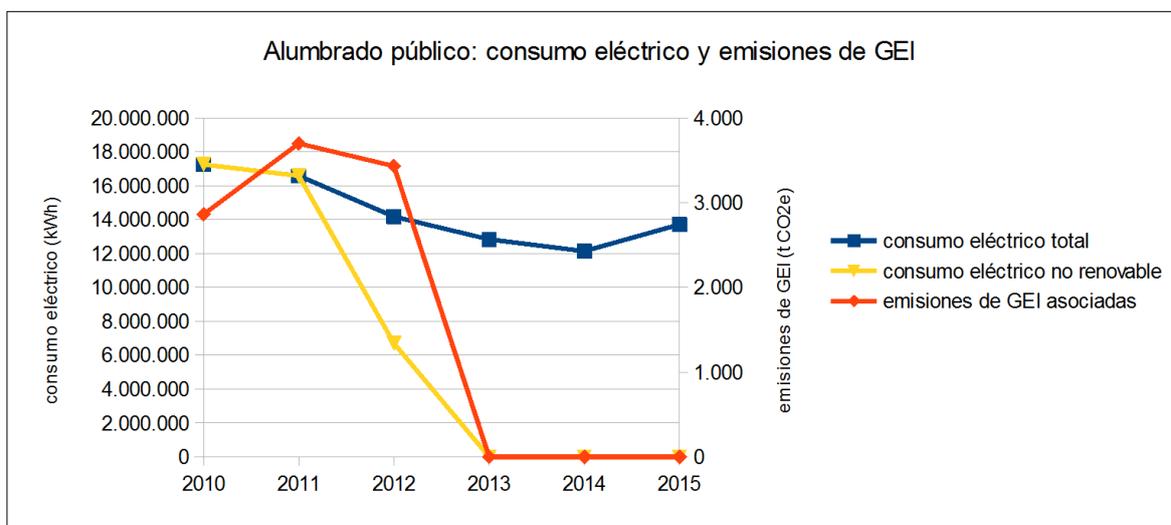


Figura 6. Consumo de electricidad en el alumbrado público y emisiones de GEI asociadas a dicho consumo.

4. Conclusiones

La elaboración del inventario de GEI de un ayuntamiento es una herramienta imprescindible para medir la eficacia de las medidas implementadas en los planes de lucha contra el cambio climático. También sirve para identificar y cuantificar el potencial de mejora de diferentes instalaciones emisoras de GEI.

El Ayuntamiento de Donostia/San Sebastián ha conseguido reducir las emisiones de GEI, a pesar de haber ampliado las instalaciones que tiene en funcionamiento: en efecto, el objetivo debe ser desvincular la mejora de los servicios ofrecidos a la ciudadanía del aumento de las emisiones.

El estudio de los datos de las emisiones globales de GEI es suficiente de cara a medir la consecución de objetivos globales, pero puede dar lugar a conclusiones erróneas en cuanto a la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones. Por ello, de forma paralela al estudio de las emisiones de GEI, es interesante estudiar la evolución de los datos de actividad (consumos) utilizados para calcular las emisiones. Lo mismo es aplicable en sentido contrario: el estudio de los consumos energéticos de una instalación

debe complementarse con el cálculo de las emisiones de GEI producidas por dicha instalación.

Hay un factor externo importante que influye en la evolución de los inventarios, el factor de emisión de la electricidad, que depende de políticas estatales. Este factor no tiene influencia en el caso de contratar electricidad 100 % renovable, aunque esto no debe suponer abandonar los objetivos de reducción del consumo eléctrico.

Como punto de mejora futura, sería interesante desarrollar herramientas informáticas apropiadas que permitieran estudiar y comparar los datos de consumos y emisiones de cada una de las instalaciones de forma individual. Esto facilitaría mucho el estudio cuando el número de instalaciones generadoras de GEI es muy elevado, como es el caso del Ayuntamiento de Donostia/San Sebastián.