

Asistencia técnica para la realización de un Análisis de Ciclo de Vida comparativo de la gestión de residuos domésticos y comerciales de Gipuzkoa



Informe Final



IDOM

0	24/10/2018	Para aprobación
REVISIÓN	FECHA	COMENTARIOS
NE 21526 / DE IA		

Hoja en blanco intencionadamente

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVO Y ALCANCE	11
3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA	13
3.1. Fases del ACV	13
4. LÍMITES DEL SISTEMA	14
4.1. Unidad funcional	14
4.2. Enfoque	15
4.3. Gestión actual	16
4.3.1. Destino Vertedero	17
4.3.2. Tratamiento de fracción orgánica	17
4.3.3. Tratamiento de lodos de EDAR	18
4.3.4. Transporte	18
4.4. Gestión futura	20
4.4.1. CMG1	21
4.4.2. CMG2	22
4.4.3. Instalaciones auxiliares	23
4.4.4. Transporte	24
5. INVENTARIO DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA	25
5.1. Fuentes de información	26
5.2. Gestión futura	30
5.2.1. Estaciones de transferencia	30
5.2.2. CMG1	31
5.2.3. CMG2	31
5.2.4. Transporte	31
5.3. Gestión actual	35
5.3.1. Estaciones de transferencia	36
5.3.2. Tratamiento de fracción orgánica	36
5.3.3. Vertederos	37
5.3.4. Tratamiento de lodos de EDAR	38
6. RESULTADOS	41
6.1. ¿Disminuye la categoría cambio climático en la gestión futura?	44
6.2. ¿Disminuye la categoría toxicidad humana en la gestión futura?	45
6.3. ¿Disminuye la categoría ocupación del suelo en la gestión futura?	46
6.4. ¿Disminuye la categoría disminución de la capa de ozono en la gestión futura?	47
6.5. ¿Disminuye la categoría disminución de recursos fósiles en la gestión futura?	48
6.6. ¿Disminuye la categoría disminución de recursos hídricos en la gestión futura?	49
6.7. ¿Disminuye la puntuación total de la gestión futura frente a la gestión actual?	50

6.8.	¿Qué categorías disminuyen en mayor medida?	51
6.9.	¿Qué categorías disminuyen en menor medida?	52
6.10.	A día de hoy, ¿dónde están los mayores impactos?	53
6.11.	¿Qué oportunidades de mejora presenta la gestión futura?	55
7.	CONCLUSIONES	56
8.	BIBLIOGRAFÍA	57
9.	ANEXO I	58
9.1.	Metodología de análisis de ciclo de vida	58
9.1.1.	Introducción a la metodología	58
9.1.2.	Fases del ACV	58
10.	ANEXO II	67
10.1.	Transporte	67
10.1.1.	Gestión actual	67
10.1.2.	Gestión futura	85

Índice de figuras

Figura 1-1.	Jerarquía de los residuos [1]	9
Figura 1-2.	Concepto del ciclo de vida de un proceso, bien o servicio	10
Figura 4-1.	Unidad funcional de los ACV	15
Figura 4-2.	Enfoque del ACV considerado (de la cuna a la tumba, cradle-to-gate)	16
Figura 4-3.	Alternativa 1 de la gestión actual (Mutiloa)	16
Figura 4-4.	Alternativa 2 de la gestión actual (Meruelo)	17
Figura 4-5.	Distribución del tratamiento de la fracción orgánica de Gipuzkoa. Fuente: GHK	18
Figura 4-6.	Gestión futura	20
Figura 4-7.	Fases de la planta de TMB	21
Figura 4-8.	Fases de la PVE	22
Figura 4-9.	Fases del proceso de biometanización	23
Figura 4-10.	Fases del proceso de tratamiento y maduración de escorias	23
Figura 5-1.	Mix eléctrico de España 2017 considerado para el consumo eléctrico de red	29
Figura 5-2.	Inventario de la gestión actual CMG1	33
Figura 5-3.	Inventario de la gestión actual CMG2	34
Figura 5-4.	Inventario de la gestión actual, alternativa Mutiloa	39
Figura 5-5.	Inventario de la gestión actual, alternativa Meruelo	40
Figura 6-1.	Resultados de la categoría cambio climático para la gestión actual y futura	44

Figura 6-2. Resultados de la categoría toxicidad humana para la gestión actual y futura	45
Figura 6-3. Resultados de la categoría ocupación del suelo (agrícola + urbano) para la gestión actual y futura	46
Figura 6-4. Resultados de la categoría disminución de la capa de ozono para la gestión actual y futura	47
Figura 6-5. Resultados de la categoría de disminución de recursos fósiles para la gestión futura y actual	48
Figura 6-6. Resultados para la categoría de impacto disminución de recursos hídricos	49
Figura 6-7. Resultados en puntuación única para la gestión actual y la gestión futura.....	50
Figura 6-8. Categorías ecotoxicidad del agua y toxicidad humana para las tres gestiones estudiadas	51
Figura 6-9. Categorías cambio climático y disminución de recursos fósiles para las tres gestiones estudiadas.....	52
Figura 6-10. Resultados en puntuación única por flujos para la gestión actual	53
Figura 6-11. Resultados en puntuación única por flujos para la gestión actual (eliminando la categoría transporte)	53
Figura 6-12. Resultados agrupados en puntuación única para la gestión futura	55
Figura 9-1. ISO 14040 ACV – fases del proyecto	59
Figura 9-2. Enfoques de ACV	60
Figura 9-3. Plantilla de insumos/producto de los procesos o etapas del ACV	61
Figura 9-4. Ejemplo de los procesos unitarios que conforman el ACV.....	61
Figura 9-5. Ejemplo de metodología ReCiPe [2].....	62

Índice de tablas

Tabla 2-1. Categorías de impacto analizadas en ambos sistemas de gestión.....	11
Tabla 3-1. Parámetros a definir en la fase de definición de objetivos y alcance	13
Tabla 3-2. Herramientas para el cálculo del ACV	13
Tabla 4-1. Tabla resumen de los límites del sistema.....	14
Tabla 4-2. Cantidad de residuos de entrada a ambos tipos de gestión.....	14
Tabla 4-3. Transportes desde las estaciones de transferencia hasta los vertederos.....	18
Tabla 4-4. Transportes desde las estaciones de transferencia hasta las plantas de tratamiento de la fracción orgánica	19
Tabla 4-5. Transportes desde la planta de reciclado de envases hasta los vertederos.....	19
Tabla 4-6. Transportes desde las EDAR hasta destino	19
Tabla 4-7. Residuos de entrada al CMG1.....	21

Tabla 4-8. Residuos de entrada al CMG2.....	22
Tabla 4-9. Transportes desde las estaciones de transferencia hasta el CMG	24
Tabla 4-10. Transportes desde la estación de reciclaje de envases hasta el CMG	24
Tabla 4-11. Transportes desde las EDAR hasta el CMG	24
Tabla 4-12. Transporte interno entre CMG1 y CMG2 de escorias	25
Tabla 4-13. Movimiento de vehículos en todo el complejo	25
Tabla 5-1. Tipología de entradas y salidas consideradas para elaborar los ACV	26
Tabla 5-2. Documentación consultada para la elaboración del inventario de la gestión futura .	26
Tabla 5-3. Fuente de información complementaria para completar el inventario de la gestión futura	27
Tabla 5-4. Fuente de información complementaria para completar el inventario de la gestión futura	27
Tabla 5-5. Documentación adicional consultada para elaborar el inventario de la gestión actual	28
Tabla 5-6. Fuentes de datos adicionales consultadas para elaborar el inventario de la gestión actual	28
Tabla 5-7. Origen de los datos de entrada y salida para el ACV de la gestión futura	30
Tabla 5-8. Origen de los datos de entrada y salida de la gestión actual alternativa Meruelo	35
Tabla 5-9. Origen de los datos de entrada y salida de la gestión actual alternativa Meruelo	36
Tabla 6-1. Resultados obtenidos para cada una de las gestiones analizadas (categorías de impacto midpoint)	41
Tabla 6-2. Resultados para las categorías de daño (endpoint)	42
Tabla 6-3. Resultados agrupados en puntuación única por flujos	43
Tabla 9-1. Categorías de impacto “midpoint”	63
Tabla 9-2. Categorías de daño “endpoint”	65
Tabla 9-3. Herramientas empleadas para elaborar el ACV	66

Listado de acrónimos

AAI	Autorización Ambiental Integrada
ACV	Análisis de Ciclo de Vida
ISO	Organización Internacional de Normalización
CMG	Centro Medioambiental de Gipuzkoa
COVDM	Compuestos orgánicos Volátiles Distintos del Metano
COT	Carbono Orgánico Total
FR	Fracción Resto
FO	Fracción Orgánica
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
PIGRUG	Plan Integral de Gestión de Residuos Urbanos de Gipuzkoa 2002-2016
RD	Residuo Doméstico
RICIA	Residuos Industriales, Comerciales e Institucionales Asimilables a domiciliarios

Hoja en blanco intencionadamente

1. INTRODUCCIÓN

El cierre de vertederos en el Territorio Histórico de Gipuzkoa está obligando a enviar los residuos fuera del territorio haciendo que aumente el coste ambiental y económico del tratamiento de estos. De aquí surge la necesidad urgente de desarrollar un nuevo sistema de tratamiento de estos. De acuerdo con las directrices europeas y con el Plan Integral de Gestión de Residuos Urbanos de Gipuzkoa 2002-2016 (PIGRUG), los objetivos a perseguir son la reducción en la generación de los residuos y el tratamiento de estos como un recurso. Por otro lado, los objetivos marcados por las directrices europeas plantean un futuro a 2030 en el que no existan vertederos para la eliminación de los residuos.

Teniendo todo esto en cuenta, el nuevo sistema de gestión planteado debe cumplir estas directrices de cara a perseguir un desempeño ambiental óptimo para el tratamiento de los residuos. Por otro lado, atendiendo a la jerarquía del tratamiento de los residuos (Figura 1-1), la opción de valorización energética se considera una mejor alternativa por encima de la eliminación en vertedero.

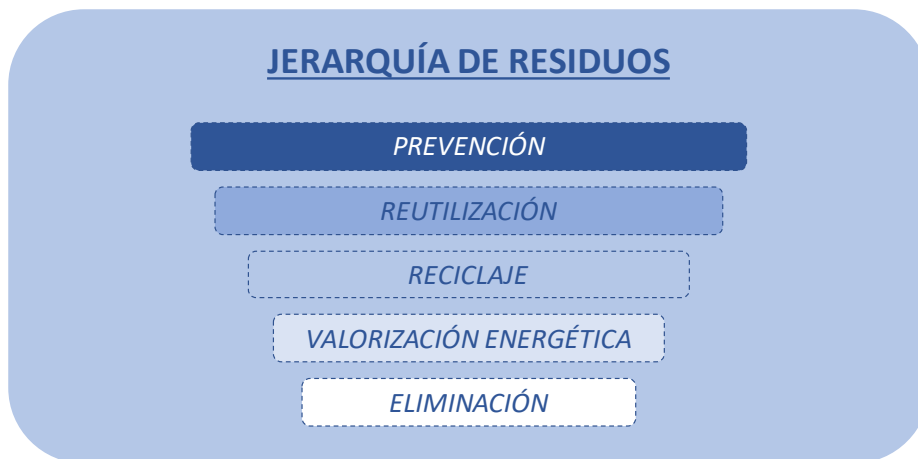


Figura 1-1. Jerarquía de los residuos [1]

El Centro Medioambiental de Gipuzkoa surge para dar respuesta a esta problemática el cual integrará el tratamiento de los residuos de la fracción resto, biorresiduo, lodos de EDAR, rechazos de envases y rechazos de plantas de tratamiento de fracción orgánica. Este centro incluirá una planta de valorización energética y un digestor anaerobio como elementos principales, además de los procesos necesarios de acondicionamiento previo de los residuos.

El CMG propone un sistema de gestión de los residuos que elimina los vertederos en cola y trata los residuos como un recurso al aprovechar la energía generada en forma de calor por la planta de valorización energética siguiendo las directrices marcadas por el PIGRUG y las directrices europeas.

La introducción de este nuevo sistema de gestión en el Territorio Histórico supondrá un cambio integral en el tratamiento de los residuos de la fracción resto y orgánicos, por lo que es importante analizar desempeño ambiental de este nuevo sistema en comparación con el actual.

Una herramienta útil para analizar el desempeño ambiental de un proceso, bien o servicio es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) mediante la cual es posible estudiar de forma transparente y objetiva la contribución a distintas categorías de impacto considerando un enfoque completo y realista. En la Figura 1-2 se detalla el concepto del ciclo de vida que incluye los procesos desde que se extraen las materias primas hasta que se elimina el producto una vez ha llegado su fin de vida útil.

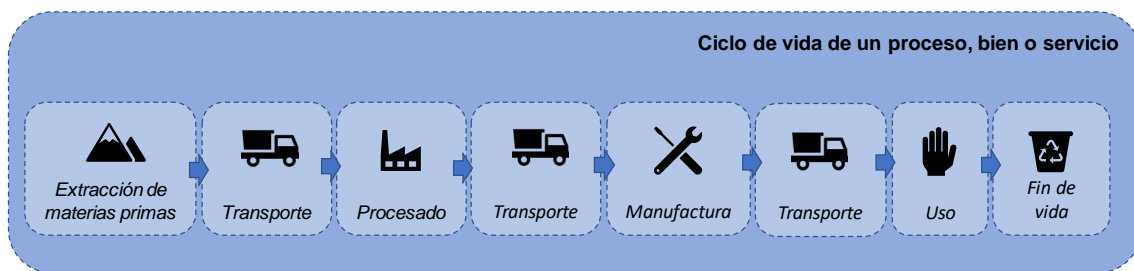


Figura 1-2. Concepto del ciclo de vida de un proceso, bien o servicio

Esta herramienta también permite analizar de forma comparativa diferentes sistemas de gestión e identificar los principales impactos y puntos críticos. Por lo tanto, elaborar el ACV de cada uno de los sistemas de gestión de los residuos de Gipuzkoa actual y futuro y comparar los resultados obtenidos permite identificar de forma objetiva la mejor alternativa en cuanto a desempeño ambiental considerando un enfoque de ciclo de vida.

2. OBJETIVO Y ALCANCE

El primer objetivo de este proyecto es comparar el desempeño ambiental de la gestión actual de los residuos domésticos y comerciales de Gipuzkoa frente al de la gestión futura una vez puesto en marcha el CMG. Para llevar a cabo el estudio comparativo de ambas gestiones se emplea la herramienta del ACV a través de la cual es posible tener un enfoque completo de los impactos ambientales causados durante todo el proceso.

El segundo objetivo consiste en elaborar una herramienta en Excel para monitorizar el desempeño ambiental cada año del CMG una vez puesto en marcha a través del cálculo del ACV.

El alcance del proyecto está definido por la gestión de los residuos que lleve a cabo el CMG una vez puesto en marcha. Por lo tanto, el alcance para la gestión actual debe alinearse con este enfoque e incluir todo lo que en un futuro se tratará en el CMG de forma que se asegure la comparabilidad de ambos sistemas. Los residuos que se plantean como entradas al CMG van a marcar los límites del sistema de la gestión actual. Las fracciones de residuos consideradas son las siguientes:

- Fracción resto (FR) de los residuos domésticos (RD)
- Fracción resto de los residuos Industriales, Comerciales e Institucionales Asimilables a domiciliarios (RICIA)
- Lodos de EDAR
- Rechazos de las plantas de reciclado de envases
- Rechazos de las plantas de digestión anaerobia

Por otro lado, los resultados que se obtienen vienen marcados por la metodología de cálculo empleada. El análisis de ciclo de vida permite obtener resultados para diferentes categorías de impacto en función de la metodología de cálculo empleada. En este caso, se van a obtener resultados para 18 categorías de impacto y surgen de la metodología ReCiPe [2] (Tabla 2-1).

Tabla 2-1. Categorías de impacto analizadas en ambos sistemas de gestión

CATEGORÍAS DE IMPACTO (<i>midpoint</i>)
Cambio climático
Disminución de la capa de ozono
Acidificación terrestre
Eutrofización del agua dulce
Eutrofización del agua salada
Toxicidad humana

CATEGORÍAS DE IMPACTO (<i>midpoint</i>)
Formación de oxidantes fotoquímicos
Formación de partículas
Ecotoxicidad terrestre
Ecotoxicidad del agua dulce
Ecotoxicidad del agua salada
Radiación
Ocupación de terreno agrícola
Ocupación de terreno urbano
Transformación de suelo natural
Disminución de recursos hídricos
Disminución de recursos minerales
Disminución de recursos fósiles

3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

La metodología del Análisis de Ciclo de Vida está pautada por las normas ISO 14040 e ISO 14044. A continuación, se detallan de forma esquemática los aspectos más importantes para el desarrollo de un ACV (para una visión más detallada de la metodología ver ANEXO I).

3.1. Fases del ACV

En la fase de **Definición de objetivos y alcance** se describen los límites del sistema, la unidad funcional, el enfoque, etc.

Tabla 3-1. Parámetros a definir en la fase de definición de objetivos y alcance

Unidad Funcional	Unidad de referencia
Enfoque	De la cuna a la tumba/de la cuna a la puerta/de la puerta a la puerta


La segunda fase es el **Análisis del inventario**, en esta fase se procede a recoger toda la información necesaria para el cálculo de los impactos ambientales del ciclo de vida. Se recogen los denominados datos de actividad que son los consumos de combustible, materias, agua, energía, residuos generados, vertidos, etc. Son todas las entradas y salidas que suceden en el ACV.

El **Análisis de los impactos** consiste en la traducción de las entradas y salidas en impactos ambientales a través de los métodos de cálculo disponibles.

La última fase consiste en la **Interpretación de resultados** en la que se identificarán los puntos críticos del sistema analizado.

Para elaborar todo el ACV se emplean softwares de cálculo, bases de datos y metodologías de cálculo que simplifican todo el proceso. El software de cálculo empleado es SimaPro (versión 8.0.2), la base de datos Ecoinvent (versión 3.01) y el método de cálculo ReCiPe [2] (versión 1.09, con los potenciales de calentamiento global actualizados al Quinto Informe de Evaluación del IPCC [3]).

Tabla 3-2. Herramientas para el cálculo del ACV

Software de cálculo	Base de datos	Metodología de cálculo
		
SimaPro 8.0.2	Ecoinvent 3.01	ReCiPe 1.09

4. LÍMITES DEL SISTEMA

Los límites del sistema determinan qué entra dentro del sistema a estudiar, así como los parámetros clave que lo describen. En la Tabla 4-1 se recogen de forma resumida los límites del sistema que se han considerado para llevar a cabo los ACV de cada uno de los sistemas de gestión de residuos.

Tabla 4-1. Tabla resumen de los límites del sistema

Aspectos clave	
Unidad Funcional	1 tonelada de residuos
Entradas de residuos consideradas	FR de RD, FR de RICIA, Lodos de EDAR, rechazos de envases, rechazos de tratamiento de FO
Enfoque del ACV	De la cuna a la tumba (gestión en alta)
Alternativas de vertedero consideradas	Mutiloa y Meruelo
Metodología de cálculo	ReCiPe

A continuación, se describen los aspectos clave que definen los límites del sistema.

4.1. Unidad funcional

La Unidad Funcional (UF) es la unidad de referencia sobre la que referenciar todo el cálculo del análisis de ciclo de vida y sobre la cual se representan los resultados. En este caso, se ha escogido como UF 1 tonelada de residuos la cual está compuesta por la proporción de residuos sobre la que se ha dimensionado el proyecto del CMG. En la Tabla 4-2 se recogen las cantidades de cada uno de los residuos que se considerarán entradas al CMG. Tomando dichas cantidades como referencia se ha calculado la composición de la tonelada de la unidad funcional.

Tabla 4-2. Cantidad de residuos de entrada a ambos tipos de gestión

Tipo de residuo	Cantidad de residuos de entrada (ton)	%
Fracción resto de los Residuos Domiciliarios	162.185	53,6
Fracción resto de los Residuos Industriales y Comerciales Asimilables a domiciliarios	36.241	12
Lodos de EDAR al 75-90% m.s.	13.800	4,6
Rechazos de las plantas de compostaje	934	0,3
Rechazos de las plantas de reciclaje	21.026	7,0

Tipo de residuo	Cantidad de residuos de entrada (ton)	%
Rechazos de las plantas de digestión anaerobia y digestos	8.176	2,7
Biorresiduo	60.000	19,8

En la Figura 4-1 se refleja cómo está compuesta la tonelada de residuos de la UF de acuerdo con las entradas propuestas para el diseño del CMG.

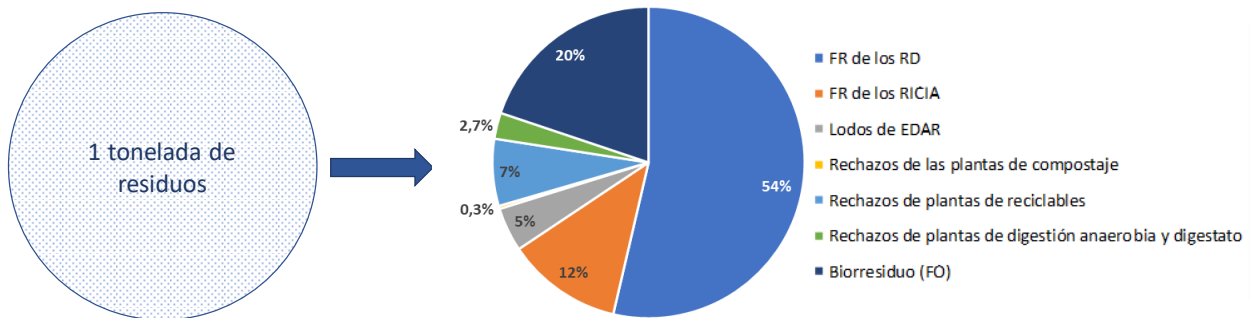


Figura 4-1. Unidad funcional de los ACV

En el caso del ACV de la gestión actual, se han agrupado las FR tanto de RD como de RICIA ya que en ambos casos el destino final es vertedero. Los rechazos de las plantas de compostaje y de digestión anaerobia se han agrupado en una misma categoría por su similitud en tipología de residuos.

4.2. Enfoque

El enfoque se define antes de comenzar con la recopilación de los datos ya que este define qué entra del cálculo y qué no. Existen distintas alternativas para el enfoque (ver apartado 9.1.2), sin embargo, cuanto más amplio sea el enfoque más completo será el ACV.

En este caso se va a considerar el tratamiento de residuos en alta, es decir, desde las estaciones de transferencia hasta que llegan a los destinos de tratamiento o a vertedero (enfoque *cradle-to-gate*, de la cuna a la tumba). En el caso de los residuos que no pasen por las estaciones de transferencia como los lodos de EDAR o los rechazos, se calcula desde que salen del centro que los genera hasta el destino de tratamiento o eliminación. Se excluye del estudio la parte de la recogida de los residuos en contenedores y los transportes desde estos hasta las estaciones de transferencia ya que son procesos que no van a cambiar entre la gestión actual y futura. En la Figura 4-2 se detalla el enfoque adoptado para el estudio en ambos casos (gestión actual y futura).

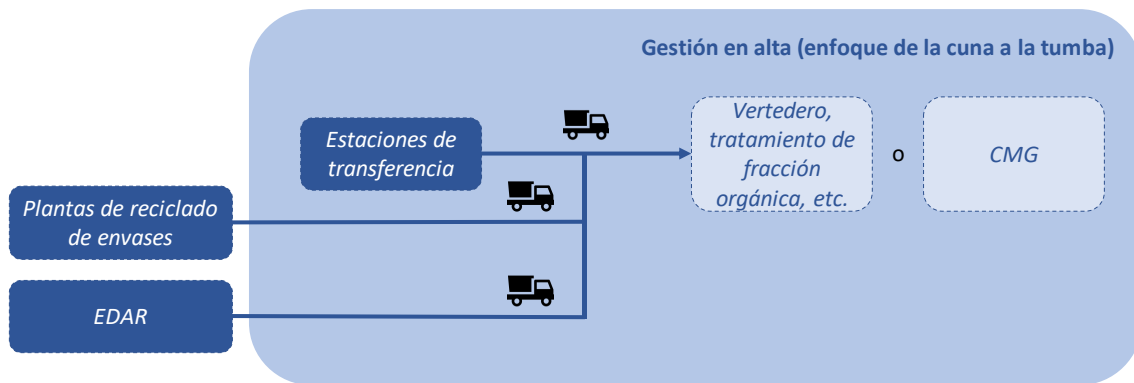


Figura 4-2. Enfoque del ACV considerado (de la cuna a la tumba, cradle-to-gate)

4.3. Gestión actual

A continuación, en la Figura 4-3 y en la Figura 4-4 se describen los ACV de la gestión actual. Los recuadros de las figuras delimitan qué forma parte de los ACV desarrollados. El cuadro punteado en azul remarca lo que está dentro del cálculo del ACV (gestión en alta) y el cuadro rojo lo que no entra dentro, que corresponde con el transporte de los residuos desde los lugares que los generan hasta los contenedores de recogida y el transporte de los residuos hasta las estaciones de transferencia. Para la gestión actual se han elaborado dos ACV variando el vertedero escogido en cada caso (ver apartado Destino Vertedero).

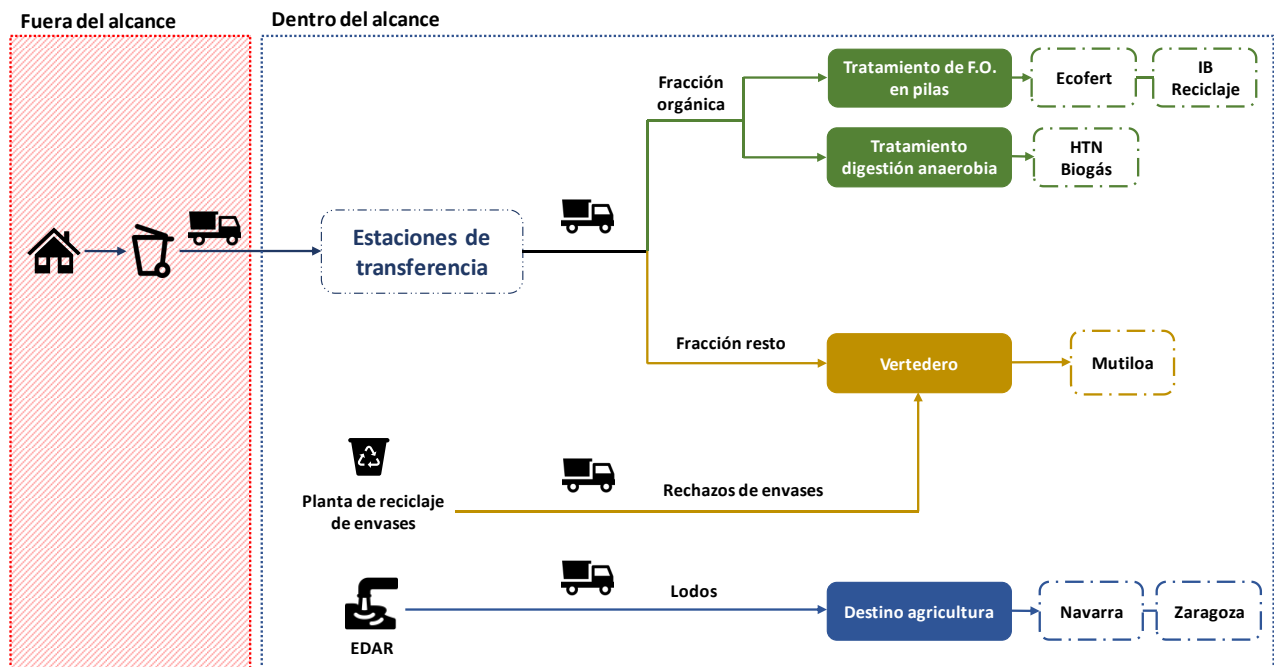


Figura 4-3. Alternativa 1 de la gestión actual (Mutiloa)

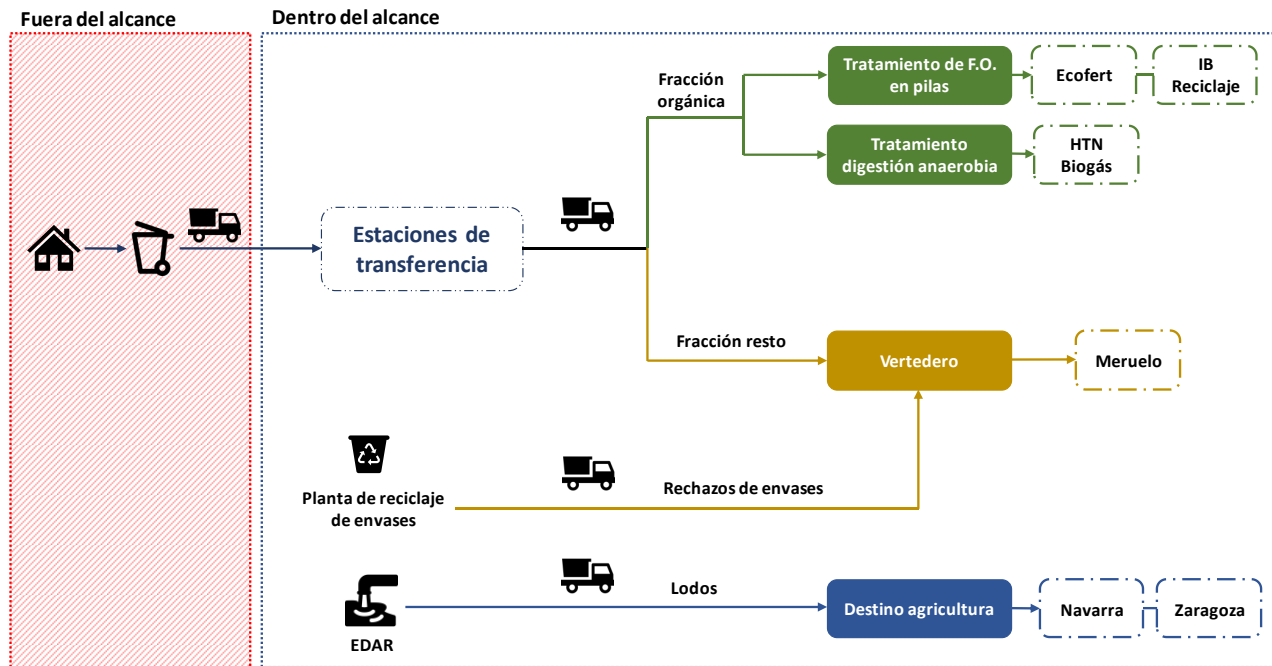


Figura 4-4. Alternativa 2 de la gestión actual (Meruelo)

4.3.1. Destino Vertedero

Se han elaborado dos ACV planteando dos vertederos distintos: vertedero de Meruelo y vertedero de Mutiloa. De esta forma es posible conocer las diferencias en los impactos debidas a destinar el residuo a un vertedero u otro por las diferencias en el transporte y en la gestión de estos. En ambas alternativas estudiadas, el resto de los tratamientos y gestiones se han mantenido igual, de forma que las diferencias en los resultados entre ambos ACV solo se deberán al vertedero.

El destino de los rechazos de envases de la planta de reciclaje también se ha incluido en el grupo de los residuos que van a vertedero.

4.3.2. Tratamiento de fracción orgánica

El escenario del tratamiento de la fracción orgánica se ha estudiado teniendo en cuenta los tipos de tratamiento más empleados para este tipo de residuo. En la Figura 4-5 se representan las toneladas de fracción orgánica tratadas por cada una de las empresas de tratamiento. Con el objetivo de seleccionar un escenario representativo se han seleccionado las plantas que en total suman más de un 75% del total de residuos tratados. Estas plantas son IB Reciclaje, Ecofert y HTN Biogás, siendo las dos primeras de tratamiento en pilas y la última de digestión anaerobia.

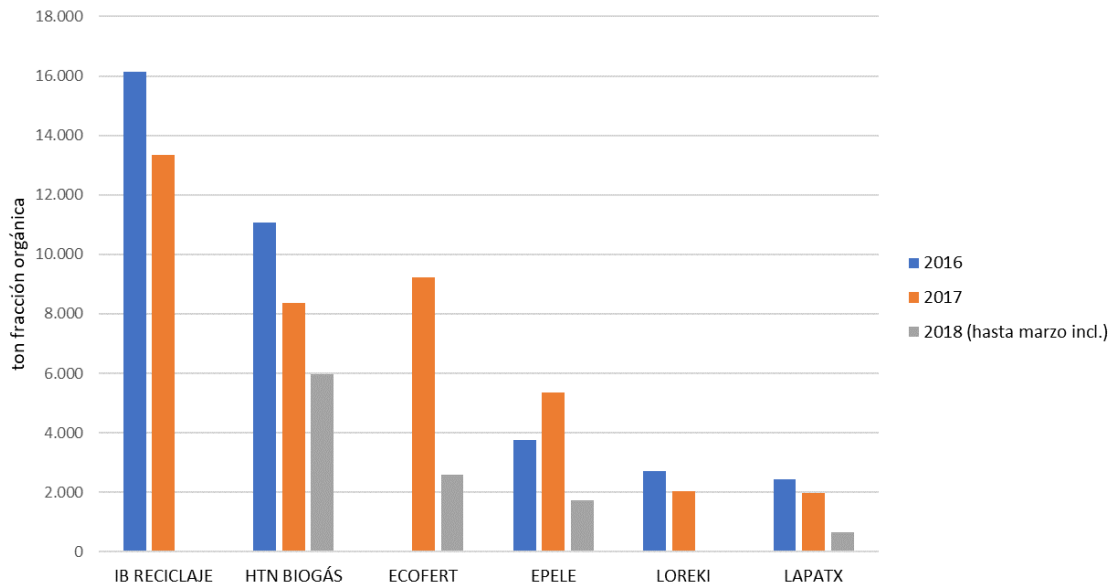


Figura 4-5. Distribución del tratamiento de la fracción orgánica de Gipuzkoa. Fuente: GHK

Considerando estos datos, el tratamiento de la FO del sistema gestión actual se ha simulado considerando que parte se trata mediante un sistema en pilas y el resto mediante digestión anaerobia manteniendo el porcentaje de tratamiento por cada uno de ellos.

4.3.3. Tratamiento de lodos de EDAR

Los lodos de EDAR considerados son los generados por Servicios de Txingudi, Aguas del Añarbe y el Consorcio de Aguas de Gipuzkoa. Los lodos son destinados a servicios en agricultura como fertilizantes, en este caso a Navarra y a Zaragoza (Pina de Ebro).

4.3.4. Transporte

Las distancias para el transporte se han calculado a través de *Google Maps* escogiendo la ruta más corta que se ofrece en todos los casos. En el ANEXO II se adjuntan las figuras de los trayectos propuestos para cada uno de los transportes.

Tabla 4-3. Transportes desde las estaciones de transferencia hasta los vertederos

Origen	Destino	Distancia
Estación de San Marcos	Meruelo	182 km
Estación de Txingudi	Meruelo	187 km
Estación de Elgoibar	Meruelo	129 km
Estación de Sasieta	Meruelo	160 km

Origen	Destino	Distancia
Estación de San Marcos	Mutiloa	55 km
Estación de Txingudi	Mutiloa	59,2 km
Estación Elgoibar	Mutiloa	35 km
Estación Sasieta	Mutiloa	6,9 km

Tabla 4-4. Transportes desde las estaciones de transferencia hasta las plantas de tratamiento de la fracción orgánica¹

Origen	Destino	Distancia
Estación de San Marcos	HTN	158 km
Estación de Elgoibar	HTN	187 km
Estación de Sasieta	HTN	145 km
Estación de San Marcos	IB Reciclaje	162 km
Estación Elgoibar	IB Reciclaje	152 km
Estación Sasieta	IB Reciclaje	116 km
Estación de San Marcos	Ecofert	122 km
Estación Elgoibar	Ecofert	151 km
Estación Sasieta	Ecofert	109 km

Tabla 4-5. Transportes desde la planta de reciclado de envases hasta los vertederos

Origen	Destino	Distancia
Rechazos envases Legazpi	Meruelo	145 km
Rechazos envases Legazpi	Mutiloa	12,9 km

Tabla 4-6. Transportes desde las EDAR hasta destino

Origen	Destino	Distancia
Servicios de Txingudi	Navarra	126 km
Aguas del Añarbe	Navarra	106 km
Apraiz - EDAR Elgoibar	Pina de Ebro	338 km
Arronamendi - EDAR Deba	Pina de Ebro	333 km
Badiolegi - EDAR Azpeitia	Pina de Ebro	326 km

¹ Desde la estación de transferencia Txingudi no se va a Navarra

Origen	Destino	Distancia
Basusta - EDAR Zumaia	Pina de Ebro	327 km
Gaikao - EDAR Legorreta	Pina de Ebro	305 km
Iñurritza - EDAR Zarautz	Pina de Ebro	312 km
Mekolalde - EDAR Bergara	Pina de Ebro	321 km
Uralde - EDAR Aduna	Pina de Ebro	289 km
Zuringoain - EDAR Urretxu-Zumarraga	Pina de Ebro	308 km
EDAR Getaria	Pina de Ebro	317 km
EDAR Epele	Pina de Ebro	334 km
EDAR Mutriku	Pina de Ebro	347 km

4.4. Gestión futura

La gestión futura de estos residuos se realizará a través del CMG Fase 1 y Fase 2. En este caso, solo se elabora un ACV para todo el sistema de gestión el cual se recoge en la Figura 4-6. De la misma forma que en los diagramas de la gestión actual, el cuadro punteado azul remarca qué entra dentro del cálculo

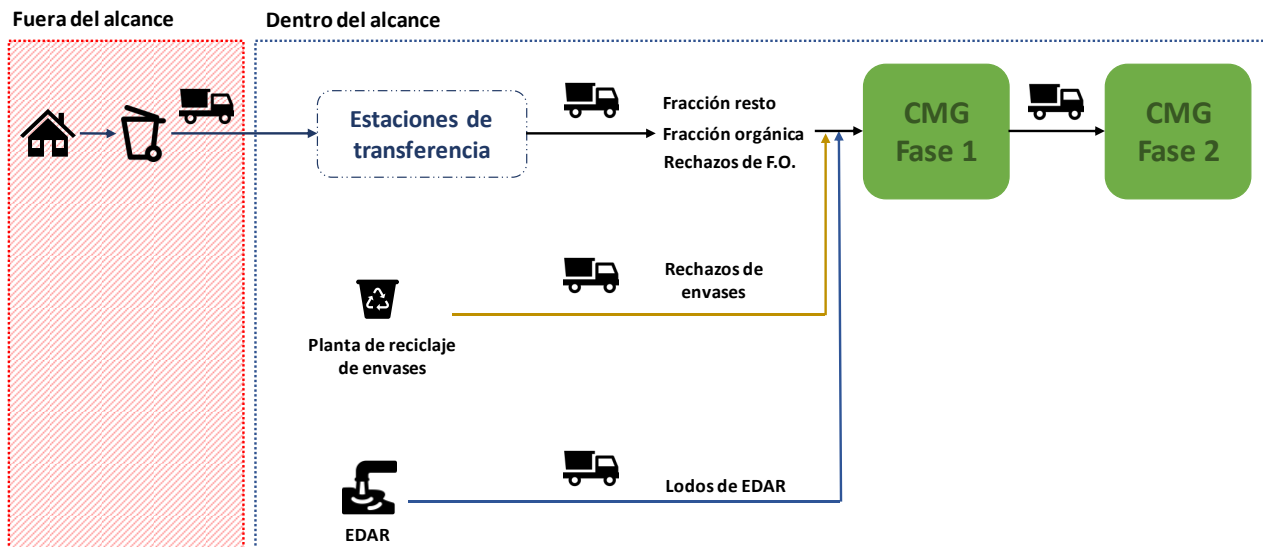


Figura 4-6. Gestión futura

Cada una de las fases que conforman el CMG constarán de instalaciones distintas para el tratamiento de los diferentes residuos. A continuación, se describen ambas fases y las partes que lo conforman.

4.4.1. CMG1

La fase 1 (CMG1) constará de una planta de Tratamiento Mecánico-Biológico (TMB) y una Planta de Valorización Energética (PVE). Los residuos tratados en esta fase del centro son los recogidos en la Tabla 4-7.

Tabla 4-7. Residuos de entrada al CMG1

Tipo de residuo
Fracción resto de los Residuos Domiciliarios
Fracción resto de los Residuos Industriales y Comerciales Asimilables a domiciliarios
Lodos de EDAR al 75-90% m.s.
Rechazos de las plantas de compostaje
Rechazos de las plantas de reciclaje
Rechazos de las plantas de digestión anaerobia
Digesto al 60% m.s. de planta de digestión anaerobia

La planta de TMB tiene como objetivo acondicionar el residuo como fase previa a la valorización energética, es decir extraer del grueso los productos valorizables y reducir la humedad. En la Figura 4-7 se recogen las partes que conformarán esta planta.



Figura 4-7. Fases de la planta de TMB

La PVE será una planta que constará de dos líneas de incineración para el tratamiento en continuo de los residuos que lleguen al centro. Las partes que componen esta planta se recogen en la Figura 4-8.

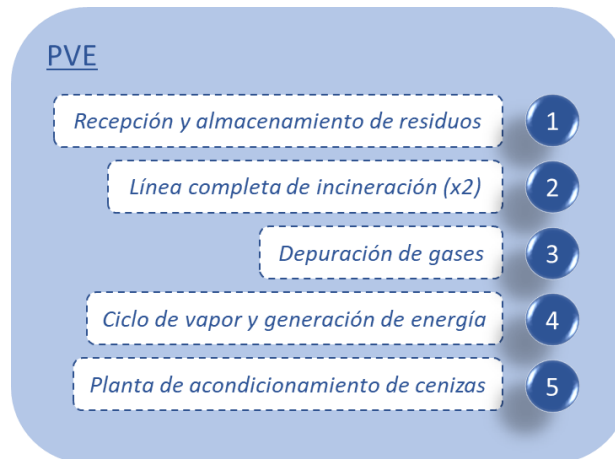


Figura 4-8. Fases de la PVE

4.4.2. CMG2

La fase 2 del CMG integrará un proceso de biometanización de biorresiduo y uno de tratamiento y maduración de escorias. Los residuos de entrada a esta fase del CMG son los recogidos en la Tabla 4-8, la fracción orgánica de la recogida selectiva y las escorias que salen de la PVE del CMG1.

Tabla 4-8. Residuos de entrada al CMG2

Tipo de residuo	Cantidad de residuos de entrada (ton)
Biorresiduo	60.000
Escorias procedentes del CMG1	52.000

La planta de biometanización del biorresiduo tratará la fracción orgánica que llegue al centro mediante un proceso de digestión anaerobia mediante el cual se obtendrá biogás para el aprovechamiento de energía y un digestato de salida. Las partes que componen esta planta se enumeran en la Figura 4-9.

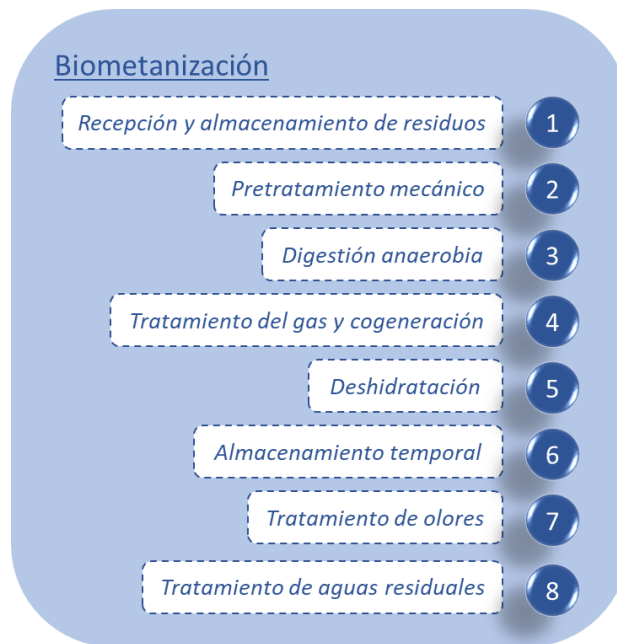


Figura 4-9. Fases del proceso de biometanización

El proceso de tratamiento y maduración de escorias consistirá en secar e inertizar las escorias húmedas procedentes del CMG1. Las fases que comprenden esta planta se recogen en la Figura 4-10.

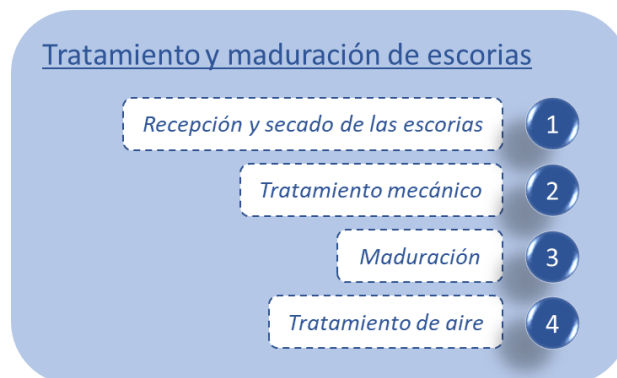


Figura 4-10. Fases del proceso de tratamiento y maduración de escorias

4.4.3. Instalaciones auxiliares

Además de las plantas indicadas anteriormente, se incluyen una serie de instalaciones auxiliares para el óptimo funcionamiento de todo el complejo.

4.4.4. Transporte

Las distancias se han calculado a través de Google Maps escogiendo siempre la alternativa más corta que se plantea. Se adjunta en el ANEXO II las figuras de cada uno de los transportes aquí recogidos.

Tabla 4-9. Transportes desde las estaciones de transferencia hasta el CMG

Origen	Destino	Distancia
Estación de San Marcos	CMG	19,7 km
Estación de Txingudi	CMG	24,7 km
Estación de Elgoibar	CMG	46 km
Estación de Sasieta	CMG	32,6 km

Tabla 4-10. Transportes desde la estación de reciclaje de envases hasta el CMG

Origen	Destino	Distancia
Rechazos de envases Legazpi	CMG	49,4 km

Tabla 4-11. Transportes desde las EDAR hasta el CMG

Origen	Destino	Distancia
Servicios de Txingudi	CMG	33,7 km
Aguas del Añarbe	CMG	12,8 km
Apraiz - EDAR Elgoibar	CMG	45,5 km
Arronamendi - EDAR Deba	CMG	39,2 km
Badiolegi - EDAR Azpeitia	CMG	39,1 km
Basusta - EDAR Zumaia	CMG	34,3 km
Gaikao - EDAR Legorreta	CMG	27,7 km
Iñurritza - EDAR Zarautz	CMG	19,5 km
Mekolalde - EDAR Bergara	CMG	61,1 km
Uralde - EDAR Aduna	CMG	8 km
Zuringoain - EDAR Urretxu- Zumarraga	CMG	47,3 km

Además de los transportes de traslado de los residuos desde las estaciones de transferencia y sus puntos de generación hasta el CMG, se han incluido los transportes internos necesarios para el correcto funcionamiento de todo el complejo. Estos transportes son, por un lado, el traslado de las escorias generadas en el CMG1 hasta el proceso de tratamiento y maduración de las mismas en el CMG2. Por otro lado, otro transporte incluido es el movimiento interno de turismos gasóleo y gasolina para el desarrollo de la actividad dentro del CMG.

Tabla 4-12. Transporte interno entre CMG1 y CMG2 de escorias

Origen	Destino	Distancia
CMG1	CMG2	0,510 km











Tabla 4-13. Movimiento de vehículos en todo el complejo

Lugar	Tipo de turismo	Distancia
CMG	Gasóleo	0,214 km
CMG	Gasolina	0,214 km

5. INVENTARIO DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Para la elaboración de los ACV de ambos tipos de gestión ha sido necesario recopilar todas las entradas y salidas de los sistemas involucrados. Las entradas y salidas consideradas en los sistemas estudiados son las siguientes:

Tabla 5-1. Tipología de entradas y salidas consideradas para elaborar los ACV

ENTRADAS		SALIDAS	
	Electricidad		Emisiones al aire
	Combustibles		Productos
	Agua		Energía generada
	Consumibles		Residuos generados
	Transporte		Emisiones al agua

5.1. Fuentes de información

Para la recopilación de las entradas y salidas de ambos sistemas de gestión se ha partido de diferentes fuentes. La información acerca de la gestión actual se ha obtenido a partir de cuestionarios elaborados solicitando las entradas y salidas de cada uno de los sistemas por tonelada de residuo tratado. En el caso de la gestión futura, los datos de entradas y salidas del CMG se han obtenido de los datos de proyecto. En la Tabla 5-2 se recogen todos los documentos consultados para completar el inventario del ACV de la gestión futura.

Tabla 5-2. Documentación consultada para la elaboración del inventario de la gestión futura

CMG	Documento	Autor	Año
1	Documento I: Memoria	IDOM	2016
1	Proyecto básico revisado del equipamiento electromecánico	IDOM	2016
1	Autorización Ambiental Integrada (CMG1)	Departamento de Medioambiente y política territorial	2016
2	Solicitud de la autorización ambiental integrada. Proyecto básico: Memoria técnica	IDOM	2017

CMG	Documento	Autor	Año
2	Solicitud de la autorización ambiental integrada. Proyecto básico: documentación sectorial al aire	IDOM	2017
2	Solicitud de la autorización ambiental integrada. Proyecto básico: documentación sectorial aguas	IDOM	2017
2	Solicitud de la autorización ambiental integrada. Proyecto básico: documentación sectorial residuos: generación y gestión.	IDOM	2017

Tanto en la gestión actual como en la futura, ha sido necesario consultar información de fuentes externas para completar el inventario de los ACV. En estos casos se ha consultado la base de datos Ecoinvent 3.01 y los documentos BREF (*Best Available Techniques Reference Documents*) de aplicación. En la Tabla 5-3 se recoge el indicador escogido para completar los datos de la gestión futura.

Tabla 5-3. Fuente de información complementaria para completar el inventario de la gestión futura

Indicador	Fuente
<i>Treatment of municipal solid waste, incineration CH</i>	Ecoinvent 3.01

Tabla 5-4. Fuente de información complementaria para completar el inventario de la gestión futura

Documento	Autor	Año
<i>Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment</i>	Joint Research Center	2017

Las fuentes de datos adicionales a los cuestionarios consultadas para completar el inventario de la gestión actual se recogen a continuación.

Tabla 5-5. Documentación adicional consultada para elaborar el inventario de la gestión actual

Documento	Año
Autorización ambiental Integrada del Vertedero de residuos no peligrosos de San Bartolomé de Meruelo	2008
Autorización ambiental integrada del vertedero de residuos no peligrosos de Mutiloa	2008
Autorización ambiental integrada de Ecofert Sansoain	2015
Autorización ambiental integrada de la planta de biometanización de Caparroso	2009
Autorización ambiental integrada de Tecnología industrial del reciclaje I.B.	2015

Tabla 5-6. Fuentes de datos adicionales consultadas para elaborar el inventario de la gestión actual

Indicador	Fuente
<i>Municipal solid waste {CH} treatment of, sanitary landfill Alloc Def, U</i>	Ecoinvent 3.01
<i>Biowaste {CH} treatment of manure and by anaerobic digestion Alloc Def, U</i>	Ecoinvent 3.01
<i>Biowaste {CH} treatment of, composting Alloc Def, U</i>	Ecoinvent 3.01

Electricidad

Para calcular los impactos del consumo de electricidad de red de la forma más actualizada posible se ha elaborado el Mix eléctrico de España de 2017. Para ello se han tomado los datos de Red Eléctrica española [4] del último año completo 2017. Este mix se ha incluido en la base de datos Ecoinvent 3.01 de forma manual y se ha evaluado para poder conocer con mayor exactitud cuáles son los impactos ambientales de consumir electricidad de red ya que estos van a depender de la composición de mix.



Balance eléctrico mensual nacional ⁽¹⁾ (GWh)

Sistema eléctrico	Nacional
Horizonte temporal	Mensual
Periodo	2017

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	2017
Hidráulica	2.043	1.953	2.697	1.715	1.924	1.638	1.193	1.086	1.189	829	843	1.255	18.364
Turbinação bombeo	291	268	241	199	162	92	99	112	119	134	222	310	2.249
Nuclear	5.285	4.768	5.271	4.929	4.144	4.050	4.393	5.080	4.726	4.310	3.616	5.037	55.609
Carbón	5.387	3.516	1.969	2.091	3.764	4.558	4.314	3.242	3.074	4.108	4.828	4.346	45.196
Fuel + Gas	564	499	539	559	574	619	663	684	605	595	541	570	7.011
Ciclo combinado ⁽²⁾	3.252	1.797	1.733	1.504	1.900	3.403	3.979	3.798	3.465	4.204	4.912	3.348	37.296
Hidroeléctrica	1	1	2	1	1	2	3	2	2	1	1	1	20
Eólica	4.813	4.929	4.724	4.196	3.466	3.190	3.387	3.344	2.872	3.208	3.981	5.788	47.897
Solar fotovoltaica	476	445	717	837	873	881	914	817	774	681	540	431	8.385
Solar térmica	149	89	341	535	608	762	813	692	608	399	221	131	5.348
Otras renovables	327	290	270	233	299	302	333	317	310	311	309	314	3.614
Cogeneración	2.450	2.207	2.392	2.233	2.326	2.315	2.398	2.257	2.272	2.393	2.441	2.485	28.170
Residuos no renovables	225	199	220	188	187	226	215	230	229	243	218	229	2.608
Residuos renovables	73	64	71	62	46	81	83	80	78	81	78	81	877
Generación	25.338	21.025	21.187	19.282	20.274	22.119	22.789	21.742	20.322	21.495	22.749	24.324	262.645
Consumos en bombeo	-434	-560	-335	-336	-229	-192	-173	-204	-166	-221	-270	-555	-3.675
Saldo intercambios internacionales ⁽⁴⁾	-532	541	1.457	1.041	1.445	1.129	1.273	1.828	1.393	280	-346	-340	9.171
Demanda transporte (b.c.)	24.372	21.006	22.309	19.987	21.490	23.056	23.889	23.366	21.549	21.553	22.133	23.430	268.140

⁽¹⁾ Asignación de unidades de producción según combustible principal.

⁽²⁾ Incluye funcionamiento en ciclo abierto.

⁽⁴⁾ Valor positivo: saldo importador; valor negativo: saldo exportador.

Datos definitivos hasta el 31/03/2017. Datos provisionales del 01/04/2017 al 31/05/2018. Datos programados del 01/06/2018 al 30/06/2018.

Figura 5-1. Mix eléctrico de España 2017 considerado para el consumo eléctrico de red

5.2. Gestión futura

A continuación, se describe la elaboración del inventario con las entradas y salidas del sistema de la gestión futura. La mayor parte de la información para elaborar el inventario de la gestión futura proviene de la documentación del proyecto del CMG (fuente IDOM) salvo la información acerca de las estaciones de transferencia que proviene de cuestionario. En la Tabla 5-7 se recoge la disponibilidad de los datos y la necesidad de elaborar hipótesis para completarlos. A lo largo de todo el apartado se recogen en recuadros azules las hipótesis tomadas para completar el ACV.

Tabla 5-7. Origen de los datos de entrada y salida para el ACV de la gestión futura²

GESTIÓN FUTURA				
		Estaciones de transferencia	CMG1	CMG2
	Consumibles	✓	✓	✓
	Agua	✓	✓	✓
	Electricidad	✓	✓	✓
	Combustibles	✓	✓	✓
	Residuos	✓	✓	✓
	Emisiones al aire	-	≈	≈
	Emisiones al agua	≈	✓	✓
	Productos	-	✓	✓
	Datos transporte	-	≈	≈

5.2.1. Estaciones de transferencia

Los datos de las estaciones de transferencia se han obtenido a partir de cuestionarios enviados para la recopilación de la información acerca de las entradas y salidas de cada una. Se ha solicitado información sobre las cuatro estaciones de transferencia en funcionamiento: Txingudi, San Marcos, Sasieta y Elgoibar. Con la información de las entradas y salidas recopilada se ha hecho una media de estas por tonelada de residuo para tratar las estaciones de transferencia como si fuese una sola. Para las emisiones al agua se ha tomado la hipótesis descrita en el recuadro azul.

² ✓ Datos primarios/ ≈ Datos primarios pero incompletos/ - No aplica

*Hipótesis **emisiones al agua** → A partir de los cuestionarios recibidos con la información solicitada se ha podido conocer el volumen de emisiones al agua por unidad funcional, sin embargo, se desconoce la composición de las mismas. Teniendo en cuenta que se vierte a colector se han tomado los valores de regulación exigidos para poder considerar esta salida.*

5.2.2. CMG1

Los datos de entradas y salidas para la fase 1 del CMG se han obtenido a partir de la documentación del proyecto. La información de las emisiones en los documentos de proyecto se limita a la exigida por la AAI, por lo que se ha completado tomando la siguiente hipótesis:

*Hipótesis **emisiones al aire** del foco de la PVE → Las emisiones recogidas en la documentación de proyecto solo contemplan las especies cuyos límites de emisión son requeridos por la AAI, no todas las emisiones que se producen. Para completar esta información se han añadido a las emisiones consideradas en la documentación del proyecto las emisiones del indicador “treatment of municipal solid waste, incineration CH” de la base de datos Ecoinvent 3.01.*

5.2.3. CMG2

Los datos de entradas y salidas para la fase 2 del CMG se han obtenido a partir de la documentación del proyecto (Fuente: IDOM). De la misma forma que en el CMG1, las emisiones al aire consideradas en la documentación del proyecto se limitan a la exigida por la AAI, por lo que es necesario completarla.

*Hipótesis **emisiones al aire** de los focos de la digestión anaerobia → Las emisiones recogidas en la documentación solo contemplan las especies cuyos límites de emisión son requeridos por la AAI, no todas las emisiones que se producen. Para completar la lista de las emisiones se han empleado los datos medios aportados por el documento de “Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment” además de cálculos estequiométricos a partir de la composición del biogás generado.*

5.2.4. Transporte

Los transportes de los consumibles y otras materias hasta el centro se incluyen en el cálculo de los impactos de producir dichas materias y consumibles por lo que no se deben calcular aparte. Los transportes de las salidas de los residuos a gestor quedan fuera del alcance del cálculo. El

último grupo de transportes a considerar es el de las entradas de los residuos al centro desde las estaciones de transferencia, la planta de reciclaje de envases y EDAR para el cual hace falta tener en cuenta una hipótesis (descrita en el cuadro azul).

*Hipótesis **transporte** → El cálculo del transporte tanto desde las estaciones de transferencia como de las estaciones depuradoras de aguas residuales y plantas de reciclaje hasta el CMG se ha calculado partiendo de la hipótesis que la tipología de camiones no va a variar entre la gestión actual y la futura. Por lo tanto, se han mantenido los tamaños de estos para calcular el número de viajes realizados*

Una vez recopiladas todas las entradas y salidas, bien de fuente primaria o a través de hipótesis, se obtiene el inventario del ACV de la gestión futura. En la Figura 5-2 y la Figura 5-3 se representan todas las entradas y salidas del sistema de gestión futura. En el diagrama del CMG1 se incluyen también los datos de las estaciones de transferencia.

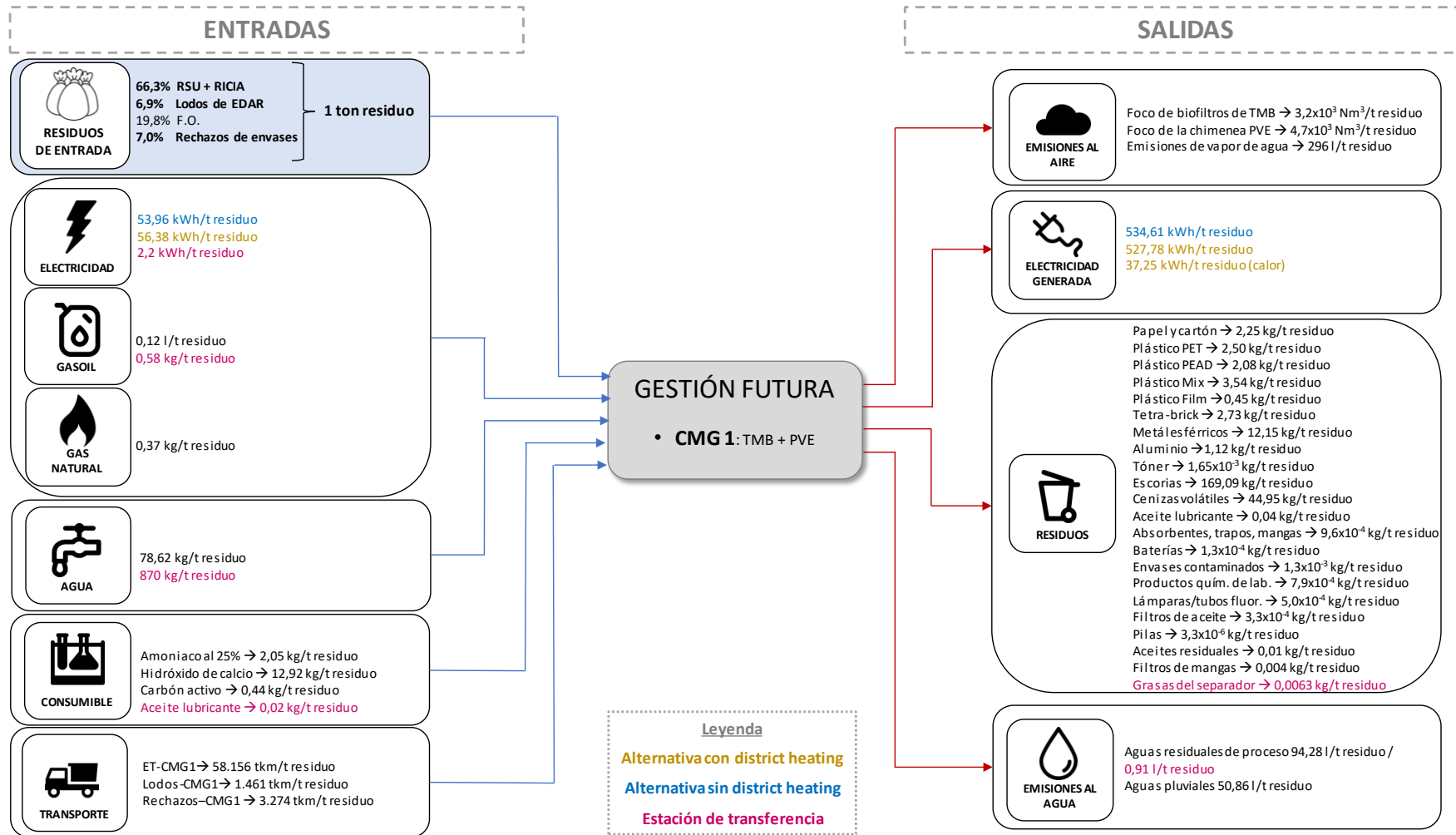


Figura 5-2. Inventario de la gestión actual CMG1

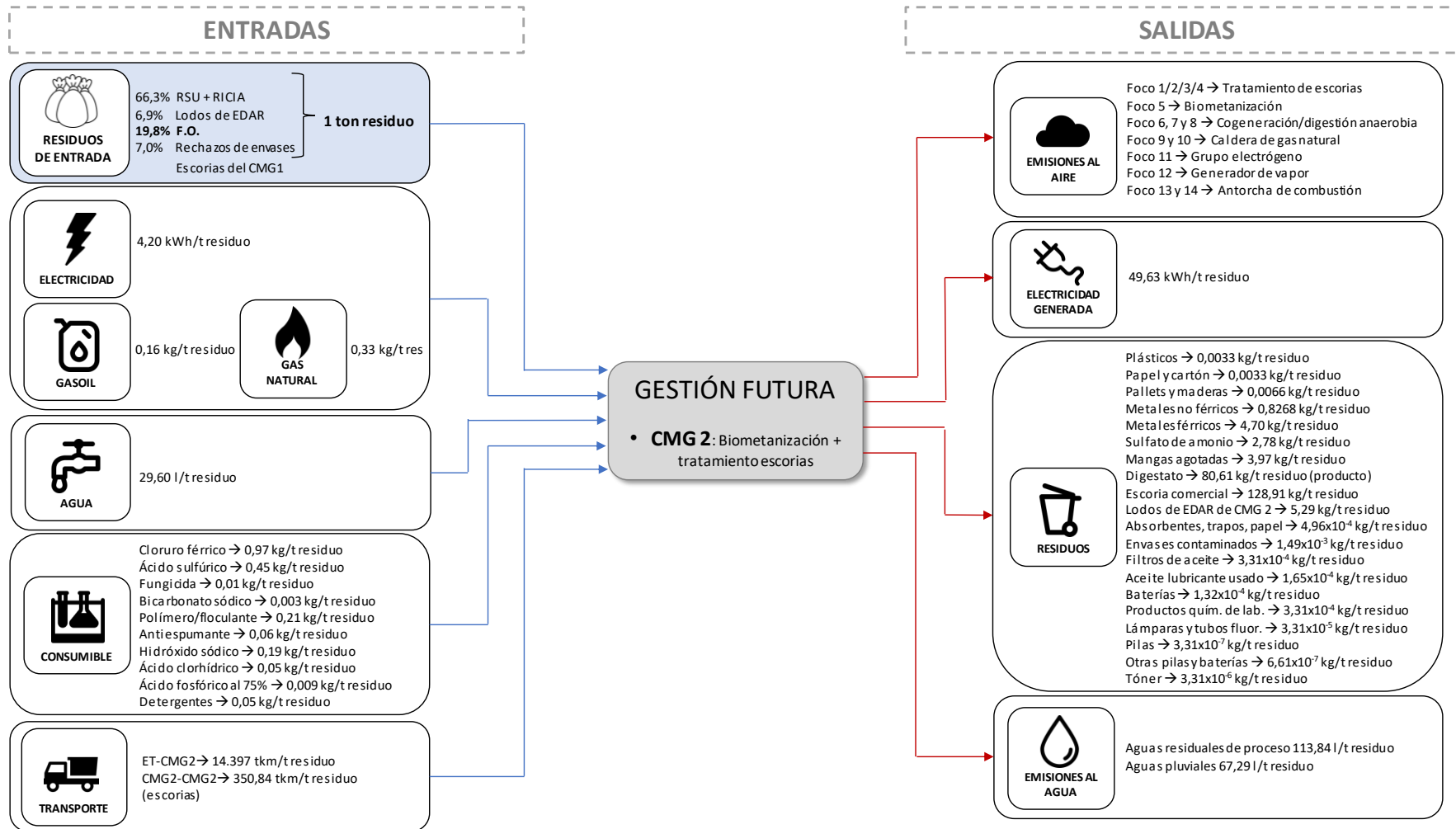


Figura 5-3. Inventario de la gestión actual CMG2

5.3. Gestión actual

La recopilación de los datos para elaborar el inventario del ACV de la gestión actual se ha llevado a cabo a través de cuestionarios enviados a GHK, los cuales han sido completados por las partes correspondientes. En este caso, se plantean las dos alternativas descritas en el apartado 0, la alternativa que incluye como vertedero el de Mutilloa y la que incluye el de Meruelo. De la misma forma que en el apartado anterior, los recuadros azules describen las hipótesis consideradas en los casos en los que no se dispone de información de fuentes primarias.

Tabla 5-8. Origen de los datos de entrada y salida de la gestión actual alternativa Meruelo



















GESTIÓN ACTUAL – ALTERNATIVA MUTILOA				
	Estaciones de transferencia	Tratamiento fracción orgánica	Vertederos	Lodos
 Consumibles	✓	✓	✓	✗
 Agua	✓	✓	✓	✗
 Electricidad	✓	✓	✓	✗
 Combustibles	✓	✓	✓	✗
 Residuos	✓	✓	✓	✗
 Emisiones al aire	-	✗	✗	✗
 Emisiones al agua	≈	≈	≈	✗
 Productos	-	✓	✓	✗
 Datos transporte	-	✓	✓	✓

Tabla 5-9. Origen de los datos de entrada y salida de la gestión actual alternativa Meruelo

GESTIÓN ACTUAL – ALTERNATIVA MERUELO				
	Estaciones de transferencia	Tratamiento fracción orgánica	Vertederos	Lodos
 Consumibles	✓	✓	✓	✗
 Agua	✓	✓	✓	✗
 Electricidad	✓	✓	✓	✗
 Combustibles	✓	✓	✓	✗
 Residuos	✓	✓	✓	✗
 Emisiones al aire	-	✗	✗	✗
 Emisiones al agua	≈	≈	≈	✗
 Productos	-	✓	✓	✗
 Datos transporte	-	✓	✓	✓

5.3.1. Estaciones de transferencia

La gestión de las estaciones de transferencia es igual en ambas gestiones (ver apartado 5.2.1).

5.3.2. Tratamiento de fracción orgánica

Los datos de la gestión de las plantas del tratamiento de la fracción orgánica se han obtenido a partir de los cuestionarios recibidos y de las AAI publicadas excepto los datos acerca de las emisiones al aire y las emisiones al agua para lo cual se han adoptado las hipótesis recogidas en los recuadros azules.

*Hipótesis **emisiones al aire** → Las emisiones al aire se han obtenido a partir de la base de datos Ecoinvent 3.01 de los siguientes indicadores: “Biowaste {CH}* treatment of manure and anaerobic digestion” y “Biowaste {CH} treatment of, composting” para cada una de las tipologías de plantas de tratamiento consideradas.

*Hipótesis **emisiones al agua** → En cuanto las emisiones al agua, se conoce el volumen por tonelada de residuo generado, pero no la composición de estas. Para ello se toman las sustancias y valores límite permitidos a colector.*

5.3.3. Vertederos

Mutiloa

Los datos del vertedero de Mutiloa se han obtenido a partir de los cuestionarios recibidos salvo los que se recogen en los recuadros azules.

*Hipótesis **emisiones al aire** → Las emisiones de este vertedero se han obtenido a partir de dos fuentes. Por un lado, las emisiones de metano se han calculado mediante una herramienta simplificada de cálculo de emisiones de tratamiento de residuos de IPCC. Una vez obtenido el metano total generado, se ha calculado el dióxido de carbono partiendo de la hipótesis de que el 75% del biogás generado se quema en antorchas con una combustión completa [9] (el resto del metano serán emisiones difusas). Las emisiones generadas en la antorcha que no son dióxido de carbono se han obtenido de los valores límite de emisión permitidos.*

Las emisiones adicionales al biogás se han obtenido de la base de datos Ecoinvent 3.01 del indicador “Municipal solid waste {CH} treatment of, sanitary landfill | Alloc Def, U”.

*Hipótesis **emisiones al agua** → Las emisiones al agua producidas por el vertedero de Mutiloa se han obtenido del indicador “Municipal solid waste {CH} treatment of, sanitary landfill | Alloc Def, U”.*

Meruelo

Los datos de entradas y salidas del sistema de gestión del vertedero de Meruelo se han obtenido de los cuestionarios recibidos excluyendo lo que se describe en los recuadros azules.

*Hipótesis **emisiones al aire** → En el caso del vertedero de **Meruelo** se disponía de los kg de metano por tonelada de residuo medidos justo antes de los motores de combustión y, por otro lado, de la proporción en volumen del resto de gases que componen el biogás y otras sustancias. A partir de los kg de metano por tonelada de residuo se ha calculado la cantidad de dióxido de carbono que entra a los motores. Tomando como hipótesis que la combustión en los motores se produce de forma completa y que el porcentaje de biogás captado frente al difuso es del 75-25% [9], se han calculado las emisiones de biogás del vertedero (difusas y las que salen de los motores).*

Estas emisiones han sido completadas con las que se recogen en la base de datos de Ecoinvent 3.01 para el indicador “Municipal solid waste {CH}| treatment of, sanitary landfill | Alloc Def, U”.

*Hipótesis **residuos** → En el caso de los **residuos generados** por el vertedero de Meruelo, al no disponer de los datos acerca de los mismos, se han tomado los mismos que se recogen en la base de datos Ecoinvent 3.01 para el indicador “Municipal solid waste {CH}| treatment of, sanitary landfill | Alloc Def, U”.*

5.3.4. Tratamiento de lodos de EDAR

La única información obtenida acerca del tratamiento de los lodos de EDAR es su destino a “agricultura”, es decir, se emplean como fertilizantes tras su salida de las estaciones de tratamiento. Dado que no se dispone de más información para calcular este proceso es necesario desarrollar hipótesis.

*Hipótesis **tratamiento de lodos** → Se han extraído las emisiones al suelo recogidas en el indicador de Ecoinvent 3.01 de “Treatment of wastewater, average, capacity 1.1E10l/year CH”. Se ha escogido concretamente una capacidad de tratamiento de 1.1E10 l/año ya que analizando las capacidades de tratamiento de agua de las EDAR dentro del objeto de estudio es la dimensión que más se ajusta.*

Con toda la información recopilada sobre las entradas y salidas de cada una de las partes que conforman el sistema de la gestión actual, se obtiene el inventario del ACV. En la Figura 5-4 y la Figura 5-5 se recogen ambos inventarios.

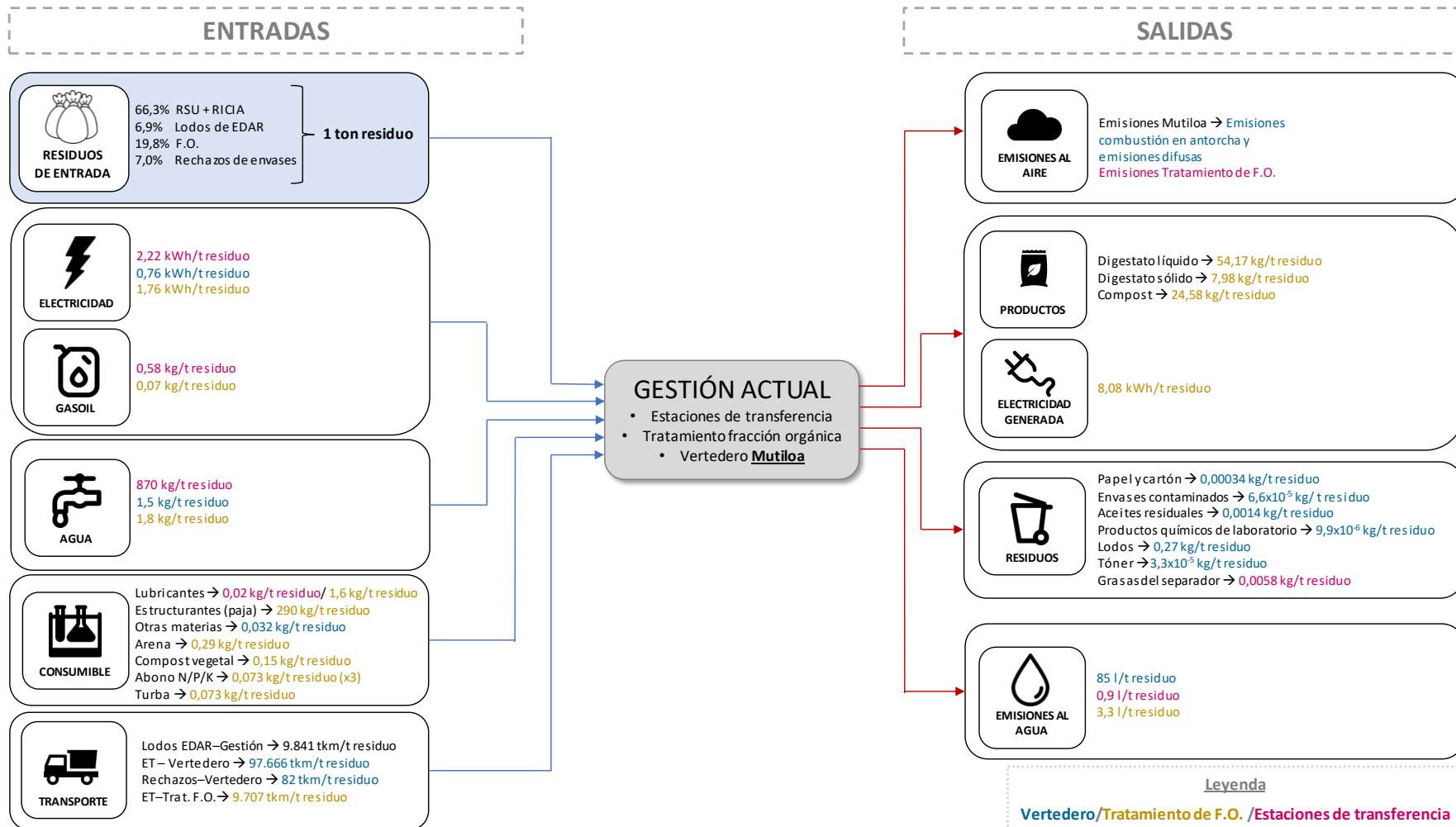


Figura 5-4. Inventario de la gestión actual, alternativa Mutiloa

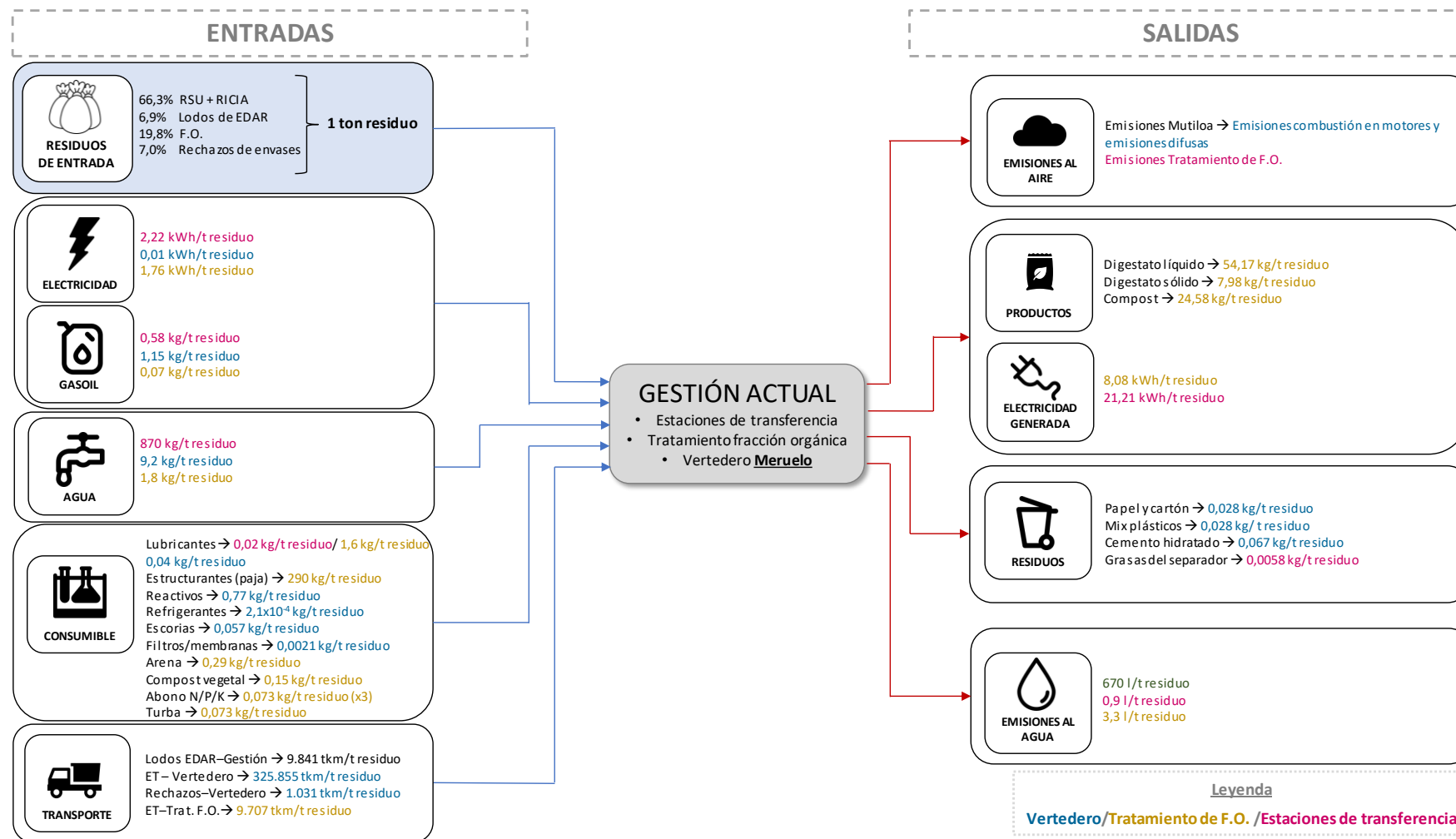


Figura 5-5. Inventario de la gestión actual, alternativa Meruelo

6. RESULTADOS

Los datos de entrada y salida recogidos en el inventario de los dos tipos de gestión se han analizado mediante el método de cálculo ReCiPe 1.09 habiendo actualizado previamente los valores del potencial de calentamiento global a los del Quinto Informe del IPCC (2014).

A continuación, se recogen los resultados referenciados a la unidad funcional definida para el análisis comparativo de ambos tipos de gestión: 1 tonelada de residuos. Los resultados obtenidos para todas las categorías de impacto *midpoint* se recogen en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1. Resultados obtenidos para cada una de las gestiones analizadas (categorías de impacto *midpoint*)

CATEGORÍAS DE IMPACTO (<i>midpoint</i>)	unidades	Gestión futura ³	Gestión actual con vertedero Mutiloa	Gestión actual con vertedero Meruelo
Cambio climático	kg CO ₂ eq	14.215,47	20.235,42	60.160,52
Disminución de la capa de ozono	kg CFC-11 eq	9,18E-4	1,39E-03	4,21E-03
Acidificación terrestre	kg SO ₂ eq	39,85	60,12	183,99
Eutrofización del agua dulce	kg P eq	0,16	0,31	0,98
Eutrofización del agua salada	kg N eq	1,95	2,90	9,85
Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq	674,38	989,35	3.809,14
Formación de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	62,5	93,03	282,39
Formación de partículas	kg PM10 eq	20,10	30,08	92,09
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq	1,34	2,02	7,09
Ecotoxicidad del agua dulce	kg 1,4-DB eq	4,66	110,38	31,72
Ecotoxicidad del agua salada	kg 1,4-DB eq	19,27	118,94	100,65
Radiación	kBq U235 eq	707,38	1.125,63	3.421,31

³ Estos datos corresponden a la alternativa con *district heating*. No se han representado los resultados para la alternativa sin *district heating* ya que la diferencia en los resultados es menor del 0,1%.

CATEGORÍAS DE IMPACTO (<i>midpoint</i>)	unidades	Gestión futura ³	Gestión actual con vertedero Mutiloa	Gestión actual con vertedero Meruelo
Ocupación de terreno agrícola	<i>m²a</i>	212,75	345,46	998,05
Ocupación de terreno urbano	<i>m²a</i>	849,89	1.252,56	3.779,07
Transformación de suelo natural	<i>m²</i>	4,01	5,98	18,11
Disminución de recursos hídricos	<i>m³</i>	6.124,5	10.946,60	33.876,77
Disminución de recursos minerales	<i>kg Fe eq</i>	700,47	1.047,91	3.193,58
Disminución de recursos fósiles	<i>kg oil eq</i>	4.639,59	6.924,11	20.969,28

Agrupando las categorías de impacto midpoint se obtienen los valores para cada categoría de daño, así como los resultados totales (Tabla 6-2).

Tabla 6-2. Resultados para las categorías de daño (*endpoint*)

CATEGORÍAS DE DAÑO (<i>endpoint</i>)	unidades	Gestión futura ⁴	Gestión actual con vertedero Mutiloa	Gestión actual con vertedero Meruelo
Daño a la salud humana	<i>pt</i>	480	729,7	2.196,1
Daño a los ecosistemas	<i>pt</i>	283	431,7	1.286,3
Disminución de recursos	<i>pt</i>	529	790,2	2.394,7
Total	<i>pt</i>	1.293	1.951	5.877

Los resultados se pueden separar por la fuente que los genera. En este caso resulta interesante separar, por un lado, los impactos correspondientes a la gestión de los residuos y por otro lado al transporte de los residuos de entrada.

⁴ Estos datos corresponden a la alternativa con *district heating* ya que la diferencia en los resultados es menor del 0,1%

Tabla 6-3. Resultados agrupados en puntuación única por flujos

CATEGORÍAS DE DAÑO (<i>endpoint</i>)	unidades	Transporte	Gestión	<u>Total</u>
Gestión actual Meruelo	<i>pt</i>	5.861	16	5.877
Gestión actual Mutiloa	<i>pt</i>	1.945	5,7	1.951
Gestión futura CMG ³	<i>pt</i>	1.324	-30,46	1.293

Los impactos que se producen en la gestión futura en el CMG son negativos debido a que los beneficios que supone verter electricidad a la red y generar productos fertilizantes a partir de biorresiduo son mayores que los impactos resultantes de tratar los residuos. Si no se considerasen estos beneficios por la electricidad generada y los productos fertilizantes, los tres tipos de gestión (los dos correspondientes a la gestión actual y el de la gestión futura) seguirían presentando la misma tendencia (38 pt la alternativa de Meruelo, 27,8 pt la alternativa de Mutiloa y 13 pt el CMG).

De las 18 categorías de impacto *midpoint* se destacan las más representativas en el sector residuos como son la categoría cambio climático, toxicidad humana, ocupación del suelo, disminución de la capa de ozono, disminución de recursos fósiles y disminución de recursos hídricos [5].

6.1. ¿Disminuye la categoría cambio climático en la gestión futura?

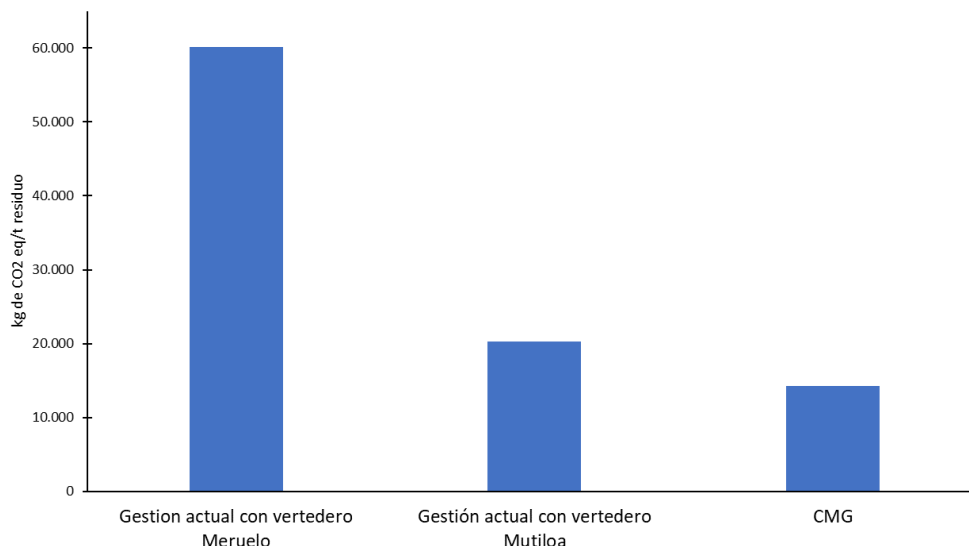


Figura 6-1. Resultados de la categoría cambio climático para la gestión actual y futura

Respuesta: Sí, la categoría de cambio climático disminuye frente a las dos alternativas de la gestión actual. (76% frente a Meruelo y 30% frente a Mutiloa)

Explicación: La disminución de esta categoría de impacto frente a la gestión actual se debe principalmente a la optimización en los transportes. El cambio climático es una problemática que se ve agravada por el sector transporte debido a las emisiones que produce este sector. En este caso, las distancias que deberán recorrer los residuos en la gestión futura son menores que las otras dos alternativas por lo que el movimiento de camiones será menor. Concretamente, esta diferencia se ve acusada en la gestión actual con vertedero Meruelo ya que está situado en Cantabria y la media de distancia entre las estaciones de transferencia y el vertedero es de aproximadamente 165 km. En el caso de la alternativa de gestión actual con vertedero Mutiloa la distancia hasta las estaciones de transferencia es de 39 km. El CMG, sin embargo, presenta una distancia promedio de 30 km, haciendo que sea una alternativa más optimizada en cuanto al transporte. Por otro lado, la gestión actual destina los residuos orgánicos a emplazamientos en Navarra lo que incrementa los impactos asociados al transporte con respecto a la gestión futura, en la que todos los residuos entran al CMG.

6.2. ¿Disminuye la categoría toxicidad humana en la gestión futura?

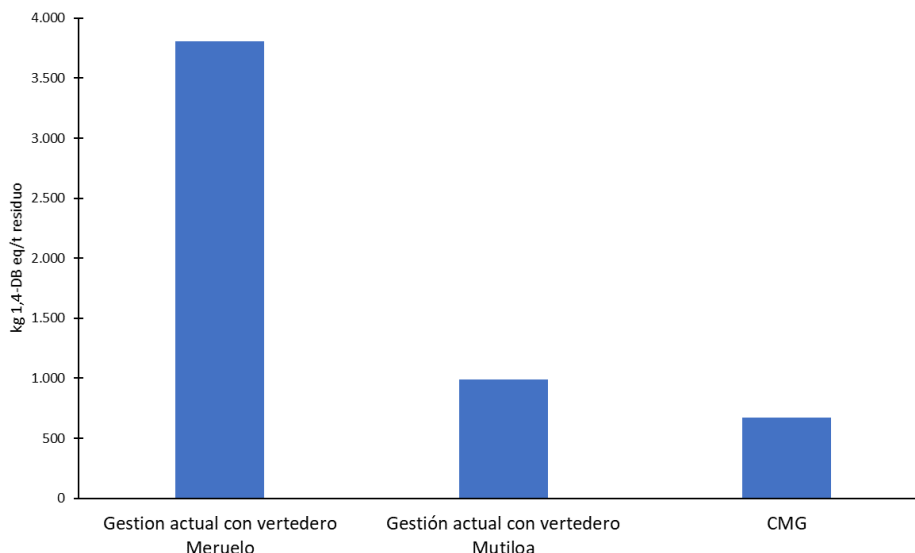


Figura 6-2. Resultados de la categoría toxicidad humana para la gestión actual y futura

Respuesta: Sí, la categoría de toxicidad humana disminuye frente a las dos alternativas de la gestión actual. (Un 82% frente a la alternativa Meruelo y un 32% frente a la alternativa Mutiloa).

Explicación: La categoría de impacto toxicidad humana refleja los efectos nocivos sobre la salud humana por la absorción de sustancias tóxicas ya sea a través del aire, ingesta de alimentos o agua. El transporte influye en esta categoría tanto por los impactos que producen los motores de los vehículos de forma directa como por el proceso de obtención del combustible necesario. Por esto, la alternativa más penalizada en esta categoría vuelve a ser la gestión actual con vertedero Meruelo.

Por otro lado, las emisiones al agua que se producen en los vertederos también contribuyen a esta categoría de impacto de forma significativa. El caudal de vertido generado por tonelada residuo y la composición del mismo son factores clave los cuales hacen que se incremente la contribución a la toxicidad humana en la gestión actual.

6.3. ¿Disminuye la categoría ocupación del suelo en la gestión futura?

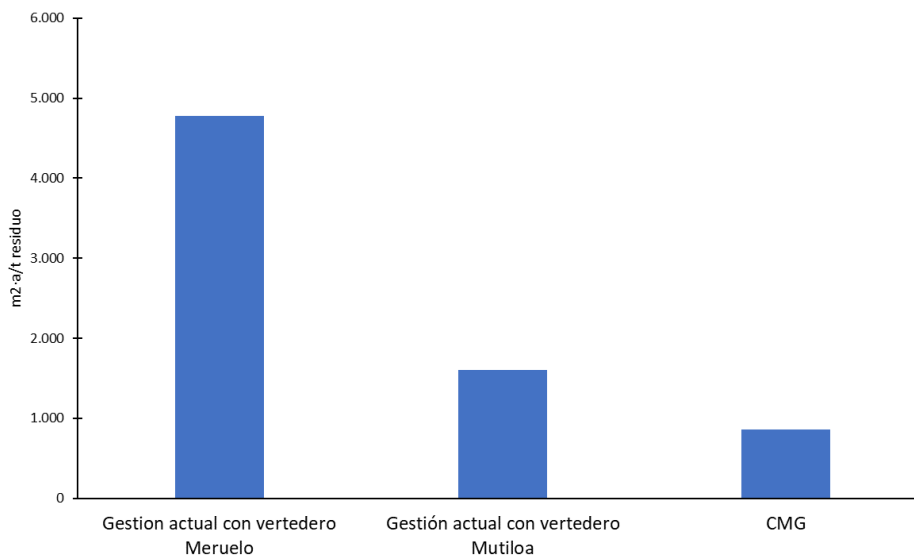


Figura 6-3. Resultados de la categoría ocupación del suelo (agrícola + urbano) para la gestión actual y futura

Respuesta: Sí, la categoría ocupación del suelo disminuye frente a los dos casos de la gestión actual. (Un 82% frente a la alternativa Meruelo y un 42% frente a la alternativa Mutiloa).

Explicación: En esta categoría se representa el daño a los ecosistemas debido a los efectos de la ocupación de suelo. La alternativa gestión actual con vertedero Meruelo vuelve a ser la que representa el mayor impacto para esta categoría. El transporte juega un papel fundamental en estos resultados ya que, teniendo en cuenta el concepto de ciclo de vida, los requerimientos de suelo para todo el proceso de extracción de combustible y procesado son más elevados que en el resto de las alternativas. Esto hace que la ocupación del suelo se vea afectada por el proceso transporte en gran medida lo que penaliza la gestión actual con la alternativa del vertedero Meruelo.

El resto de las entradas y salidas asociadas a los ACV de las tres alternativas comparadas no suponen un impacto significativo a esta categoría de impacto de forma que las diferencias en los resultados se asocian al transporte.

6.4. ¿Disminuye la categoría disminución de la capa de ozono en la gestión futura?

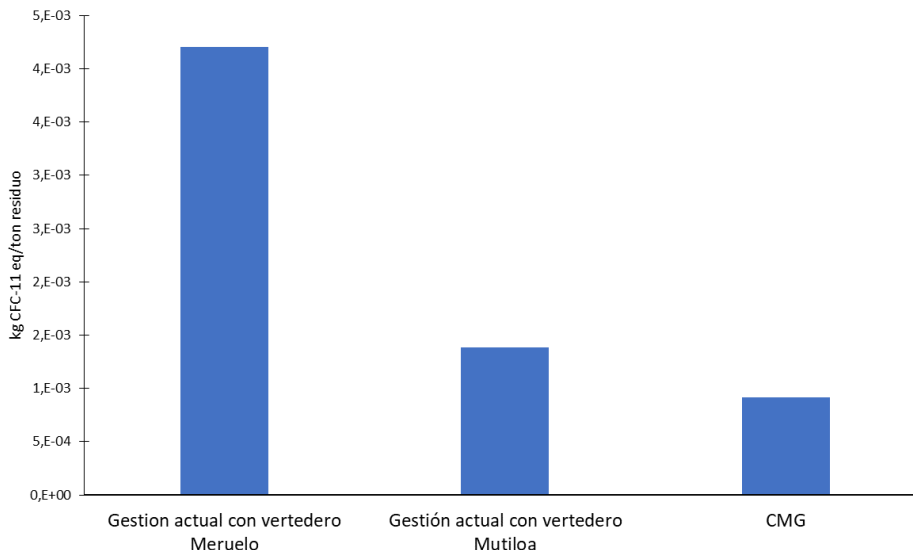


Figura 6-4. Resultados de la categoría disminución de la capa de ozono para la gestión actual y futura

Respuesta: Sí, la categoría disminución de la capa de ozono disminuye frente a las dos alternativas de la gestión actual. (Un 78% frente a la alternativa Meruelo y un 34% frente a la alternativa Mutiloa).

Explicación: Esta categoría contabiliza la destrucción del ozono troposférico debido a emisiones antropogénicas de sustancias degradantes de la capa de ozono. Dado que se considera todo el ciclo de vida en el análisis, el transporte vuelve a ser un elemento clave en los resultados. El uso de sustancias degradantes de la capa de ozono se puede dar a lo largo de todo el ciclo de vida del transporte, desde el procesado del combustible fósil hasta en el propio vehículo. Esto hace que la gestión actual con vertedero Meruelo se vea penalizada por los km que separan el vertedero de las estaciones de transferencia y el resto de los centros generadores de residuos.

6.5. ¿Disminuye la categoría disminución de recursos fósiles en la gestión futura?

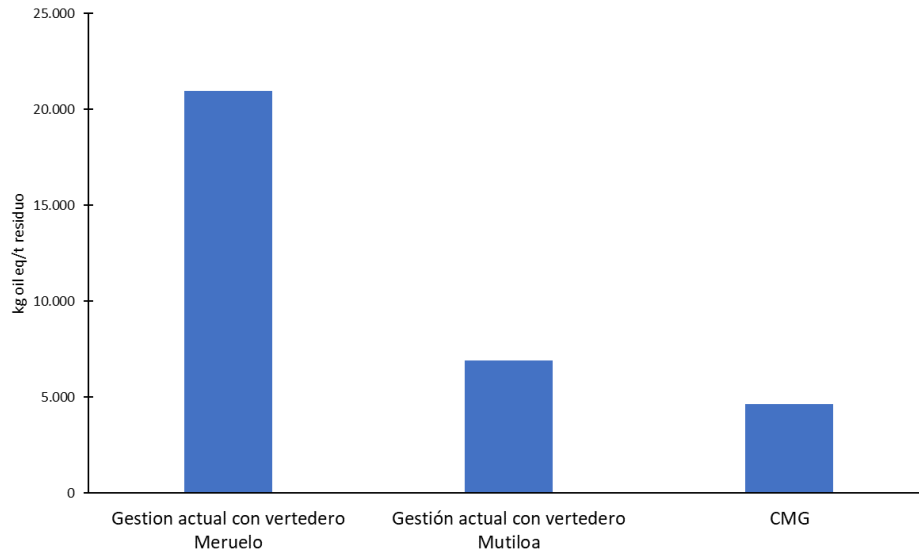


Figura 6-5. Resultados de la categoría de disminución de recursos fósiles para la gestión futura y actual

Respuesta: Sí, la categoría disminución de recursos fósiles disminuye frente a las dos alternativas de la gestión actual. (Un 78% frente a la alternativa Meruelo y un 33% frente a la alternativa Mutiloa).

Explicación: El consumo de combustibles fósiles se encuentra ligado al transporte, de forma que vuelve a ser la alternativa de Meruelo la más penalizada debido a las distancias recorridas por los camiones para el transporte de los residuos desde las estaciones de transferencia hasta el vertedero.

En el caso de la gestión futura, existe un impacto significativo frente a esta categoría ya que se consumen combustibles de origen fósil tanto en el caso del transporte como en el funcionamiento del propio CMG.

6.6. ¿Disminuye la categoría disminución de recursos hídricos en la gestión futura?

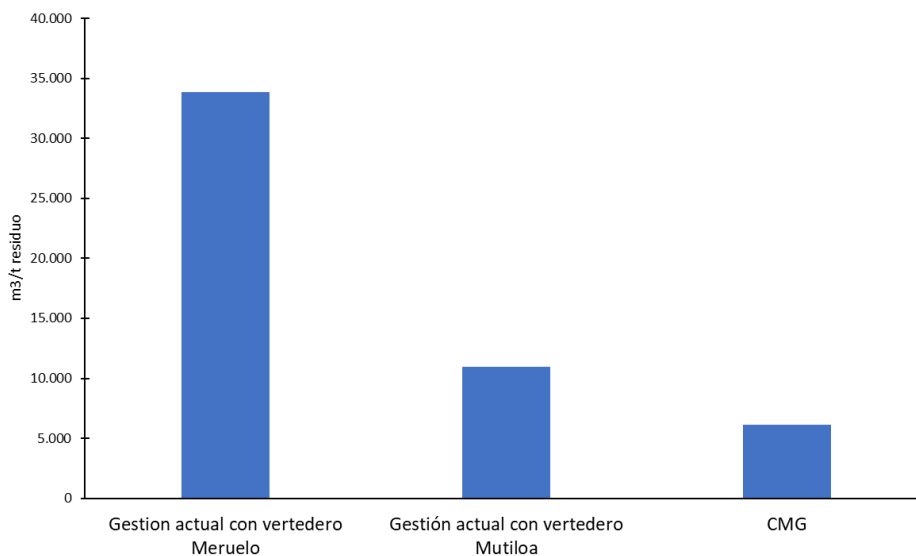


Figura 6-6. Resultados para la categoría de impacto disminución de recursos hídricos

Respuesta: Sí, la categoría de disminución de recursos hídricos disminuye frente a las dos alternativas de la gestión actual. (Un 82% frente a la alternativa Meruelo y un 44% frente al alternativa Mutiloa).

Explicación: La demanda de recursos hídricos a lo largo de todo el ciclo de vida es mayor para la gestión actual con vertedero Meruelo, debido a los requerimientos de agua que exige el transporte durante todo el ciclo de vida.

Si bien es cierto que la gestión actual, tanto en la alternativa con vertedero Meruelo como la del vertedero Mutiloa, presenta unos requerimientos de agua menores que en el caso de la gestión futura, este aspecto queda apantallado por la demanda del transporte.

6.7. ¿Disminuye la puntuación total de la gestión futura frente a la gestión actual?

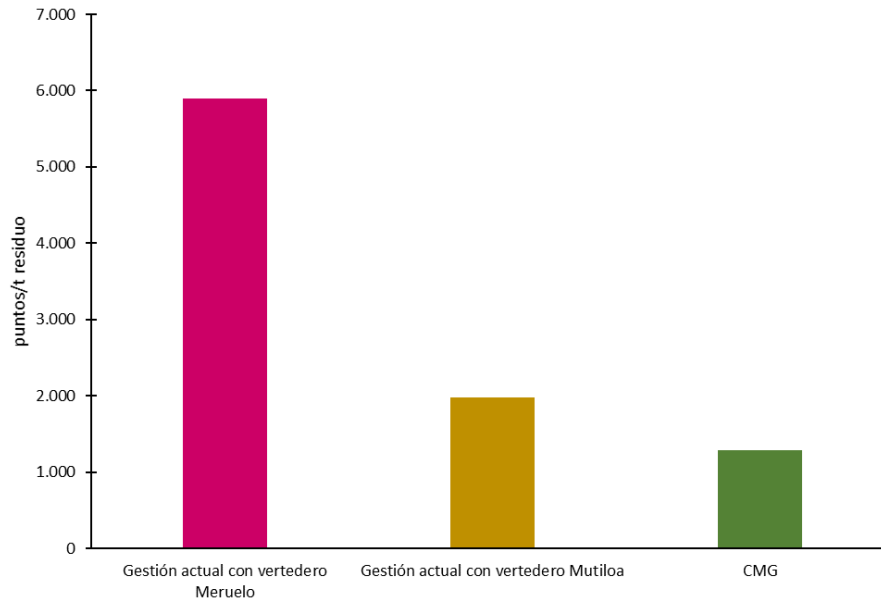


Figura 6-7. Resultados en puntuación única para la gestión actual y la gestión futura

Respuesta: Sí, la puntuación única para la gestión futura es menor frente a las de la gestión actual. (un 78% frente a la gestión actual con vertedero Meruelo y un 35% frente a la alternativa con vertedero Mutiloa).

De acuerdo con los resultados obtenidos de los ACV se puede decir que la gestión futura ofrecerá una buena alternativa ambiental para la gestión de los residuos. La optimización del transporte, el aprovechamiento energético y la producción de fertilizantes a partir de los residuos son elementos clave a la hora de plantear un mejor desempeño ambiental.

La gestión actual con vertedero Meruelo se considera la alternativa más penalizada ambientalmente en relación con el transporte dada la situación del vertedero con respecto a las estaciones de transferencia en Gipuzkoa. Le sigue la gestión actual con vertedero Mutiloa, que en comparación con la alternativa Meruelo es mejor medioambientalmente debido a que la localización del vertedero es más cercana a las estaciones de transferencia. Sin embargo, la gestión futura ofrece un transporte de residuos mucho más optimizado que las anteriores gestiones y el tipo de tratamiento ofrece unos resultados ambientalmente mejores. Esto se debe principalmente a los beneficios que acarrea el tratar los residuos como un recurso y obtener bienes y productos a través de estos. En el caso de la gestión futura la electricidad que se vierte a la red y los fertilizantes que se obtienen a partir del tratamiento de los residuos benefician el resultado del desempeño ambiental además de las propias características del tipo de tratamiento.

6.8. ¿Qué categorías disminuyen en mayor medida?

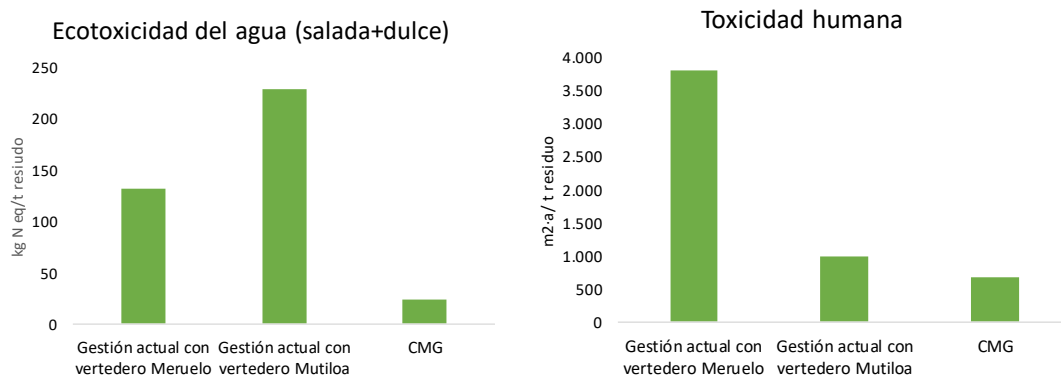


Figura 6-8. Categorías ecotoxicidad del agua y toxicidad humana para las tres gestiones estudiadas

Respuesta: Las categorías ecotoxicidad terrestre y toxicidad humana son las que disminuyen en mayor medida. La categoría ecotoxicidad terrestre disminuye un 89% y un 82% frente al vertedero Mutiloa y Meruelo respectivamente. La categoría toxicidad humana disminuye un 81% y 27% respecto al vertedero Meruelo y Mutiloa respectivamente.

Explicación: La categoría de ecotoxicidad del agua dulce y salada es reportada por separado por la metodología ReCiPe, pero, en este caso, se ha representado de forma conjunta ya que en ambos casos hace referencia a la contaminación del agua con contaminantes tóxicos. Las salidas que contribuyen principalmente a esta categoría de impacto son las emisiones al agua.

Las emisiones al agua reportadas para el vertedero de Mutiloa provienen de la base de datos Ecoinvent 3.01 concretamente del indicador “Municipal solid waste {CH} treatment of, sanitary landfill | Alloc Def, U” y son las que producen un mayor impacto al agua seguidas por las del vertedero Mutiloa y, por último, las de la gestión futura. El listado de emisiones al agua consideradas en el vertedero de Mutiloa es más extenso que en el resto de los casos porque se consideran más especies contaminantes y porque las cantidades de cada especie por tonelada de residuo son mayores.

La categoría toxicidad humana se encuentra altamente influenciada por el transporte, por lo que se ve penalizada la alternativa del vertedero de Meruelo y la diferencia con la gestión futura es tan grande por la optimización del transporte.

6.9. ¿Qué categorías disminuyen en menor medida?

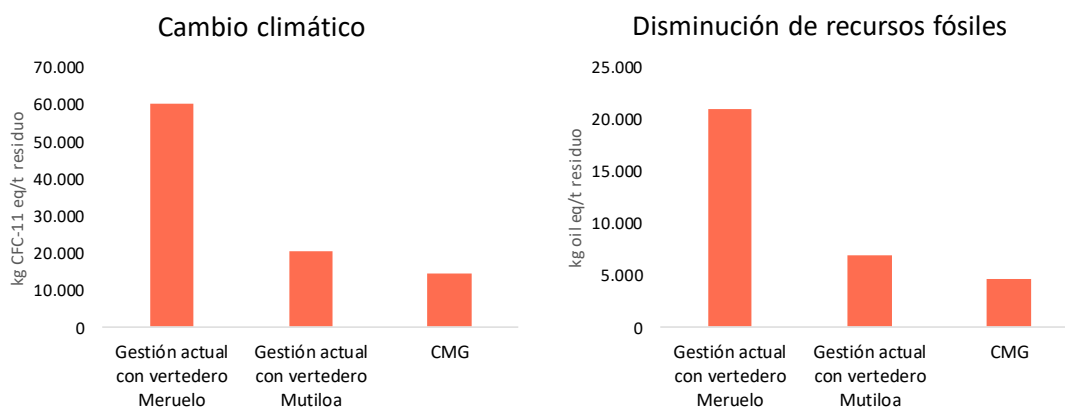


Figura 6-9. Categorías cambio climático y disminución de recursos fósiles para las tres gestiones estudiadas

Respuesta: Las categorías de cambio climático y disminución de recursos fósiles son las categorías que disminuyen en menor medida. La categoría de cambio climático disminuye en la gestión futura un 76% y un 27% frente a la alternativa Meruelo y Mutiloa respectivamente. La categoría disminución de recursos fósiles disminuye en la gestión futura un 77% y un 31% frente a la alternativa Meruelo y Mutiloa respectivamente.

A pesar de que todas las categorías de impacto disminuyen en el caso de la gestión futura comparada con la actual, algunas lo hacen en menor medida.

Sin embargo, el cambio climático es una de las categorías que disminuye en menor medida debido a que, aunque disminuya el consumo de combustibles en el transporte, los propios procesos de tratamientos de residuos que se dan en el CMG emiten gases de efecto invernadero. Concretamente, el proceso de la planta de valorización energética y el digestor anaerobio de la fracción orgánica constituyen un foco de emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen a esta categoría de impacto además de las emisiones aportadas por el transporte de los residuos.

Por otro lado, el transporte y los consumos de combustibles siguen estando presentes en la gestión futura lo que hace que la categoría de combustibles fósiles no sea la categoría que disminuye en mayor medida.

6.10. A día de hoy, ¿dónde están los mayores impactos?

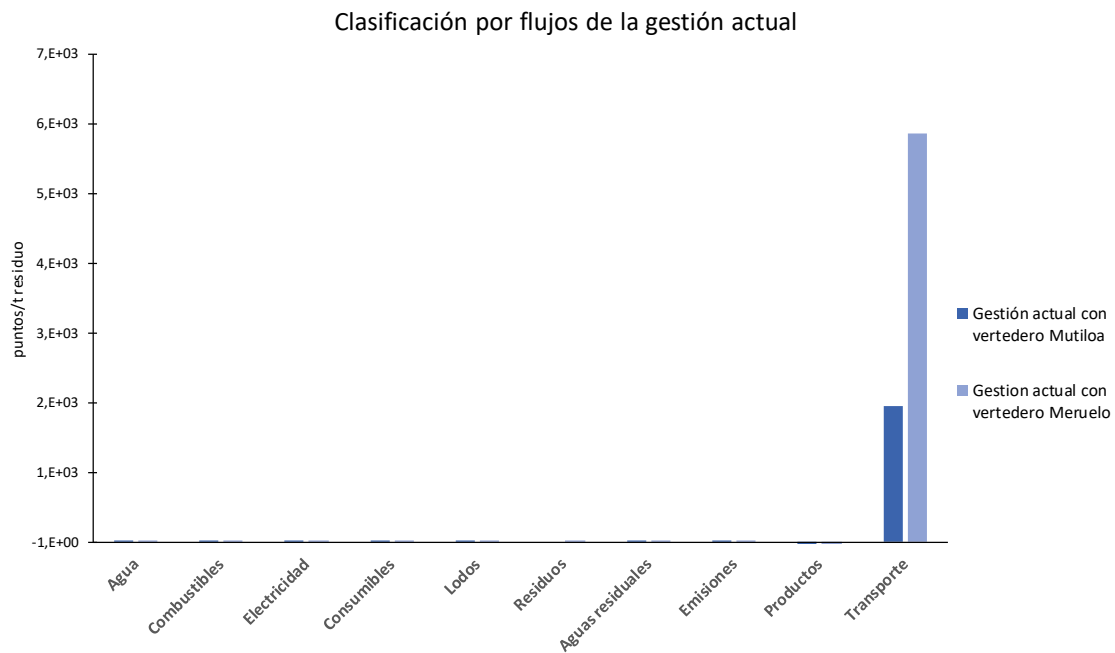


Figura 6-10. Resultados en puntuación única por flujos para la gestión actual

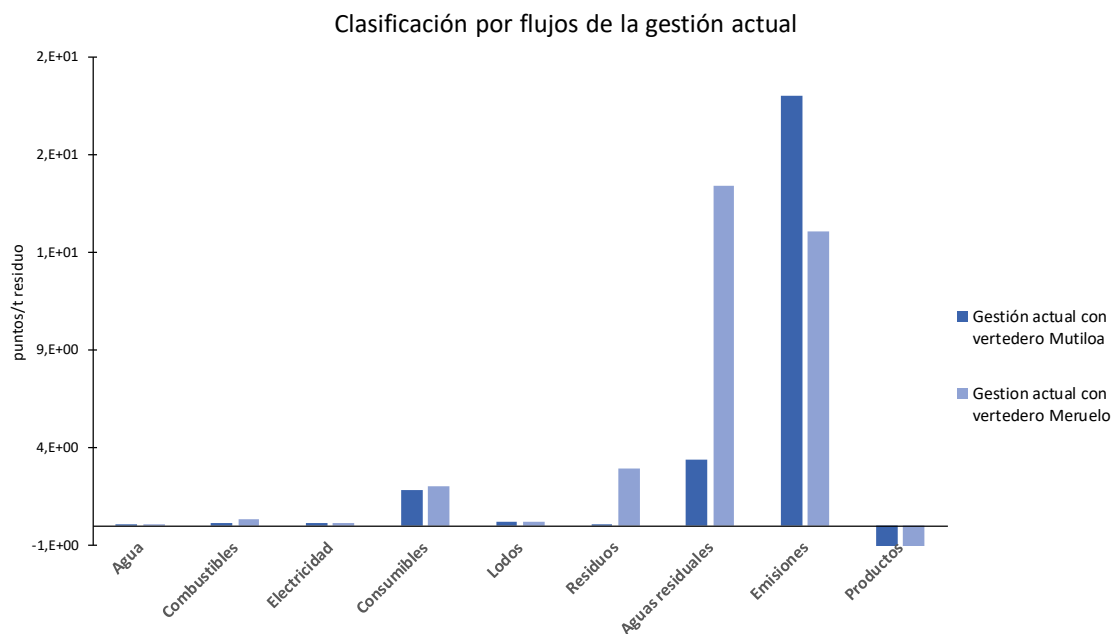


Figura 6-11. Resultados en puntuación única por flujos para la gestión actual (eliminando la categoría transporte)

Respuesta: El transporte supone el mayor de los impactos en ambas alternativas, seguido de las emisiones al aire y las emisiones al agua.

En la Figura 6-10 se muestran los resultados en puntuación única dividido en los flujos que conforman todo el inventario de entradas y salidas de la gestión actual para ambas alternativas (Meruelo y Mutiloa). En esta figura se observa claramente cómo el transporte es el flujo que más contribuye al total del ACV en ambos casos. Para poder apreciar cómo se distribuyen los impactos para el resto de las categorías, se representa la Figura 6-11 sin la categoría transporte ya que esta apantalla el resto de los resultados. En esta figura se observa que las emisiones al aire y al agua son los dos flujos que siguen al transporte. Por lo tanto, se puede decir que a día de hoy los mayores impactos se encuentran en el transporte, las emisiones al aire y las emisiones al agua.

Por otro lado, en la Figura 6-11 se puede apreciar que los productos ofrecen impactos negativos para ambos tipos de gestión. Esto refleja que los productos generados por el tratamiento de los residuos hacen que el total del ACV sea menos positivo. Los productos se consideran impactos negativos ya que se entiende como productos que son evitados al producirse mediante este método.

6.11. ¿Qué oportunidades de mejora presenta la gestión futura?

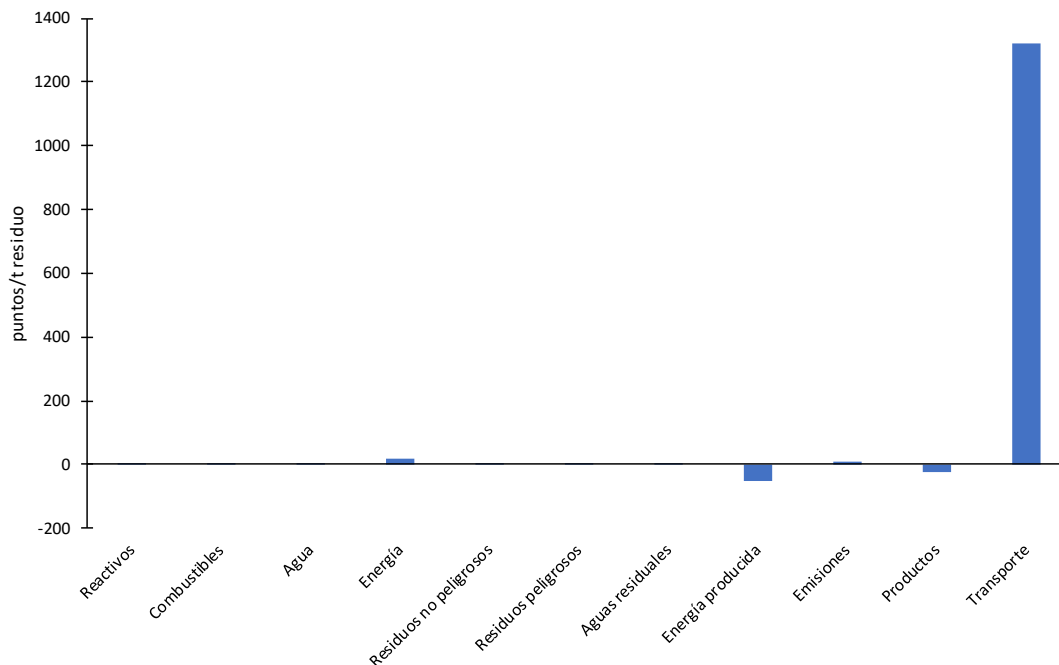


Figura 6-12. Resultados agrupados en puntuación única para la gestión futura

Respuesta: El transporte es el aspecto que más impactos supone sobre el sistema de gestión futuro una vez puesto en marcha el CMG.

El transporte, como se ha visto anteriormente, se considera un aspecto decisivo en el análisis del desempeño ambiental de un sistema. En este caso, supone el mayor de los impactos sobre el proceso de gestión en sí dado el gran volumen de movimiento de vehículos hasta el CMG para el transporte de los residuos de entrada. Es por esto que la principal acción de mejora se podría proponer en el transporte con el objetivo de disminuir el impacto que supone sobre el total.

En la Figura 6-12 se puede ver que tanto la energía producida como los productos generados presentan impactos negativos. De la misma forma que sucede con la gestión actual y los productos que se generan, estos impactos se consideran negativos haciendo que en total el ACV sea menos positivo por lo tanto beneficiando al resultado. Esto se considera así metodológicamente ya que se entiende que la electricidad que se vierta a la red como consecuencia del aprovechamiento energético del tratamiento de los residuos será electricidad que no será necesario que se produzca por métodos convencionales.

7. CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados obtenidos para los ACV de la gestión actual (opciones con vertedero Meruelo y Mutiloa) y para la gestión futura, la mejor alternativa en términos medioambientales es la futura. Esta mejoría reside principalmente en la optimización del transporte ya que las distancias a recorrer por los camiones que transportan los residuos hasta el CMG se reducen significativamente.

Por otro lado, basándose solo en la gestión de los residuos (no teniendo en cuenta el transporte desde las estaciones de transferencia hasta destino) la alternativa que ofrece un desempeño ambiental mejor es la gestión futura (Tabla 6-3). Las contribuciones a todas las categorías de impacto son menores en la gestión futura.

Analizando los resultados por flujos (Figura 6-10 y Figura 6-12) es posible identificar que en ambos casos el transporte supone un parámetro decisivo el cual supone el mayor de los impactos. En el caso de la gestión futura podría ser un parámetro a estudiar de cara a mejorar el desempeño ambiental del sistema en futuras acciones de mejora.

Se puede concluir que el nuevo sistema de gestión de residuos planteado para el Territorio Histórico de Gipuzkoa supone una mejor alternativa ambiental que la gestión actual teniendo en cuenta todo el ciclo de vida.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] GHK, «Gestión de Residuos de Gipuzkoa,» [En línea]. Available: <http://www.ghk.eus/la-mejor-solucion.htm>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [2] M. Goedkoop, R. Heijungs, M. Huijbregts, A. De Schryver, J. Struijs y R. van Zelm, «ReCiPe 2008 - A life cycle assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level,» Holanda, 2013.
- [3] Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, «Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.,» Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.
- [4] «Red Eléctrica de España,» [En línea]. Available: <https://www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol>. [Último acceso: 2018].
- [5] G. Oberteiner, E. Binner, P. Mostbauer y S. Salhofer, «Landfill modelling in LCA - A contribution based on empirical data,» *Waste Management*, nº 27, pp. 58-74, 2007.
- [6] «ISO 14040 - Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida - Principios y marco de referencia,» 2006.
- [7] «ISO 14044 - Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida - Requisitos y directrices,» 2006.
- [8] IDOM, «Complejo Medioambiental de Gipuzkoa Fase 1 - Documento 1 - Memoria,» 2016.
- [9] IHOBE, «Guía Técnica para la medición, estimación y cálculo de las emisiones al aire - Sector gestión de residuos,» IHOBE, 2005.

9. ANEXO I

9.1. Metodología de análisis de ciclo de vida

La metodología del Análisis de Ciclo de Vida está pautada por las normas ISO 14040 e ISO 14044. A continuación, se detallan los aspectos más importantes para el desarrollo de un ACV de forma esquemática, para una visión más detallada de la metodología ver ANEXO I.

9.1.1. Introducción a la metodología

El creciente interés y conciencia por la importancia de la protección ambiental y los impactos asociados a la producción de un proceso, bien o servicio han promovido el interés por el desarrollo de métodos que permitan calcular estos impactos. De aquí surge la metodología del Análisis de Ciclo de Vida la cual puede ayudar a la identificación de oportunidades para mejorar el desempeño ambiental de productos, bienes o servicios en las distintas etapas del ciclo de vida, herramienta de comunicación a partes interesadas en la industria, organizaciones gubernamentales, etc., selección de indicadores de desempeño ambiental y estrategias de marketing.

El concepto de ciclo de vida pretende englobar todas las etapas involucradas en la obtención de un producto, desarrollo de un proceso o servicio con la intención de proporcionar una visión global lo más realista posible. Un ACV completo abarca desde la extracción y obtención de las materias primas hasta el fin de vida del producto, proceso o servicio analizado. Al considerar todas las etapas se puede poner en relieve los aspectos más críticos a través de todas las etapas para la obtención de un bien, durante el desarrollo de un proceso o servicio.

9.1.2. Fases del ACV

Para estandarizar los estudios de ACV y permitir establecer comparativas entre ellos surgió la necesidad de crear normas estandarizadas y reconocidas. De aquí surge la familia ISO 14040 [6] [7] que define cuáles son los pasos necesarios para llevar a cabo un estudio de ACV. En la Figura 9-1 se describen los pasos requeridos para elaborar un ACV según la norma.

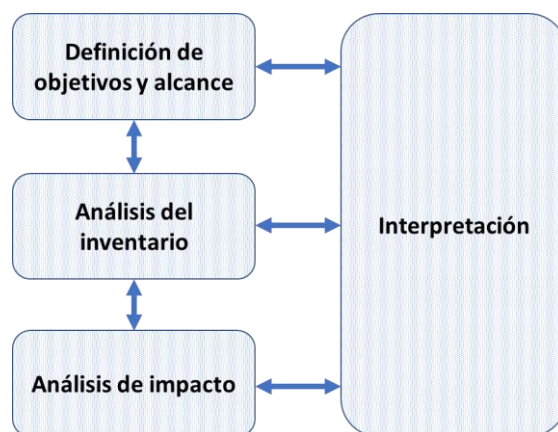


Figura 9-1. ISO 14040 ACV – fases del proyecto

Las fases que se describen son las siguientes:

Definición de objetivos y alcance

En la primera fase de **definición de objetivos y alcance** se define el producto o servicio sobre el que se va a llevar a cabo el estudio y se definen los alcances del mismo. Los alcances son los siguientes:

- El sistema a estudiar
- La unidad funcional
- Los límites del sistema
- Los procedimientos de asignación
- Las categorías de impacto analizadas, la metodología de evaluación de impacto
- Requisitos de los datos
- Las suposiciones
- Las limitaciones
- Otros aspectos

La definición de los alcances resulta extremadamente necesaria para determinar qué queda dentro y qué fuera del estudio ya que el concepto de ciclo de vida puede ser de considerable magnitud, por lo que una correcta definición de los límites del sistema es de gran ayuda para acotar el estudio.

Dentro del enfoque de ACV existen distintas opciones posibles en función de las etapas del ciclo de vida que se tengan en cuenta. El cálculo de todas las etapas puede no ser recomendable en según qué estudios por el esfuerzo que puede llegar a suponer la recopilación de un volumen muy grande de información, por esto es necesario definir el enfoque. Es evidente que es recomendable llevar a cabo el estudio de ACV lo más completo posible, pero en ciertos casos

puede que resulte despreciable o poco representativo calcular ciertas etapas, sin embargo, el enfoque ideal es el que más etapas abarque. Estos enfoques se describen en la Figura 9-2.

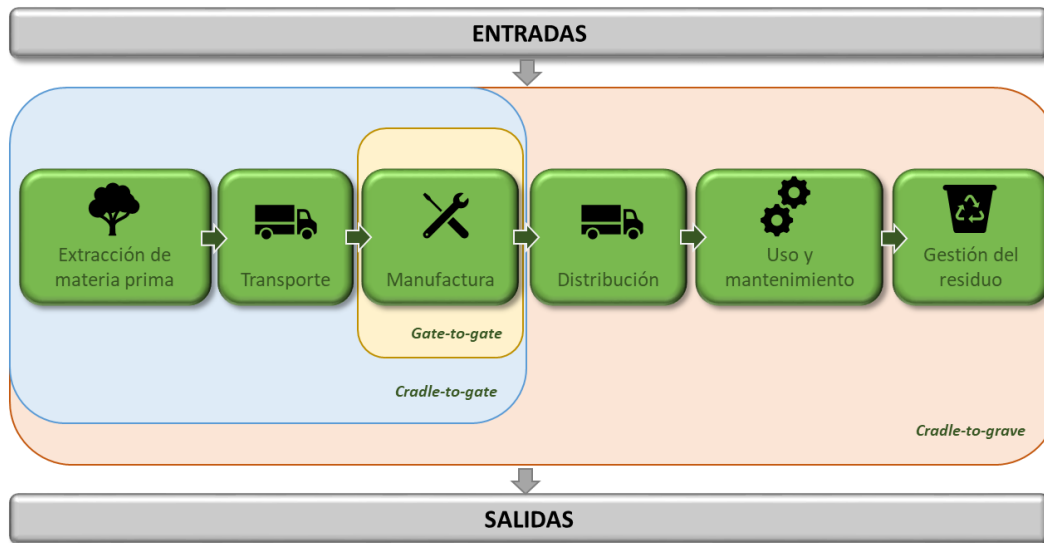


Figura 9-2. Enfoques de ACV

- **Enfoque de la cuna a la tumba** → se trata de un ACV completo que engloba los pasos desde la extracción y manufactura de las materias primas hasta la gestión del residuo en su fin de vida
- **Enfoque de la cuna a la puerta** → este enfoque considera las etapas desde la extracción y manufactura de las materias primas hasta que el producto, bien o servicio sale de la organización que lo produce. Este enfoque es interesante en los casos en los que resulte excesivamente costoso y poco enriquecedor el cálculo de las etapas posteriores.
- **Enfoque de la puerta a la puerta** → son los impactos producidos durante la fase de control directo de la organización productora en cuestión. Este enfoque no contabiliza ni la extracción ni manufactura de las materias primas ni la distribución posterior del producto.

En esta fase se define también la **unidad funcional** que viene a ser la unidad de referencia durante todo el estudio. Es la unidad respecto a la cual se presentan los resultados.

Análisis del inventario

En esta fase se procede a recoger toda la información necesaria para el cálculo de los impactos ambientales del ciclo de vida. Para llevar a cabo una recopilación de datos lo más práctica posible se divide en etapas las cuales comienzan desde la extracción de la materia prima necesaria

hasta la gestión del residuo o de todas aquellas etapas que se hayan considerado que entran dentro del alcance.

En este paso, para llevar a cabo el inventario se recogen los denominados datos de actividad que son los consumos de combustible, materias, agua, energía, residuos generados, vertidos, etc. Son todas las entradas y salidas que suceden en el ACV. En la Figura 9-3 se detalla un ejemplo de los datos que serían necesarios para cada etapa del ACV y de esta manera elaborar el inventario.

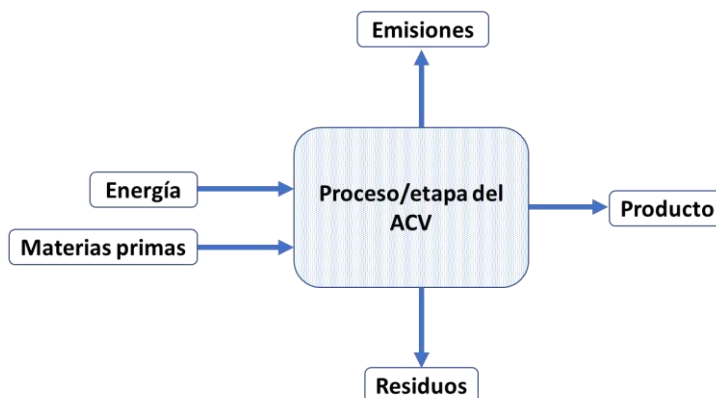


Figura 9-3. Plantilla de insumos/producto de los procesos o etapas del ACV

El ciclo de vida se divide en una serie de procesos unitarios. Se analizan todos los flujos de entrada y salida para cada uno de estos pasos. Finalmente, se resumen todos ellos para brindar un panorama total del proceso.

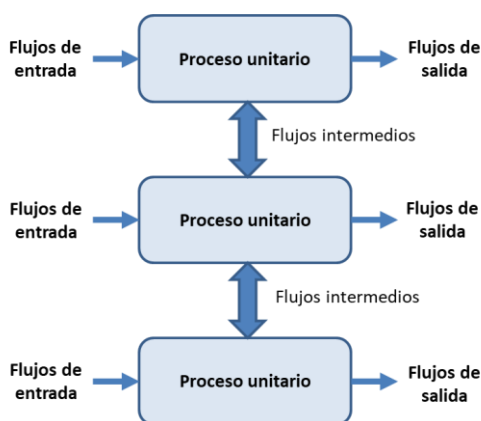


Figura 9-4. Ejemplo de los procesos unitarios que conforman el ACV

La cantidad y naturaleza de los objetivos de calidad de los datos depende necesariamente del nivel de exactitud requerido en el proyecto. En cada proyecto, se debe tomar la decisión acerca de dónde se necesitan datos específicos de los procesos y dónde son suficientes los datos aproximados o genéricos.

Para elaborar el inventario se consideran entradas y salidas los siguientes puntos:

- Consumos de materias primas, recursos, consumibles
- Consumos de agua
- Consumos de energía (electricidad, combustibles...)
- Residuos generados (cantidad, tipología y gestión de estos)
- Emisiones y vertidos

Análisis de los impactos

Una vez llevado a cabo el inventario de los datos de actividad (entradas y salidas del ciclo) es necesario convertir esta información en impactos ambientales. Para transformarlos existen metodologías, bases de datos y softwares que simplifican este proceso. La norma ISO de aplicación deja abierta la posibilidad de escoger el que más se ajuste al producto o servicio evaluado siempre y cuando sean métodos verificados y reconocidos.

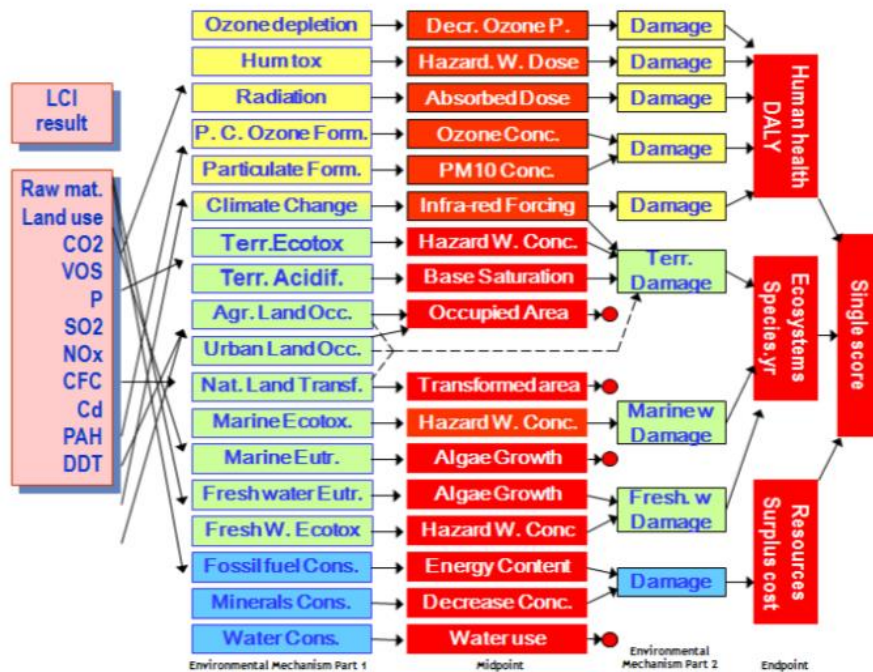


Figura 9-5. Ejemplo de metodología ReCiPe [2]

En la Figura 9-5, en la que se detalla la estructura de la metodología de cálculo ReCiPe, la cual permite traducir el inventario de entradas y salidas en impactos al medio. Dicha metodología mencionada permite obtener en un primer paso las contribuciones a las categorías de impacto evaluadas. Este paso se denomina caracterización y las categorías de impacto obtenidas se denominan "midpoint". El listado de categorías de impacto midpoint se recopila en la Tabla 9-1.

Tabla 9-1. Categorías de impacto “midpoint”

Categoría de impacto midpoint	Descripción
Cambio Climático (<i>Climate Change</i>)	Categoría de impacto que refleja el potencial de calentamiento global como la capacidad de un gas de efecto invernadero de influir en el forzamiento radiactivo, expresada en términos de una sustancia de referencia y de un horizonte temporal. Relacionado con la capacidad de influir en los cambios de la temperatura media mundial en la interfaz superficie-aire y en parámetros climáticos y sus efectos. Unidad: Kilogramo de CO ₂ equivalente
Destrucción de la capa de ozono (<i>Ozone depletion</i>)	Categoría de impacto que corresponde a la degradación del ozono estratosférico debida a las emisiones de sustancias que agotan la capa de ozono como, por ejemplo, gases de vida larga que contienen cloro y bromo. Unidad: Kilogramos de CFC-11 (Triclorofluorometano) equivalente
Toxicidad humana (<i>Human toxicity</i>)	Categoría de impacto que recoge los efectos nocivos sobre la salud humana debidos a la absorción de sustancias tóxicas mediante la inhalación de aire, la ingesta de alimentos o agua, o la penetración a través de la piel. Unidad: Kilogramos de 1,4-DB (Diclorobenceno) equivalentes
Formación fotoquímica de ozono (<i>Photochemical oxidant formation</i>)	La formación de ozono a nivel del suelo de la troposfera, debida a la oxidación fotoquímica de compuestos orgánicos volátiles (COV) y de CO en presencia de óxidos de nitrógeno (NOx) y luz solar. Son nocivas para la vegetación, las vías respiratorias y los materiales artificiales. Unidad: Kilogramos de COVDM ⁵
Formación de partículas (<i>Particulate matter formation</i>)	Corresponde a los efectos nocivos sobre la salud humana debidos a las emisiones de partículas y sus precursores (NOx, SOx, NH ₃). Pequeñas partículas con menos de 10 micrones de diámetro. Unidad: Kilogramos de PM10 equivalente
Radiación ionizante (<i>Ionising radiation</i>)	Esta categoría hace referencia a los efectos nocivos sobre la salud humana debidos a sustancias radiactivas. Unidad: Kg de U235 equivalente (Uranio 235)

⁵ Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano

Categoría de impacto <i>midpoint</i>	Descripción
Acidificación al suelo (<i>Terrestrial acidification</i>)	Categoría que recoge los efectos debidos a la presencia de sustancias acidificantes en la superficie terrestre. Las emisiones de NO _x , NH ₃ y SO _x dan lugar a la liberación de iones de hidrógeno H ⁺ cuando los gases se mineralizan, en consecuencia, los protones liberados contribuyen a la acidificación del suelo. Unidad: Kg de SO ₂ equivalente
Eutrofización agua dulce (<i>Freshwater eutrophication</i>)	Esta categoría refleja el efecto de los nutrientes procedentes de vertidos de agua dulce que aceleran el crecimiento de las algas y demás vegetación en el agua. La degradación de la materia orgánica consume el oxígeno, lo que provoca una deficiencia de esta sustancia y, en algunos casos, la muerte de los peces. La eutrofización traduce la cantidad de sustancias emitidas a una medida común expresada como el oxígeno necesario para la degradación de la biomasa muerta. Unidad: Kg de P equivalente
Eutrofización marina (<i>Marine eutrophication</i>)	Misma categoría que “Eutrofización de agua dulce” pero en medios marinos. Unidad: Kg N equivalente
Ecotoxicidad al suelo (<i>Terrestrial Ecotoxicity</i>)	Categoría que recoge los impactos tóxicos que afectan a la superficie terrestre, nocivos para distintas especies y que cambian la estructura y función del ecosistema. Es el resultado de una serie de diferentes mecanismos toxicológicos provocados por la liberación de sustancias con un efecto directo sobre la salud del ecosistema. Unidad: Kg 1,4-DB (Diclorobenceno) equivalente
Ecotoxicidad agua dulce (<i>Freshwater ecotoxicity</i>)	Categoría similar a “Ecotoxicidad al suelo” pero en medios de agua dulce. Unidad: Kg 1,4-DB (Diclorobenceno) equivalente
Ecotoxicidad marina (<i>Marine ecotoxicity</i>)	Categoría similar a “Ecotoxicidad al suelo” pero en medios marinos. Unidad: Kg 1,4-DB (Diclorobenceno) equivalente
Ocupación suelo (<i>Land use</i>)	Esta categoría recoge el impacto por el uso (ocupación) de una superficie de suelo por diferentes actividades. La ocupación de la tierra considera los efectos del uso de la tierra, la extensión de la superficie implicada y la duración de su ocupación. Unidad: m ² ·a (Metros cuadrados por tiempo medido en años)
Uso de agua (<i>Water depletion</i>)	Categoría de impacto ambiental que se refiere al uso de agua. El agua es un recurso escaso en el planeta y cada vez más apreciado. La

Categoría de impacto <i>midpoint</i>	Descripción
	sensibilización hacia el agotamiento del recurso agua, ha llevado al desarrollo del concepto Huella Hídrica. Unidad: m ³ (Metros cúbicos)
Uso de recursos naturales (<i>Mineral & fossil resources depletion</i>)	Categoría de impacto ambiental que se refiere al uso de recursos naturales, sean renovables o no renovables, bióticos o abióticos. Hace referencia a la Energía consumida en la obtención de las materias primas, fabricación, distribución, uso y fin de vida del elemento analizado. Unidad: Kg oil equivalente

El siguiente paso que permite el método es agrupar todas las categorías de impacto *midpoint* enumeradas en la Tabla 9-2, en categorías de daño en tres grandes grupos que son la salud, los ecosistemas y los recursos. Este paso de agrupación en las categorías de daño se denomina evaluación y estas se nombran categorías de daño "*endpoint*". En este paso se incluyen aspectos sociales y parámetros estadísticos para poder evaluar cómo afectan las categorías de impacto al medio.




Tabla 9-2. Categorías de daño "*endpoint*"

Categoría de impacto <i>endpoint</i>	Descripción
Daño a la salud humana	Contabiliza la afección a la salud humana en años de vida perdidos y años vividos con una enfermedad/incapacidad por efecto del impacto ambiental Unidad: DALY (Disability Adjusted Life Year)
Daño a los ecosistemas	Pérdida de especies en un área determinada durante un tiempo determinado Unidad: especies·año
Disminución de recursos	Incremento del coste de extracción a medida que los recursos van disminuyendo Unidad: \$

A medida que se va avanzando en el cálculo desde *midpoint* a *endpoint* la subjetividad de este aumenta, ya que para las agrupaciones de las categorías de impacto hacen falta factores de normalización y ponderación que están sujetos a juicios de valor y a aproximaciones desarrolladas por expertos.

Para sistematizar este proceso existen softwares que permiten aplicar los pasos descritos por el método de cálculo. Estos softwares combinan bases de datos y métodos de cálculo, de modo que, alimentando el software con los datos de actividad y escogiendo el método de evaluación se pueden obtener los resultados para cada una de las categorías de impacto escogidas.

Tabla 9-3. Herramientas empleadas para elaborar el ACV

<p>Software</p>	 <i>SimaPro 8.0.2</i>	<p>SimaPro es una herramienta informática lanzada en 1990 y, desde entonces, ampliamente utilizada por empresas, consultoras, universidades y entre otros centros lo cual garantiza su potencial y buen funcionamiento.</p>
<p>Base de datos</p>	 <i>Ecoinvent 3.01</i>	<p>Ecoinvent es una base de datos con más de 10.000 entradas de datos de diferentes sectores como son la producción de energía, transporte, materiales de construcción, producción de químicos, entre otros. Contiene datos a nivel internacional.</p>
<p>Metodología de cálculo</p>	 <i>ReCiPe 1.09</i>	<p>Se trata de una de las metodologías de cálculo más ampliamente utilizadas que evalúa 18 categorías de impacto.</p>

Interpretación de resultados

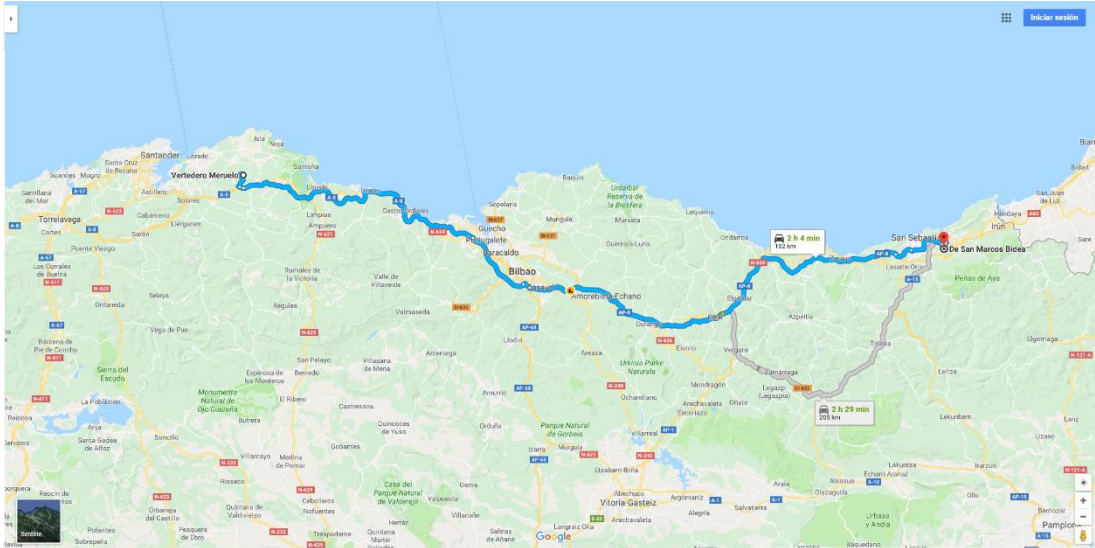
En la última fase descrita por la norma ISO se especifica la necesidad de interpretar los datos obtenidos. En esta etapa se identificarán los puntos críticos del estudio, es decir, aquellas etapas o datos de actividad que generen la mayor contribución a las distintas categorías de impacto.

10. ANEXO II

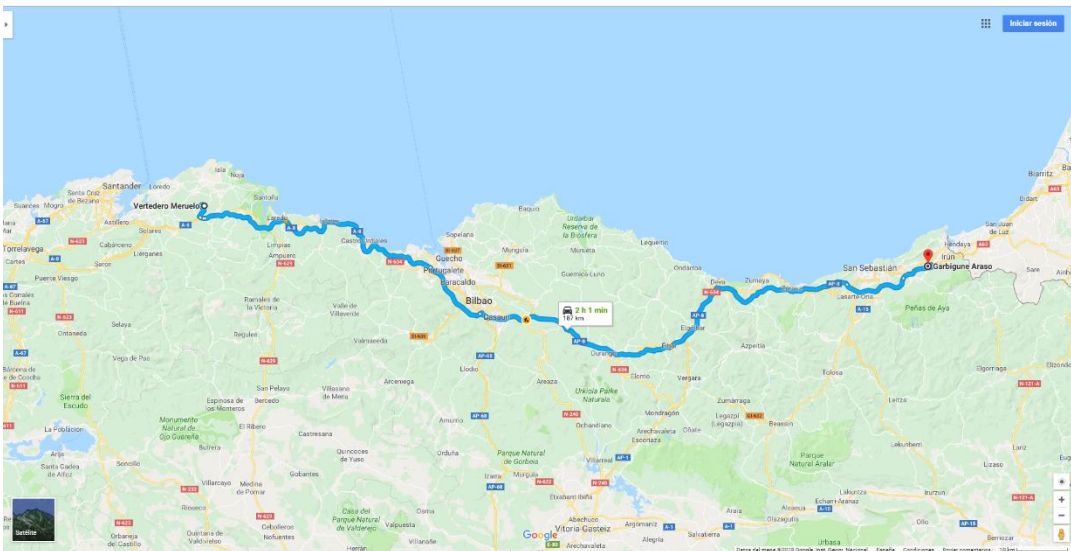
10.1. Transporte

10.1.1. Gestión actual

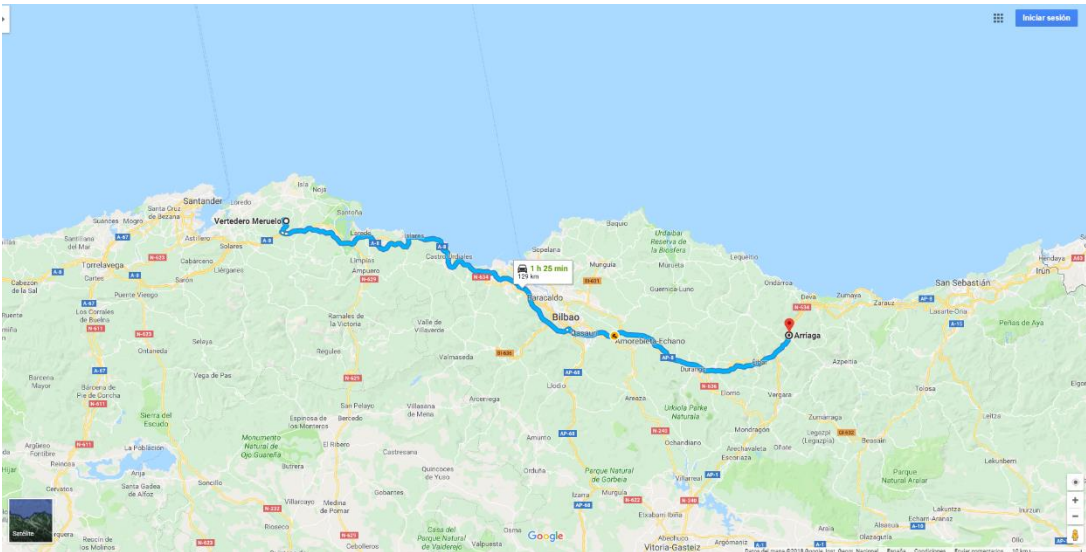
- ✓ Estación de transferencia San Marcos – Vertedero Meruelo



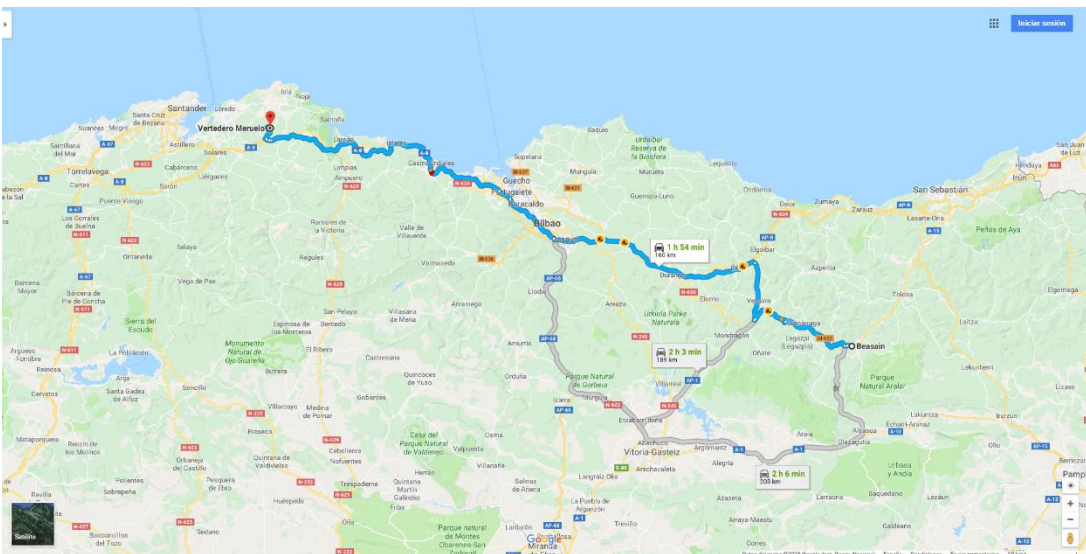
- ✓ Estación de transferencia Txingudi - Meruelo



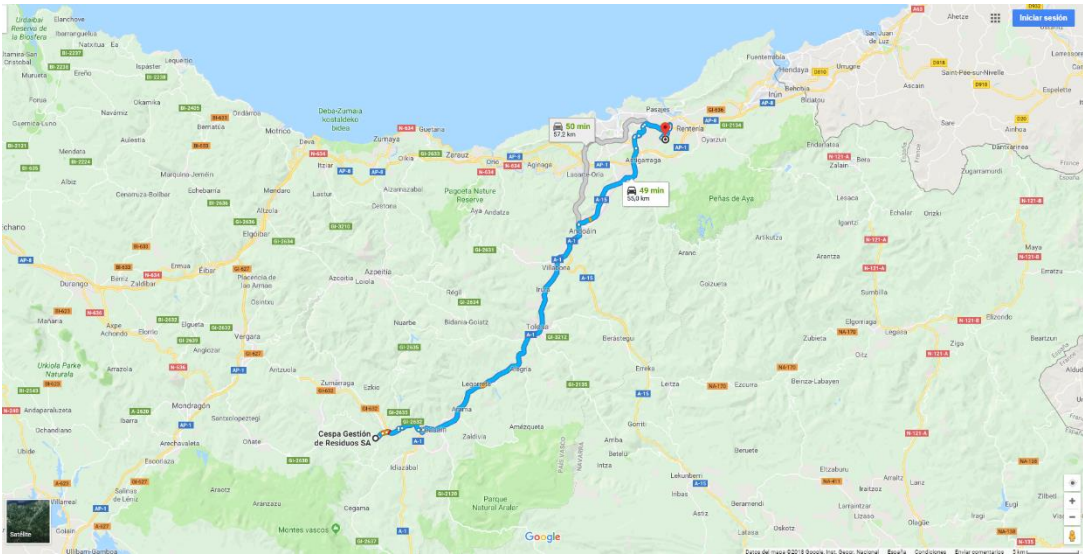
✓ Estación de Elgoibar - Meruelo



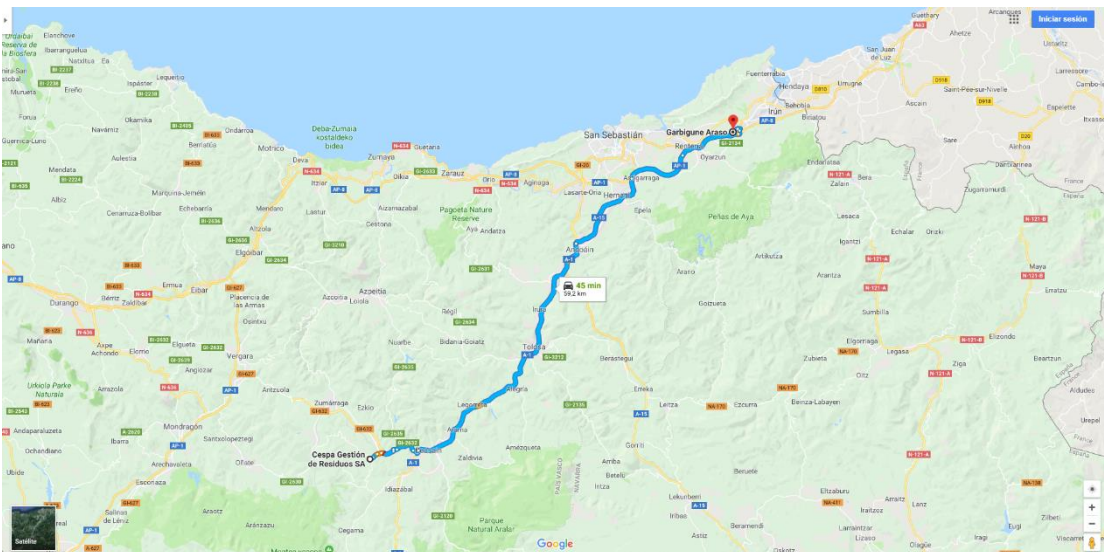
✓ Estación de Sasieta – Meruelo



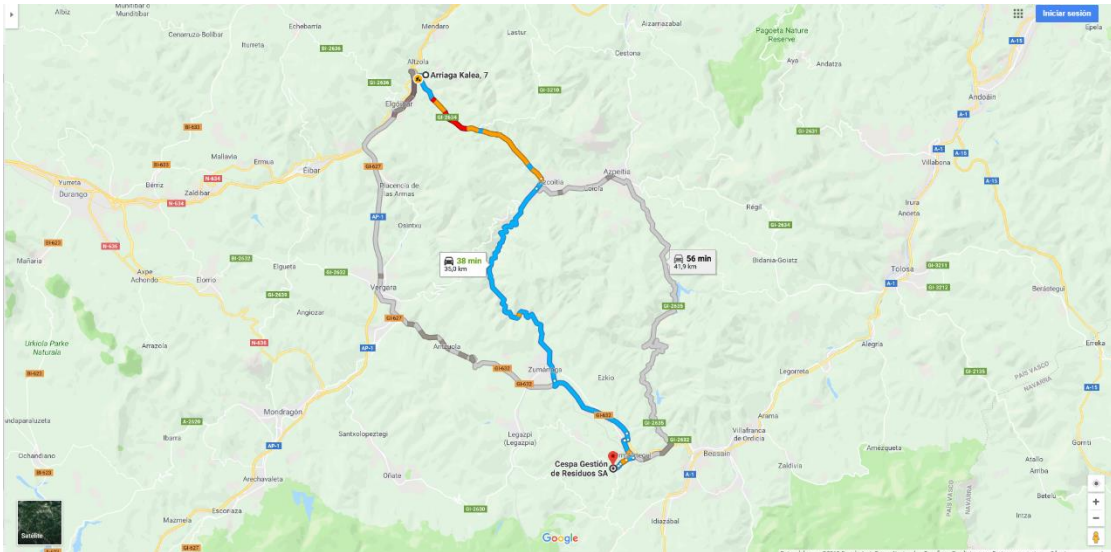
✓ Estación de San Marcos - Mutilloa



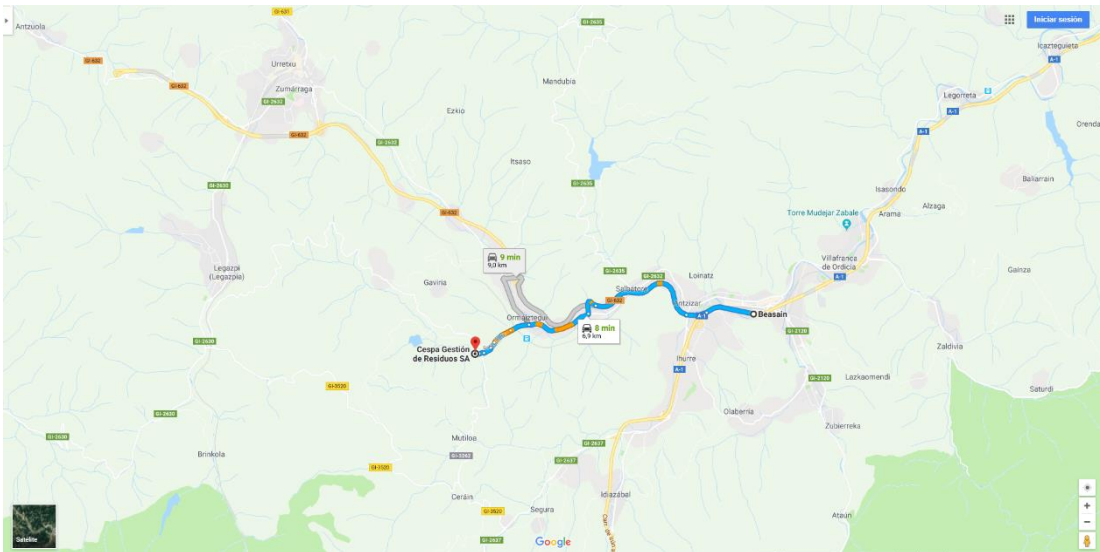
✓ Estación de Txingudi - Mutilloa



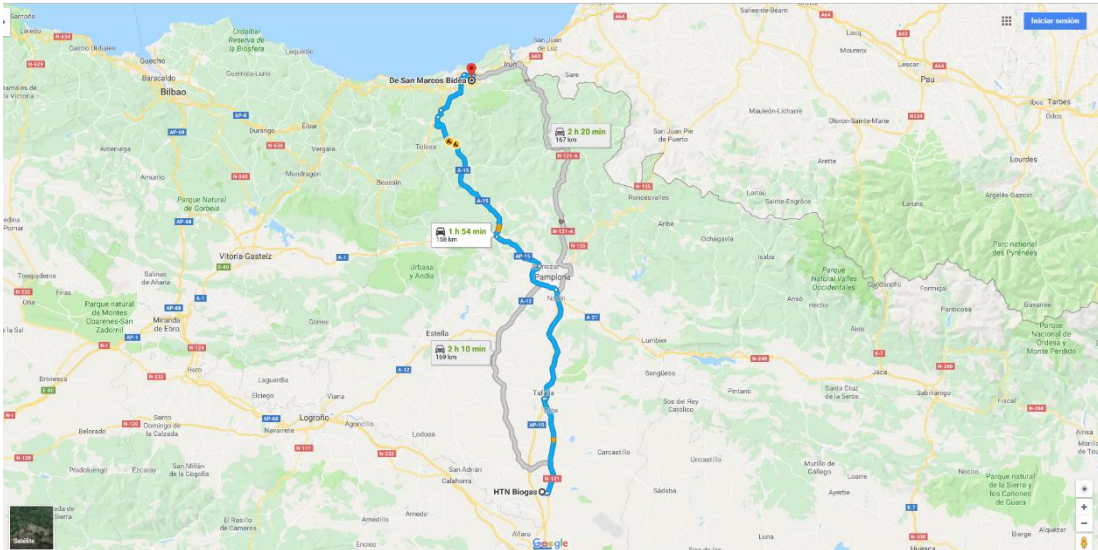
✓ Estación de Elgoibar - Mutiloa



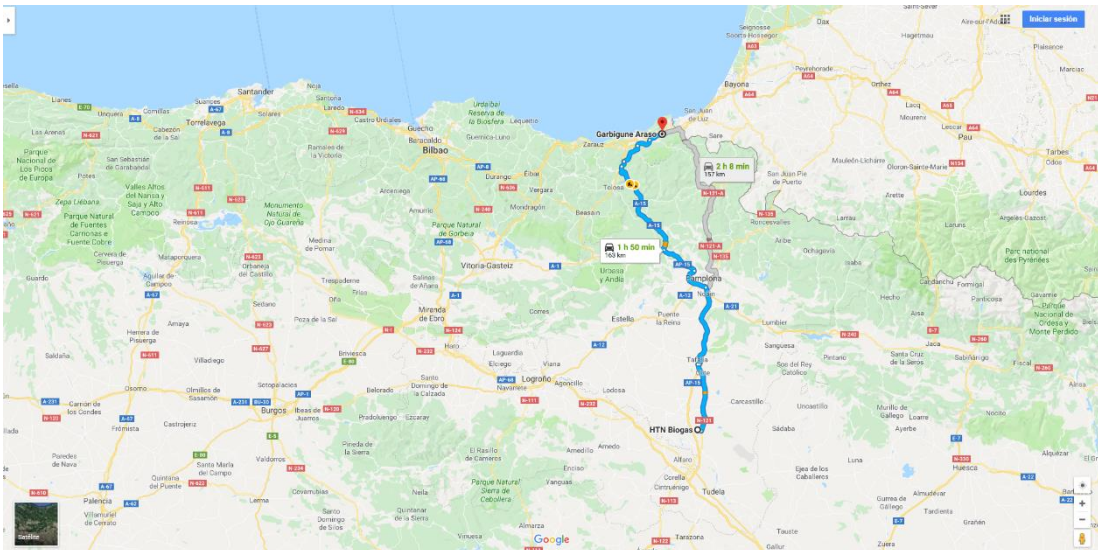
✓ Estación de Sasieta – Mutiloa



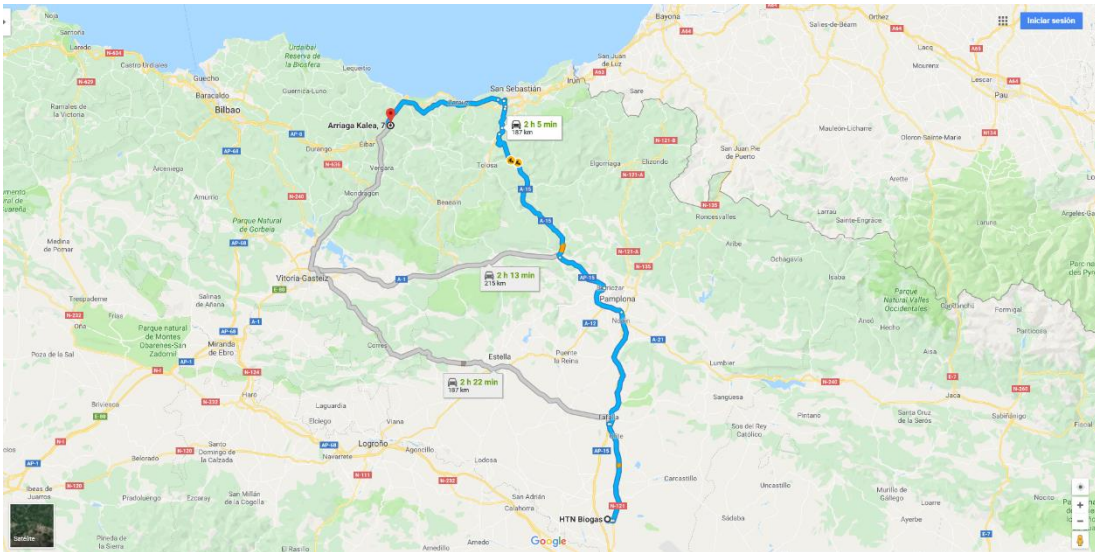
✓ Estación de San Markos – HTN Biogás



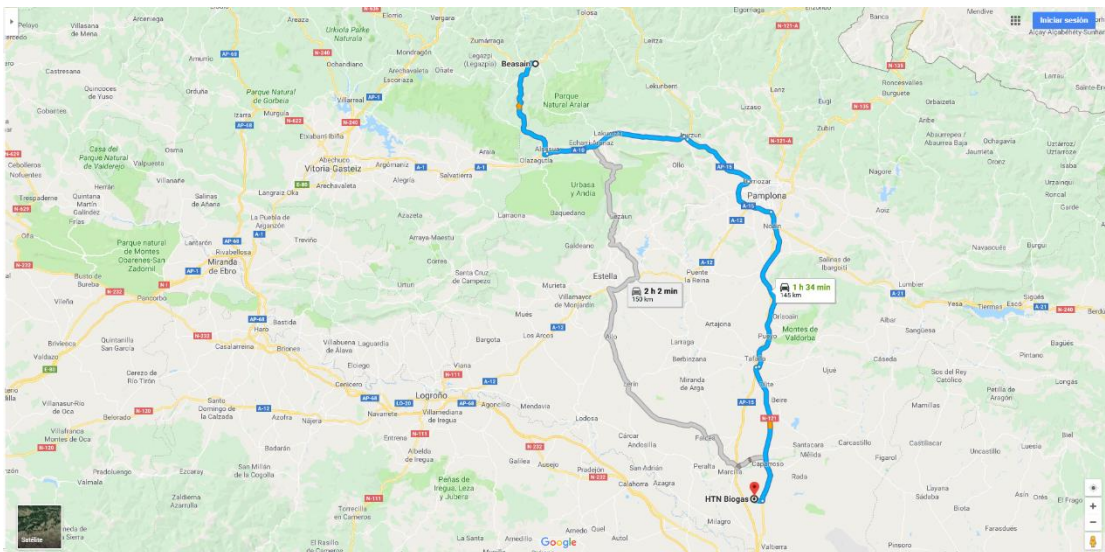
✓ Estación de Txingudi – HTN Biogás



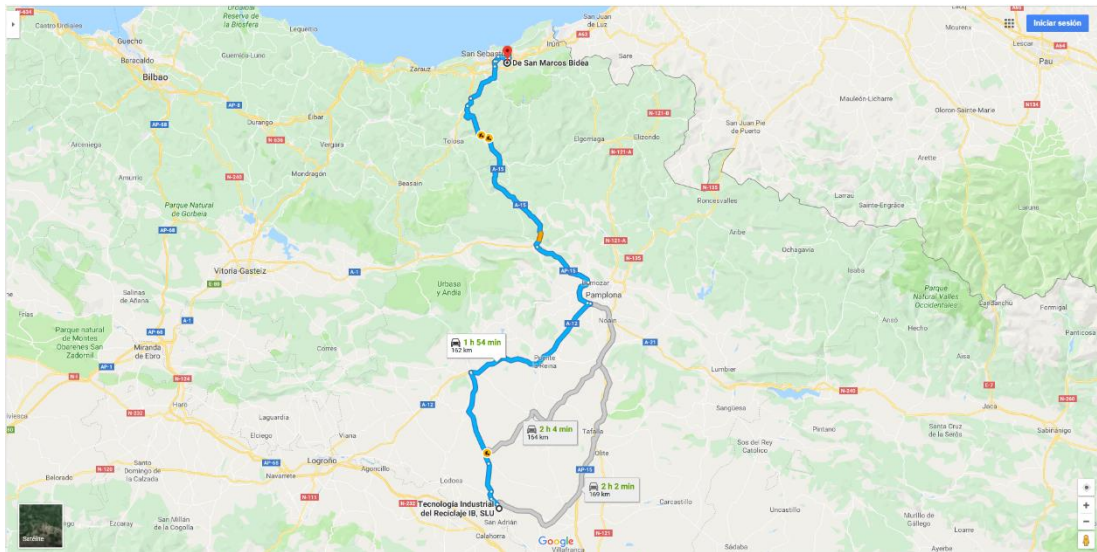
✓ Estación Elgoibar – HTN biogás



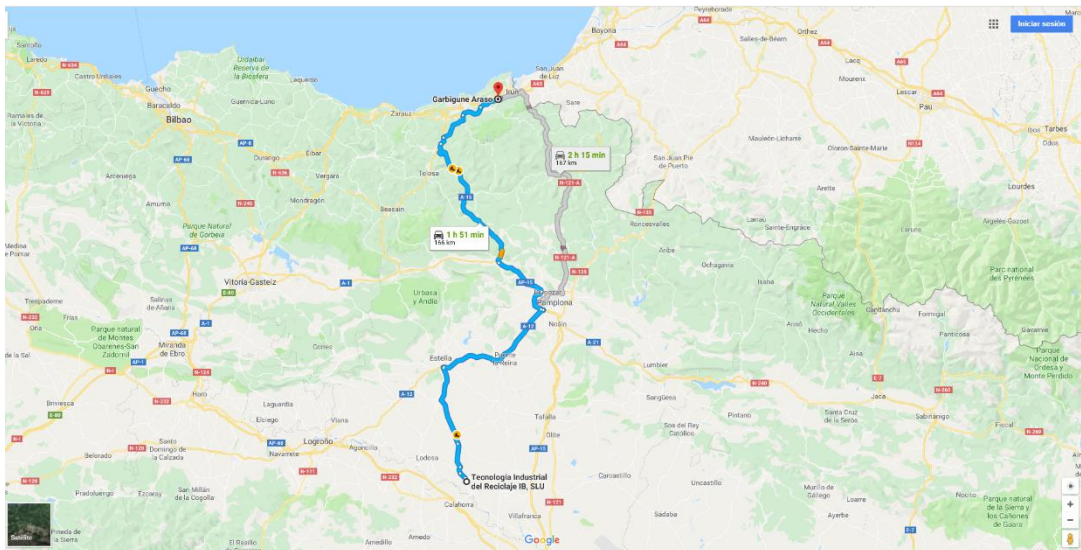
✓ Estación de transferencia Sasieta - HTN



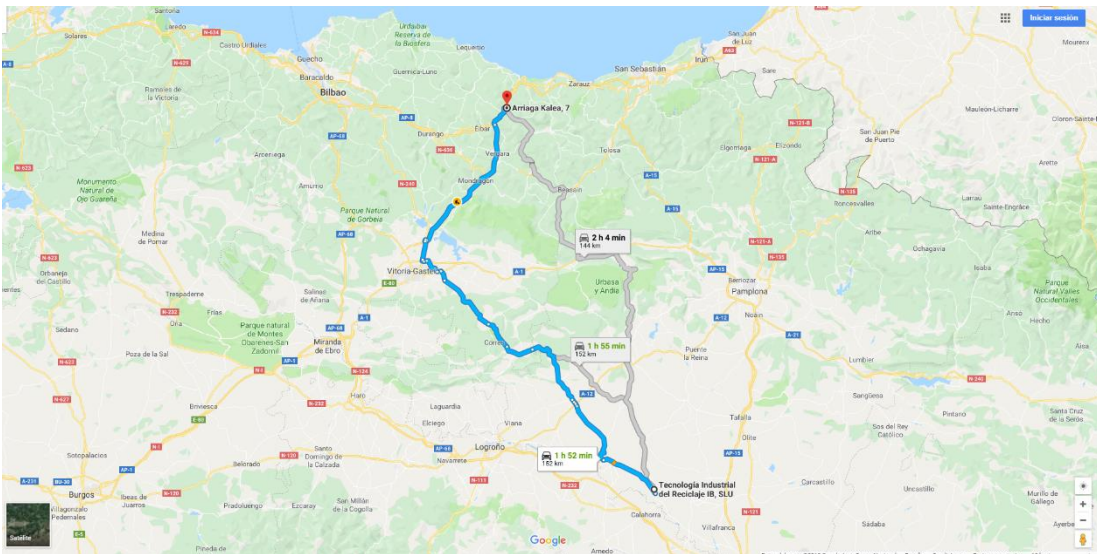
✓ Estación de San Marcos – IB Reciclaje



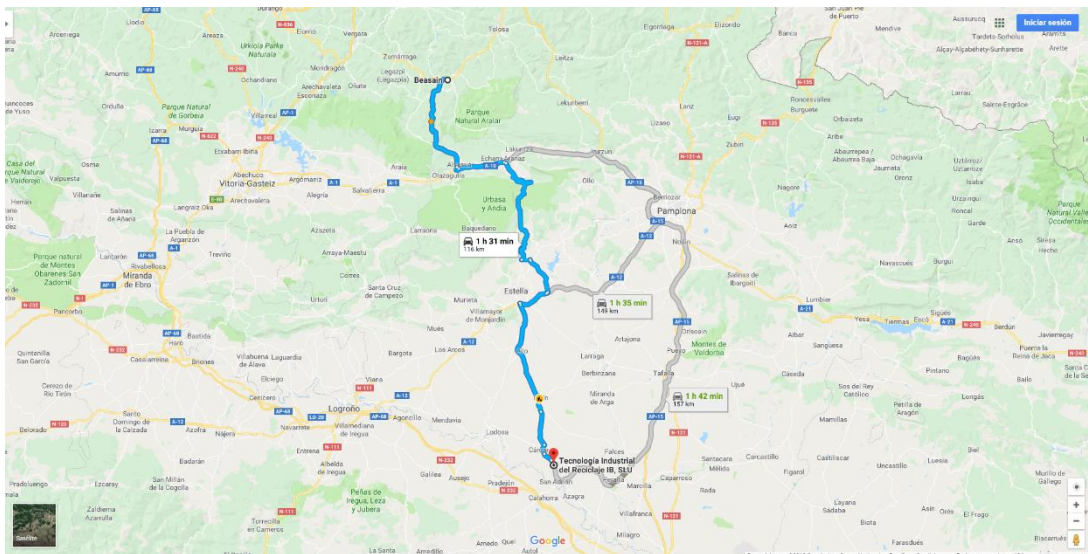
✓ Estación de Txingudi – IB reciclaje



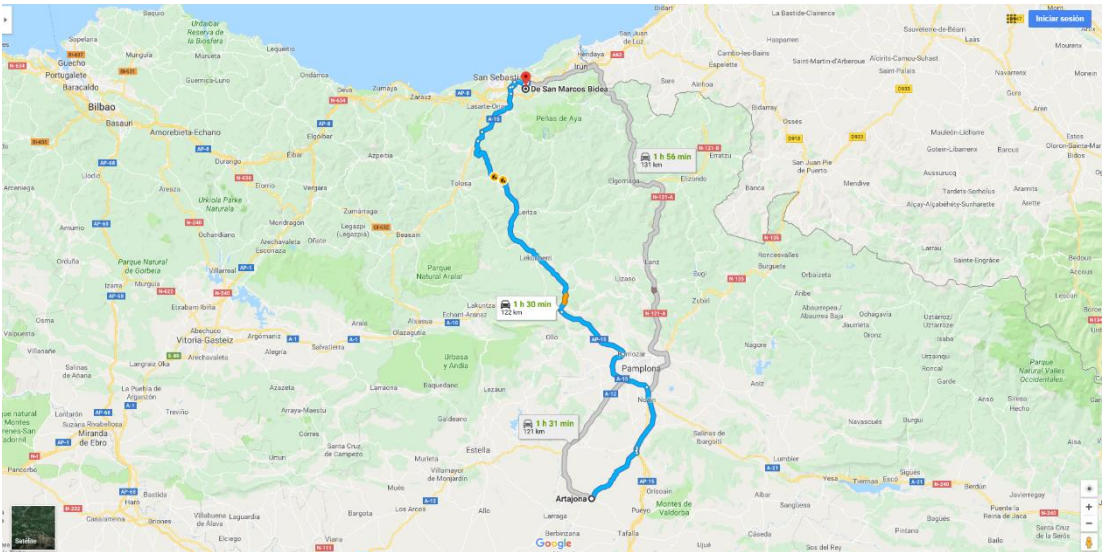
✓ Estación de transferencia Elgoibar – IB Reciclaje



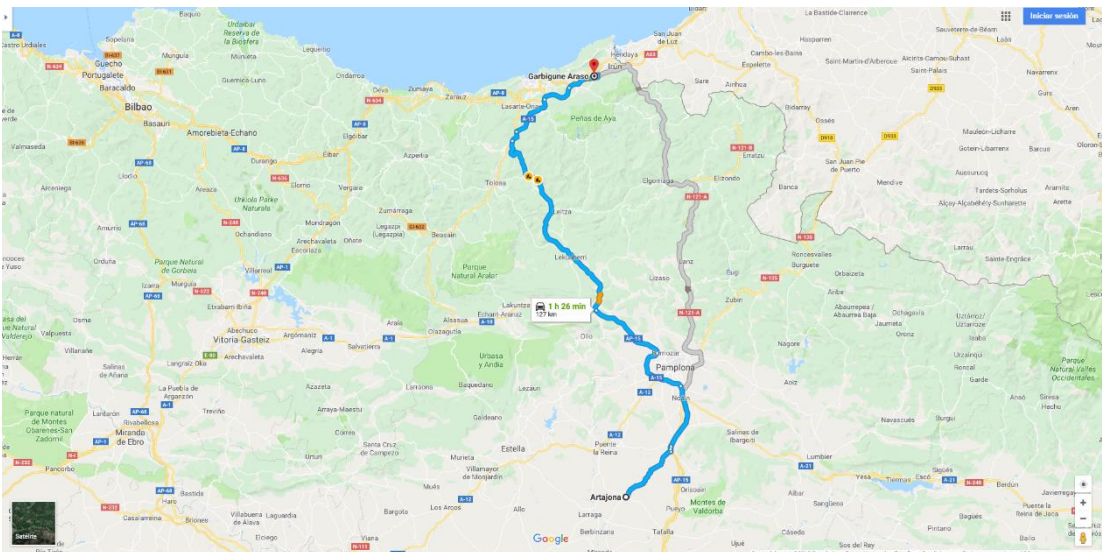
✓ Estación de transferencia Sasieta – IB Reciclaje



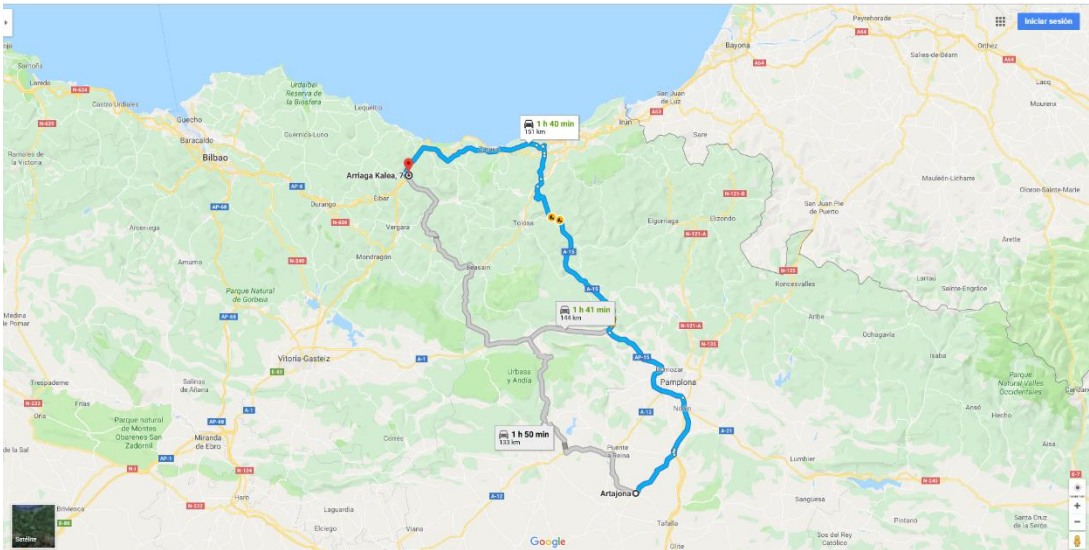
✓ Estación de transferencia San Markos – Ecofert



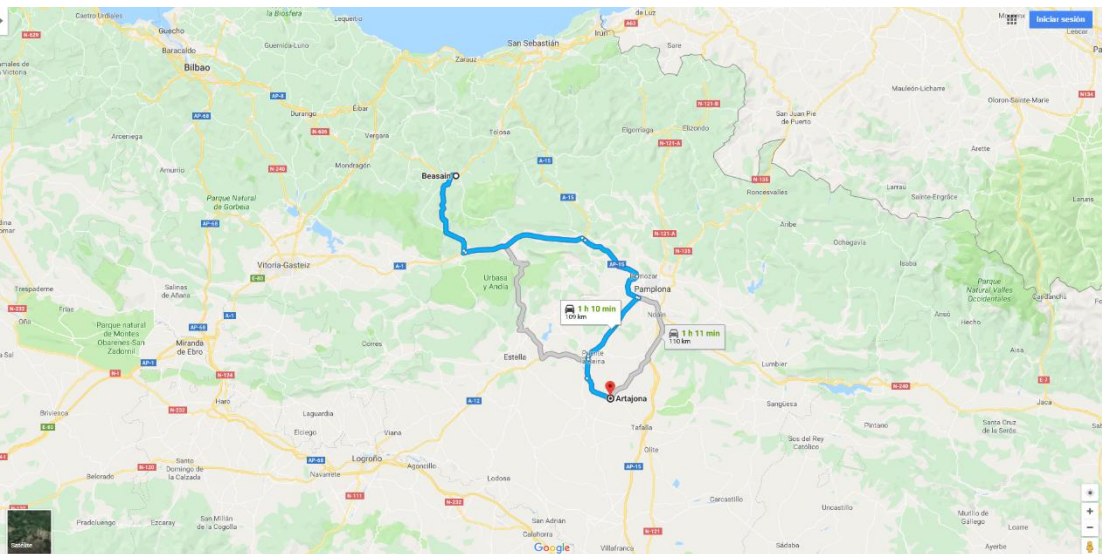
✓ Estación de transferencia Txingudi – Ecofert



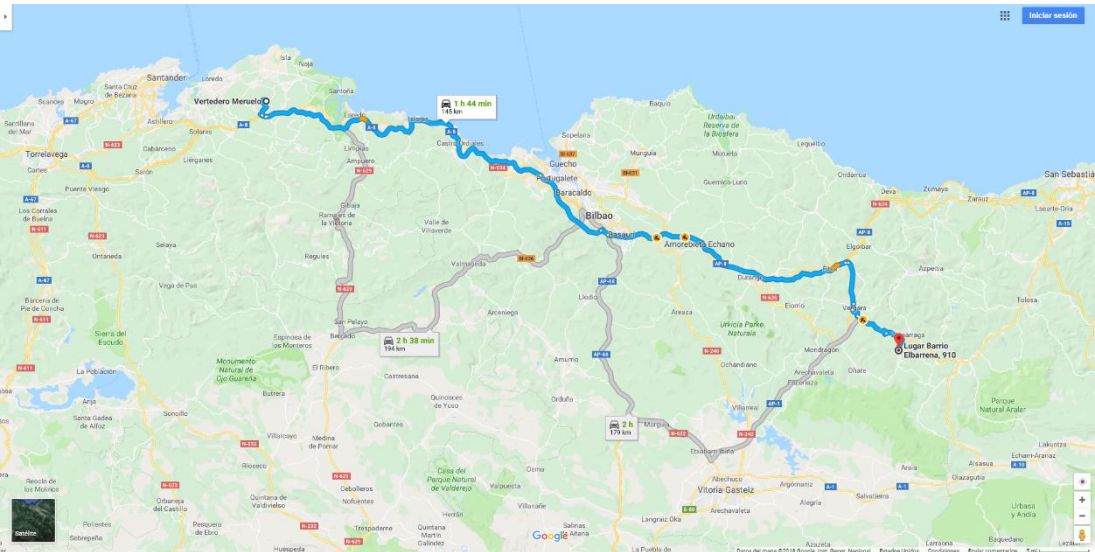
✓ Estación de transferencia Elgoibar – Ecofert



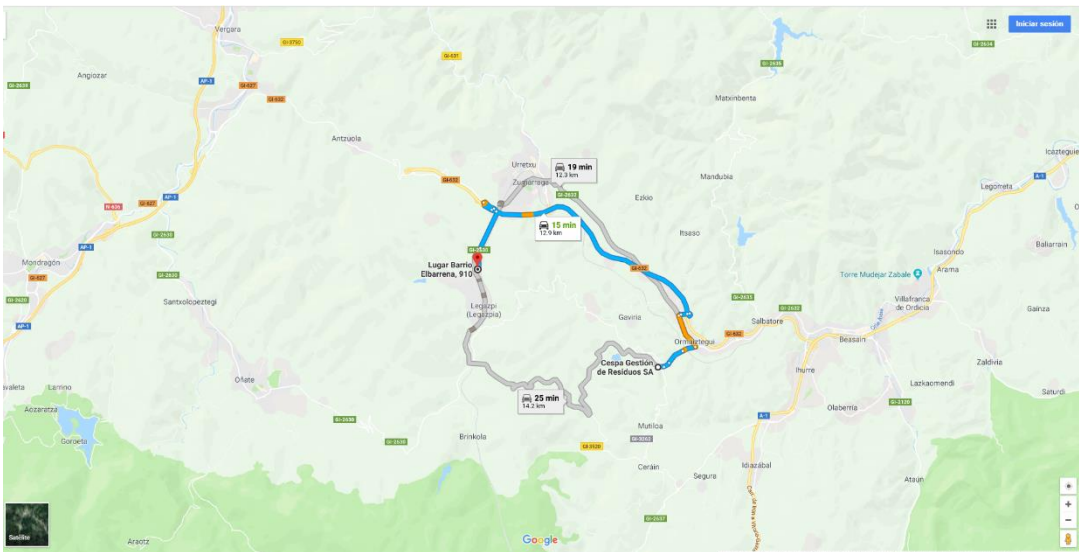
✓ Estación de transferencia Sasieta – Ecofert



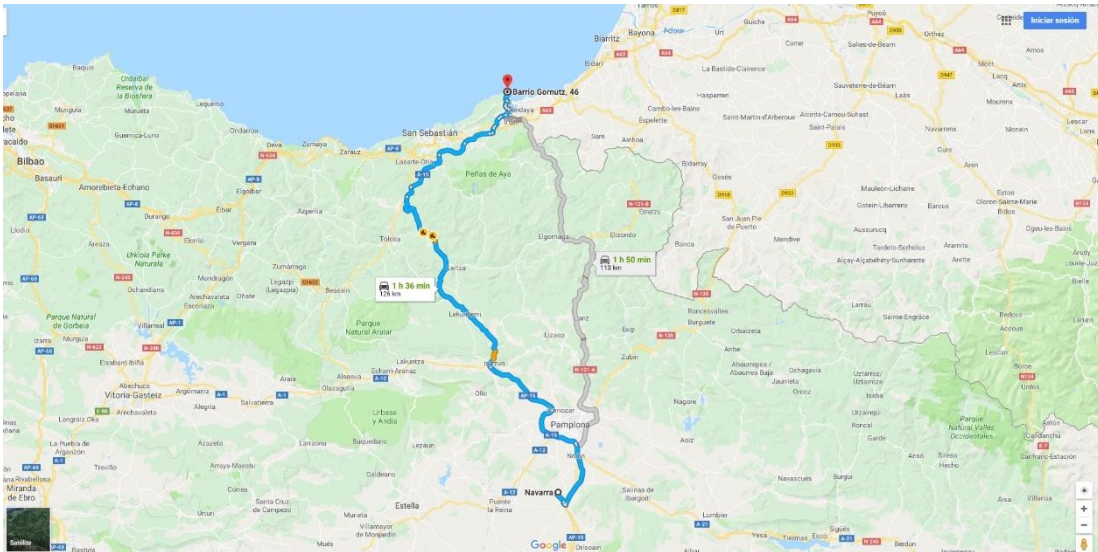
✓ Planta de envases Legazpi – Meruelo



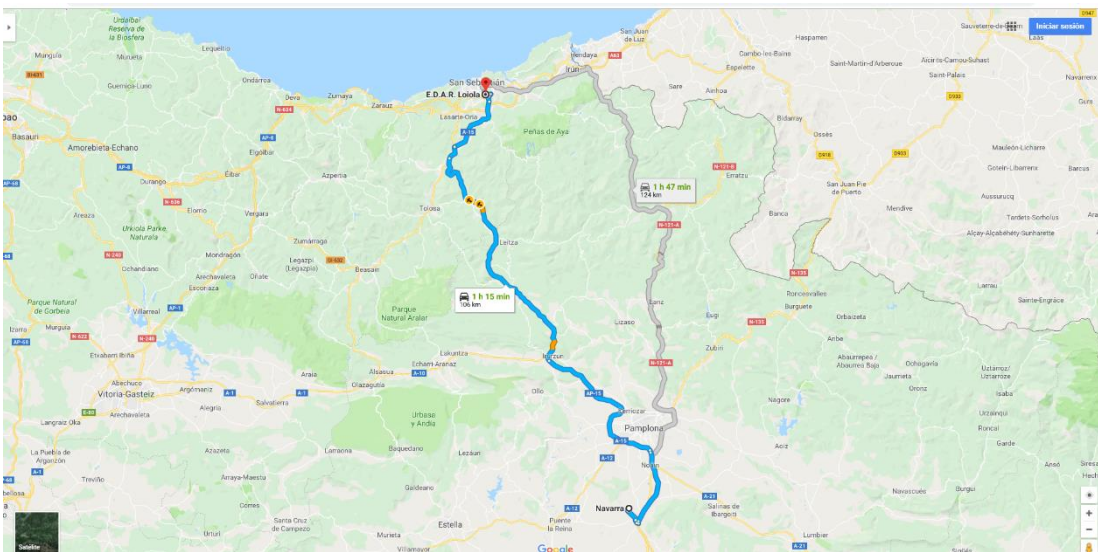
✓ Planta de reciclaje de Legazpi – Mutiloa



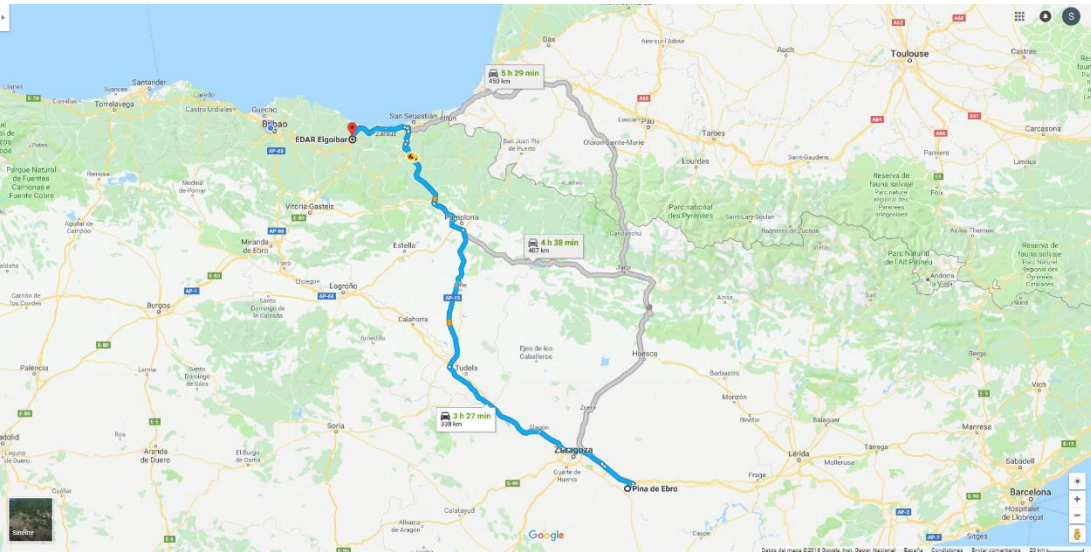
✓ Servicios de Txingudi – Navarra Norte



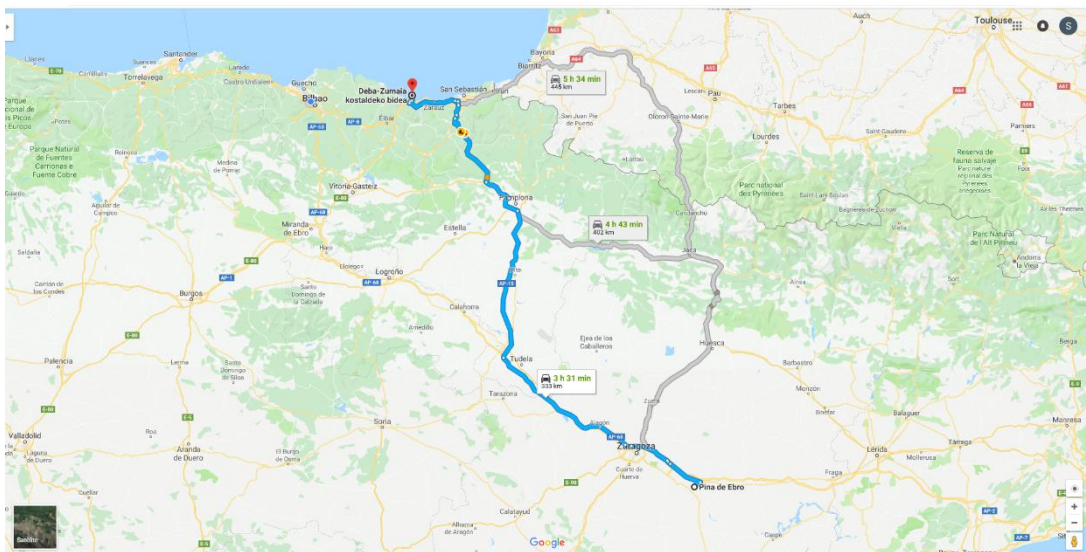
✓ Aguas del Añarbe – Navarra



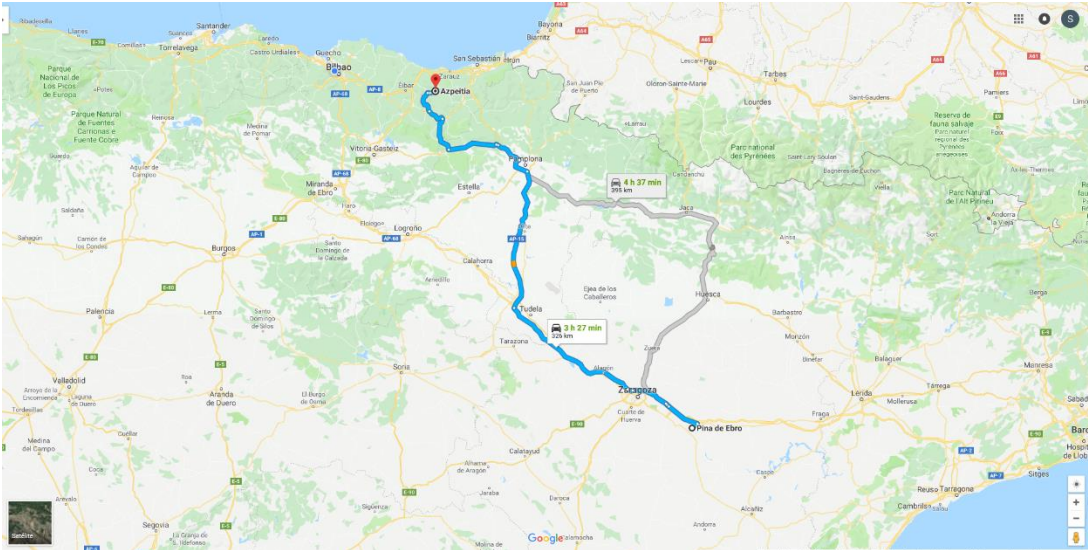
✓ EDAR Elgoibar – Pina de Ebro



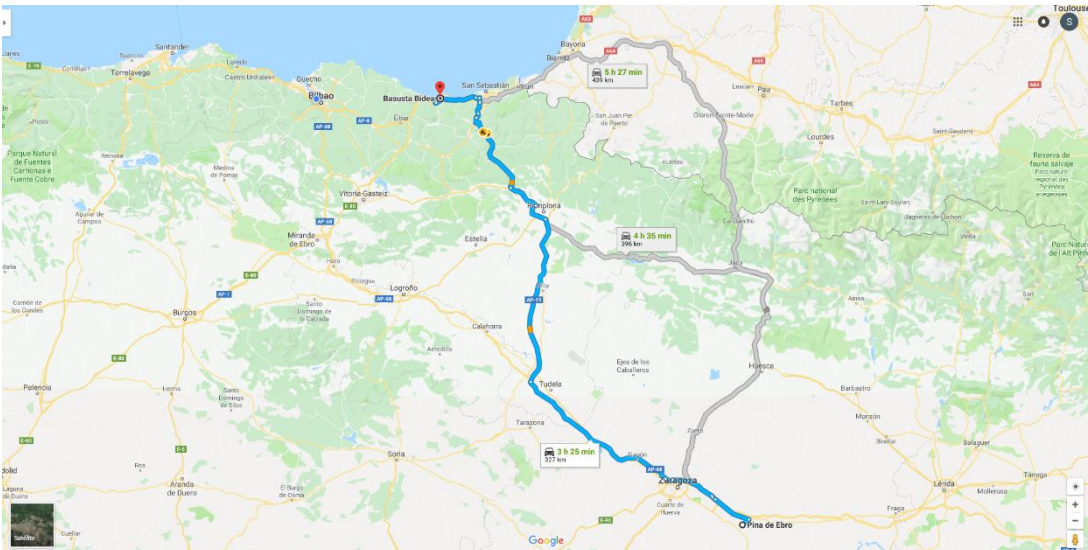
✓ EDAR Arronamendi – Pina de Ebro



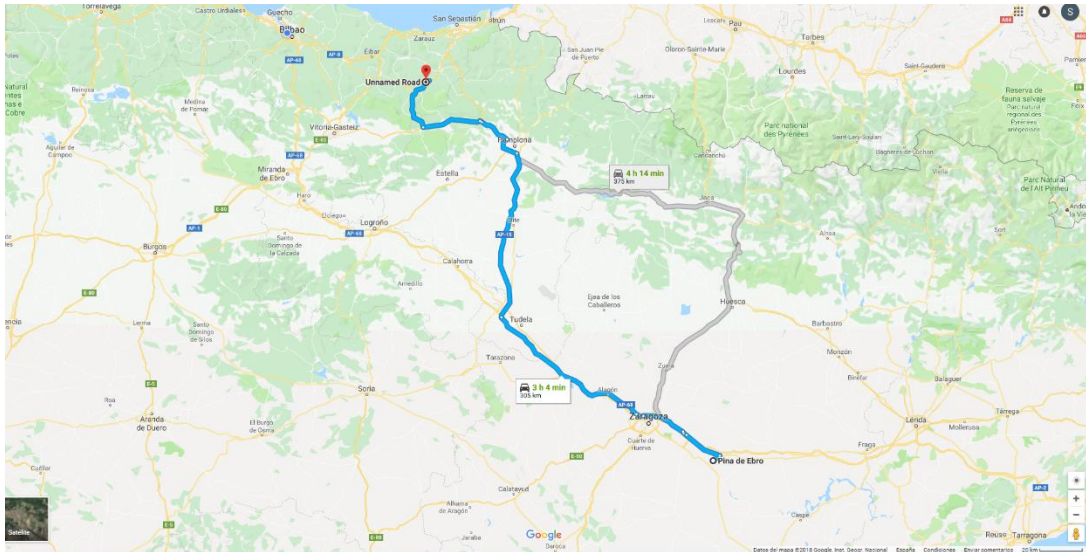
✓ EDAR Badiolegi – Pina de Ebro



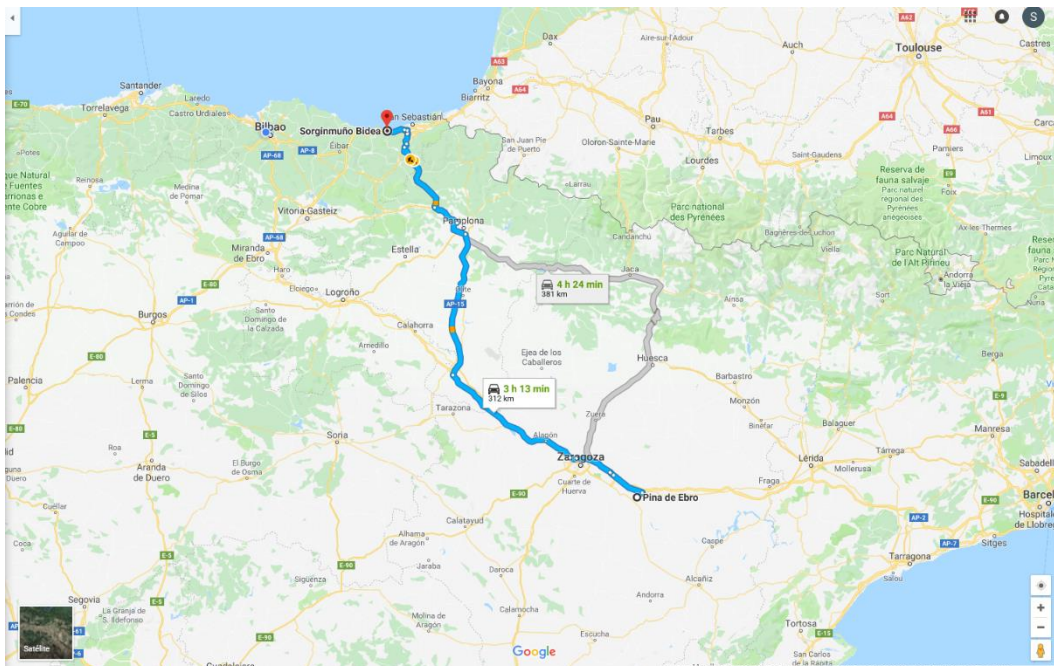
✓ EDAR Zumaia (Basusta) – Pina de Ebro



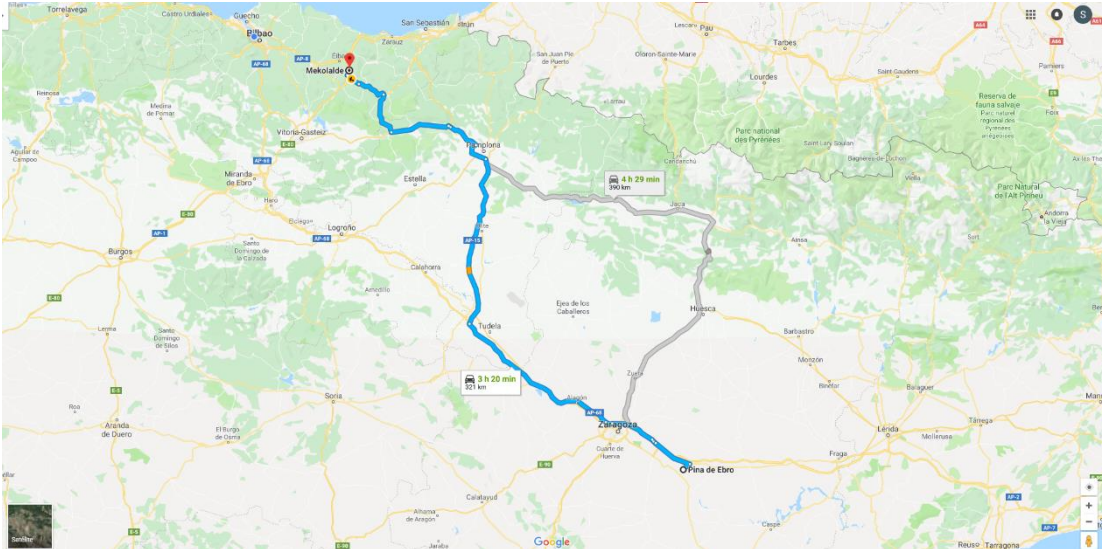
✓ EDAR Gaikao – Pina de Ebro



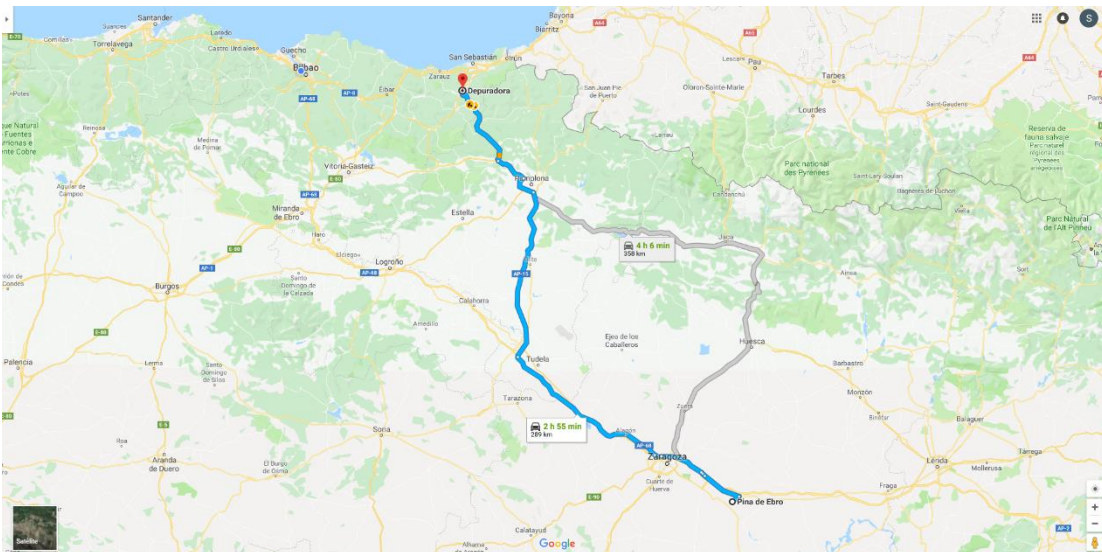
✓ EDAR Zarautz Iñurritza – Pina de Ebro



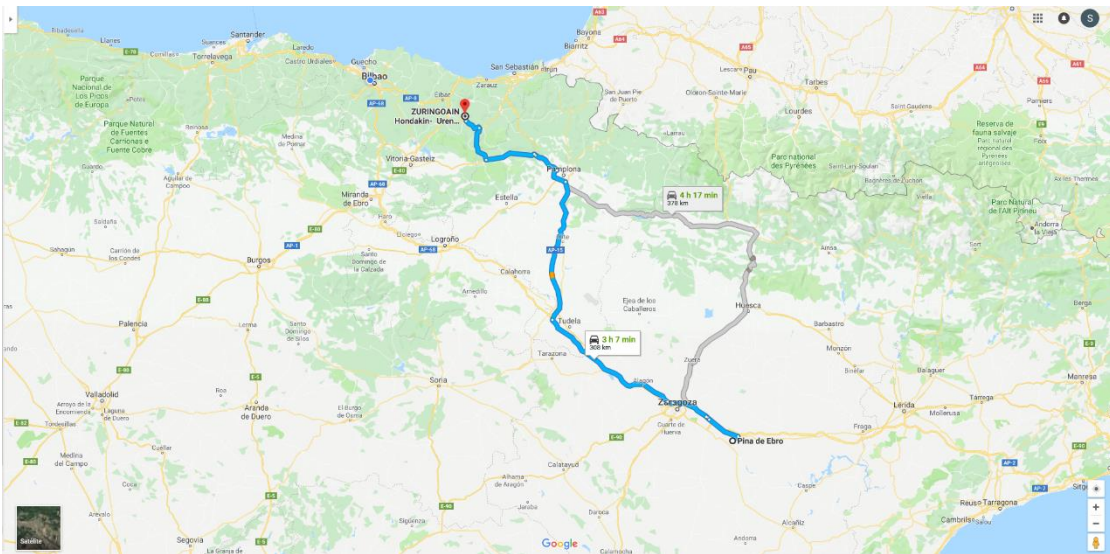
✓ EDAR Mekolalde – Pina de Ebro



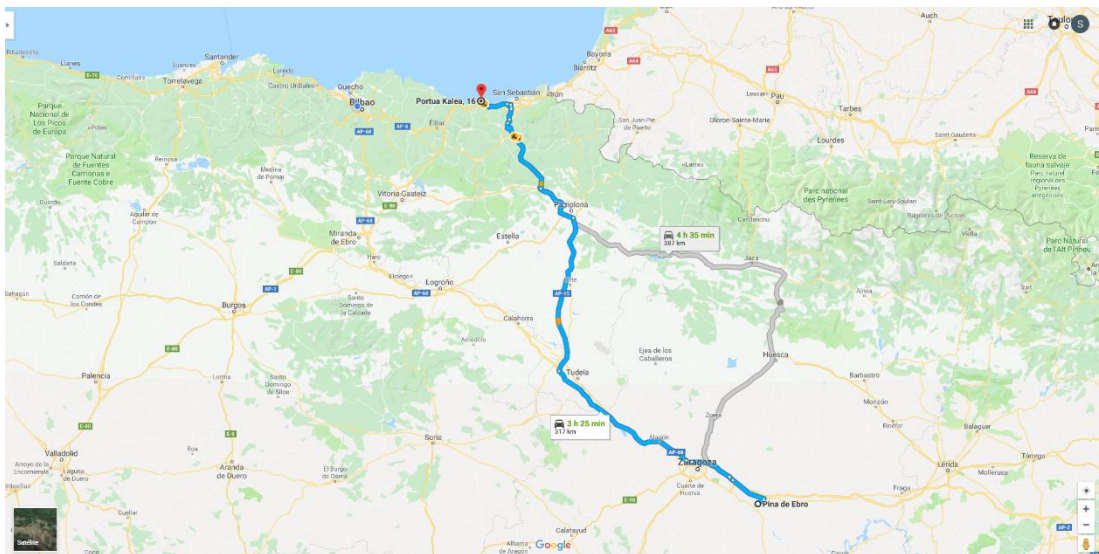
✓ EDAR Aduna – Pina de Ebro



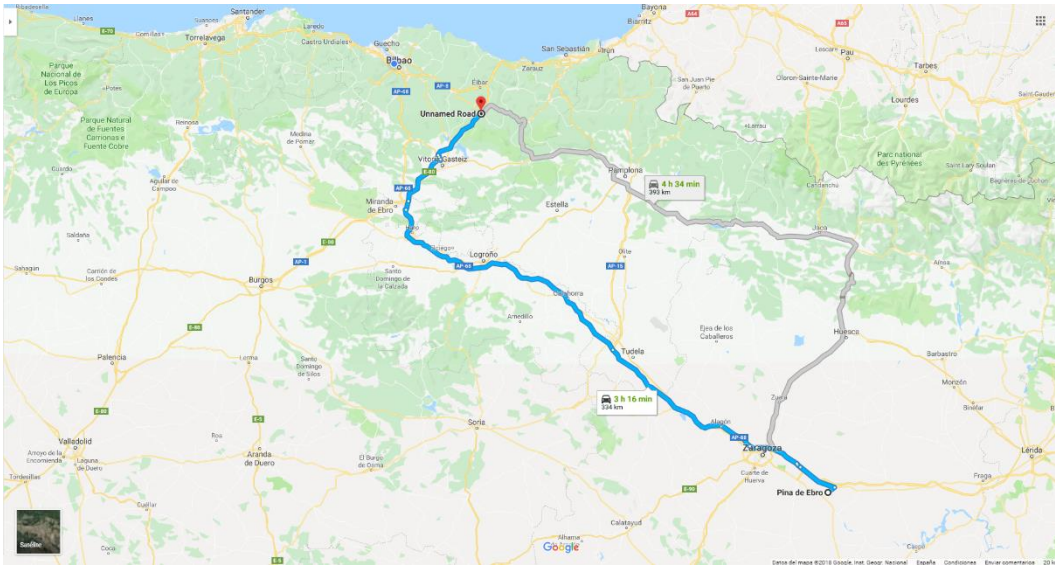
✓ Zuringoain EDAR Uretxu – Pina de Ebro



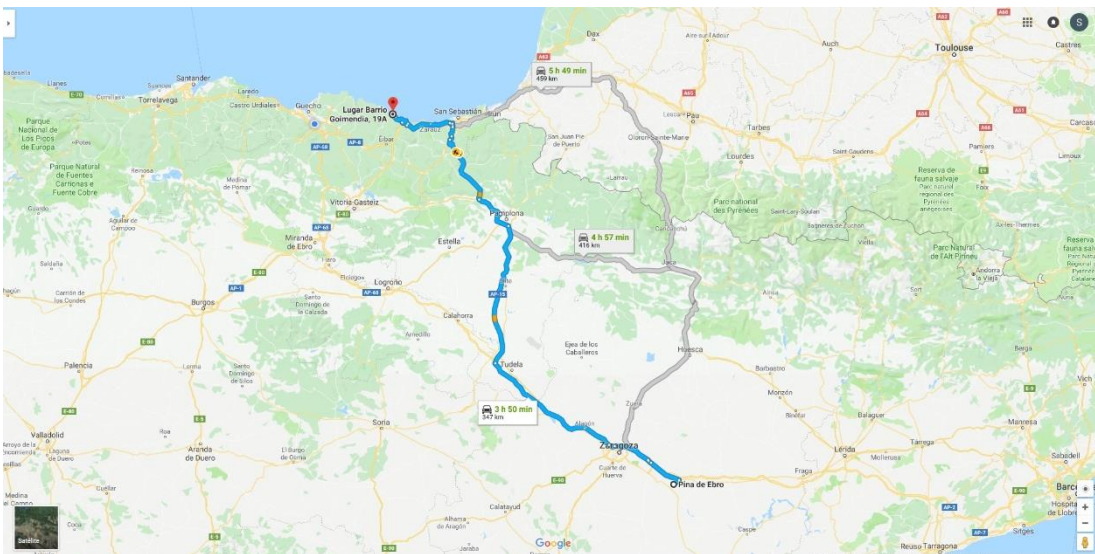
✓ EDAR Getaria – Pina de Ebro



✓ EDAR Epele – Pina de Ebro (consorcio de Aguas)

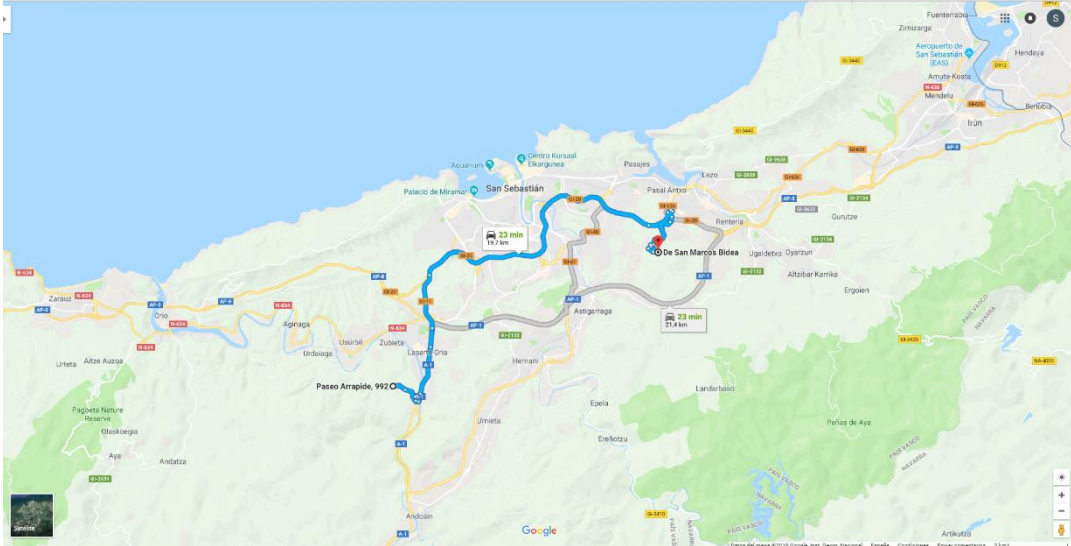


✓ EDAR Mutriku – Pina de Ebro

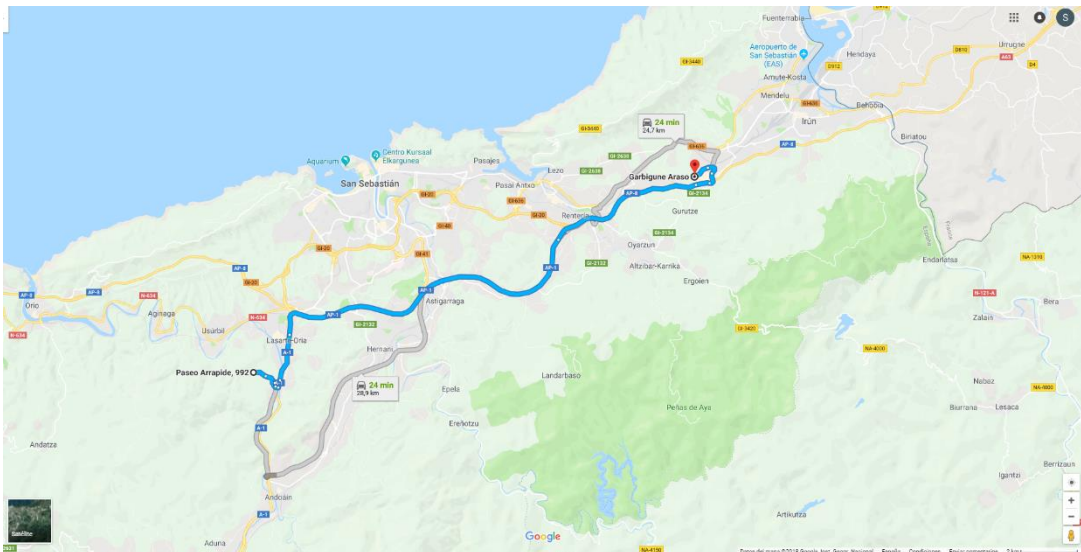


10.1.2. Gestión futura

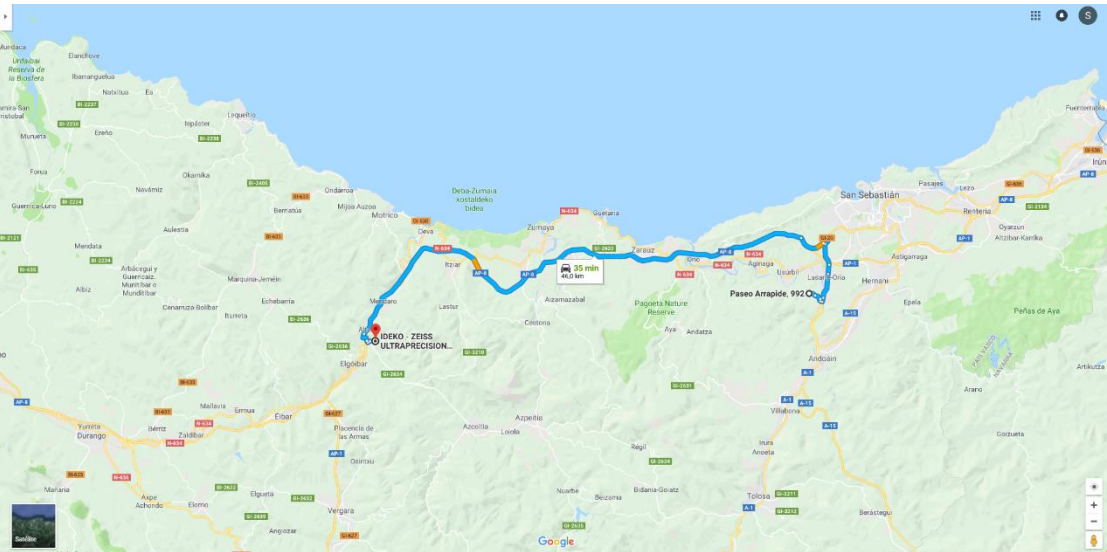
- ✓ Estación San Marcos – CMG



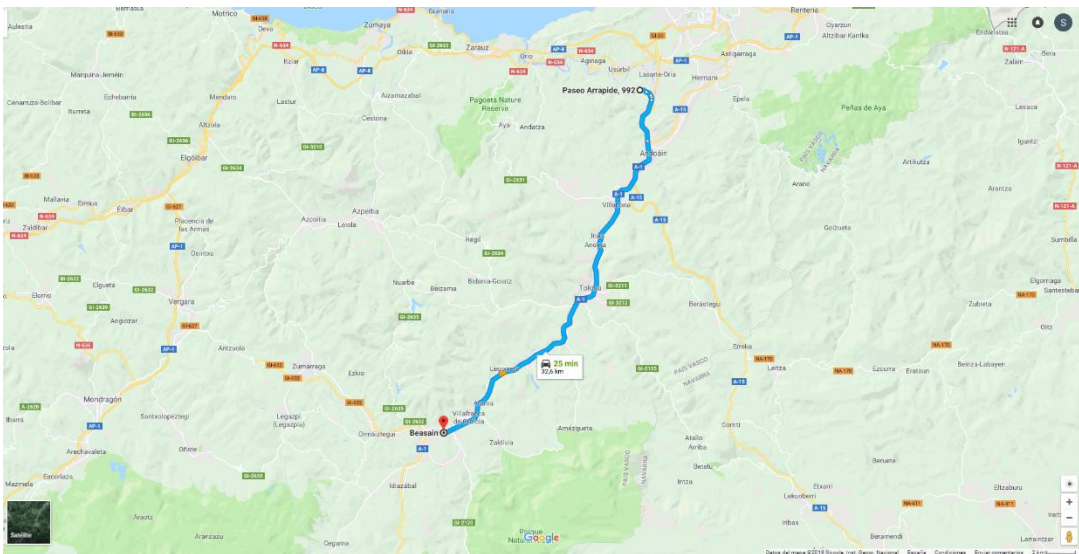
- ✓ Estación de Txingudi – CMG



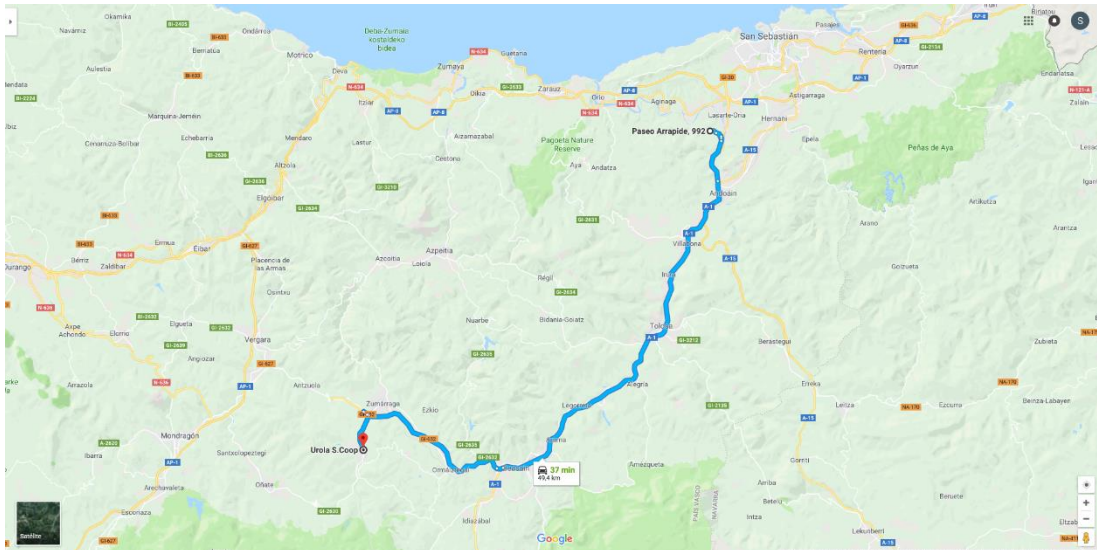
✓ Estación de Elgoibar – CMG



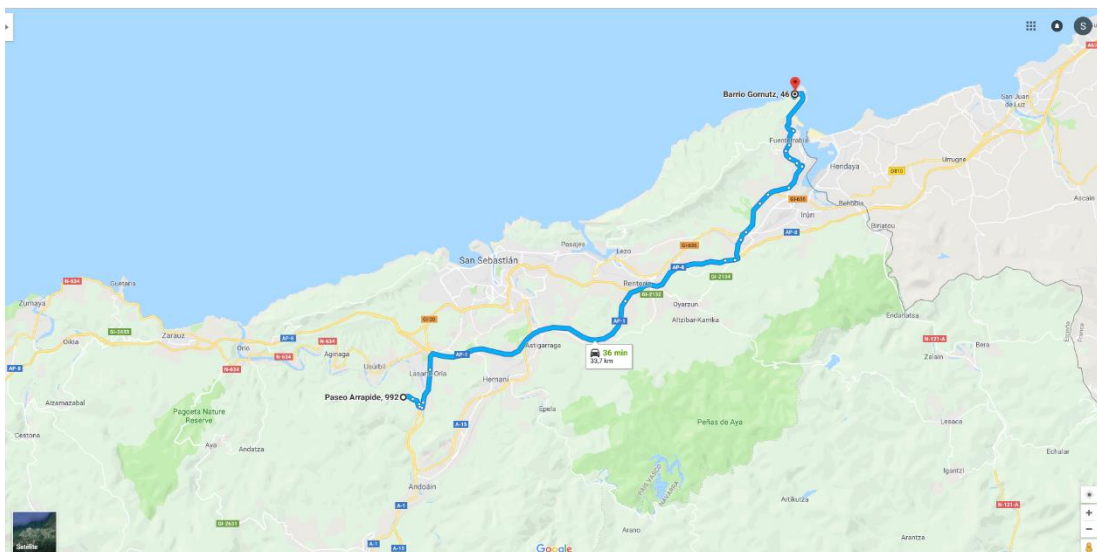
✓ Estación de Sasieta - CMG



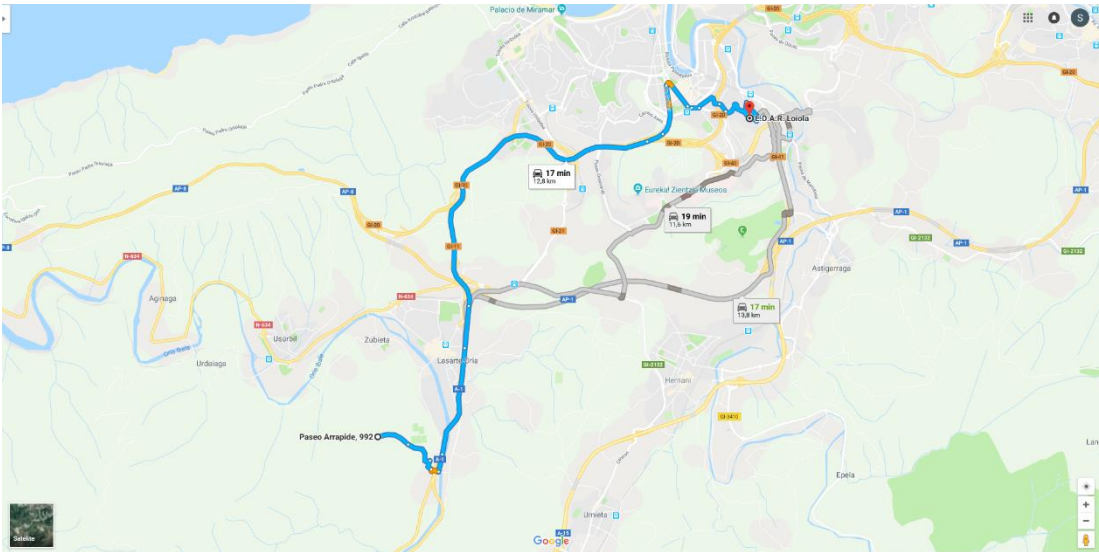
✓ Planta de envases Legazpi – CMG



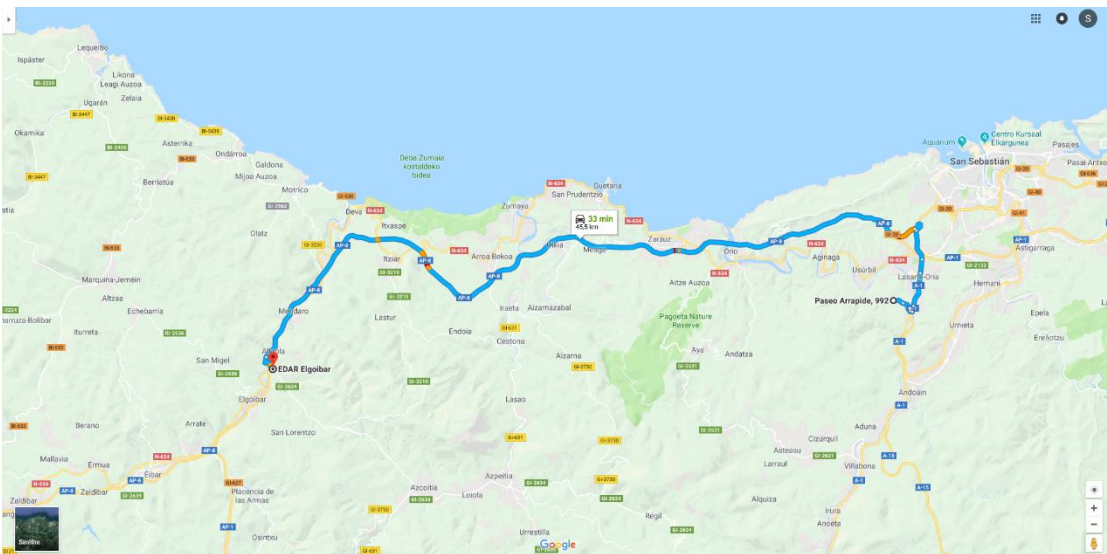
✓ Servicios de Txingudi – CMG



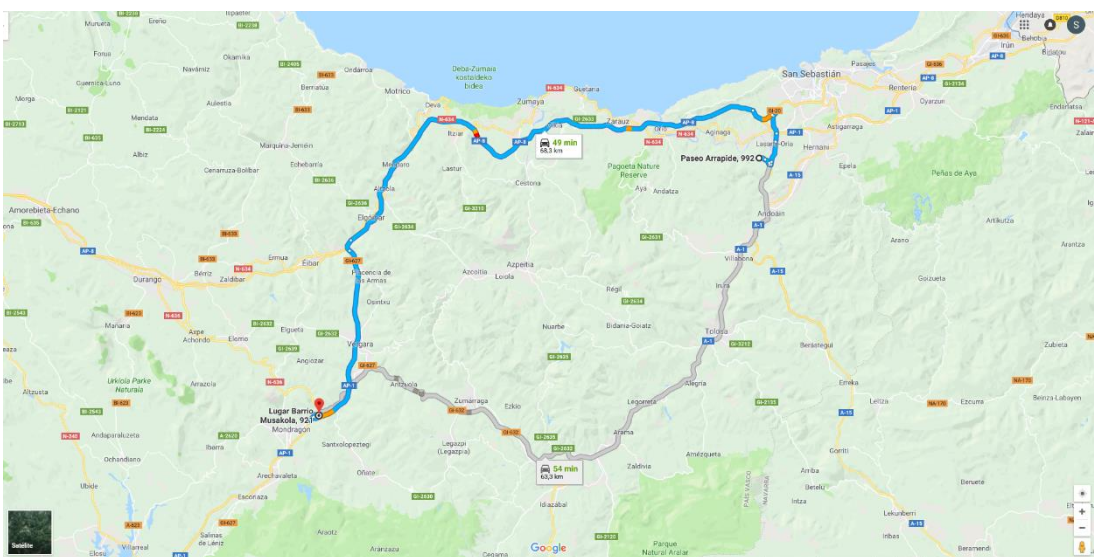
✓ Aguas del Añarbe – CMG



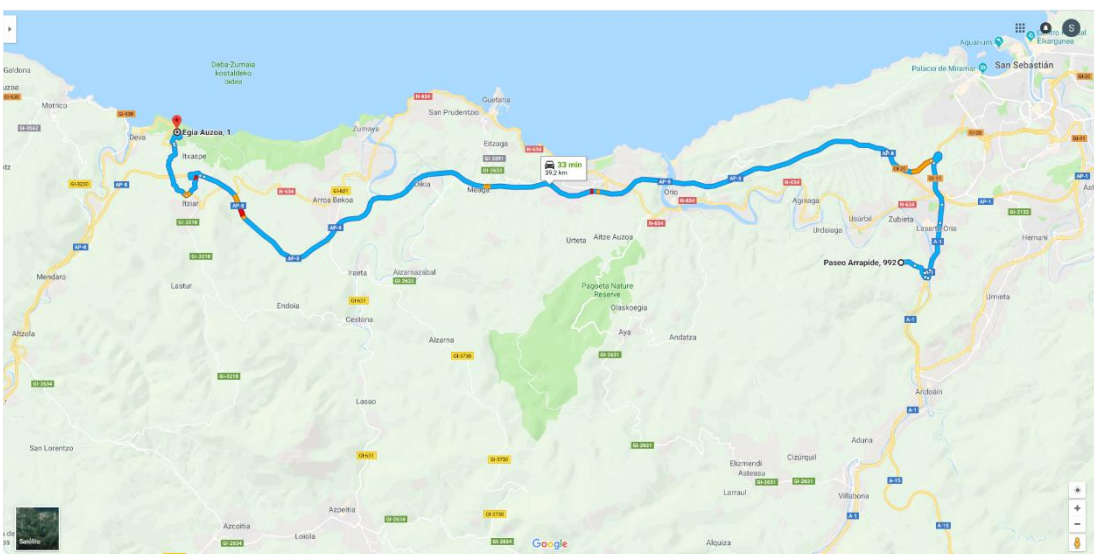
✓ EDAR Elgoibar - CMG



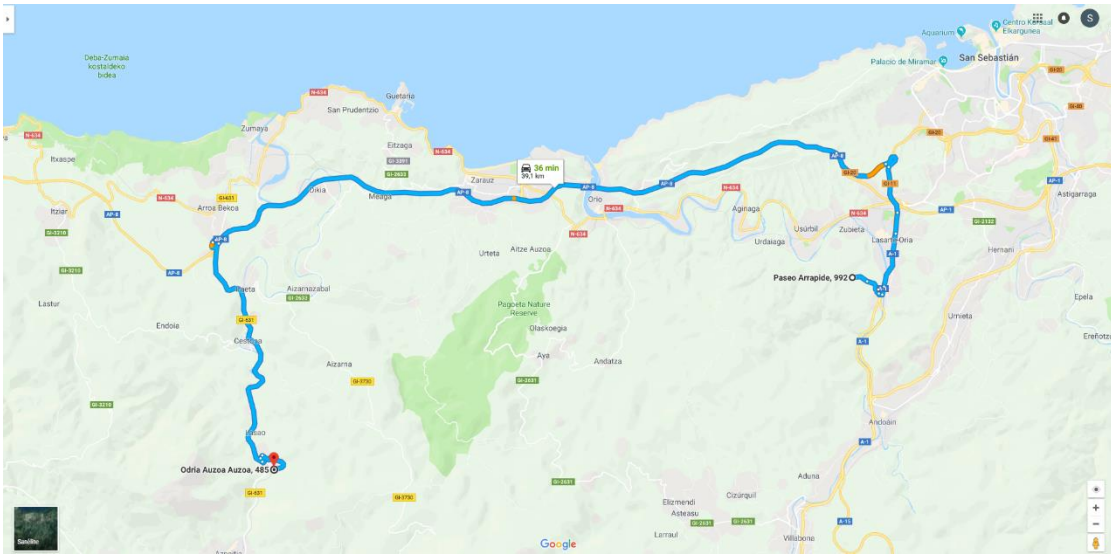
✓ EDAR Epele – CMG



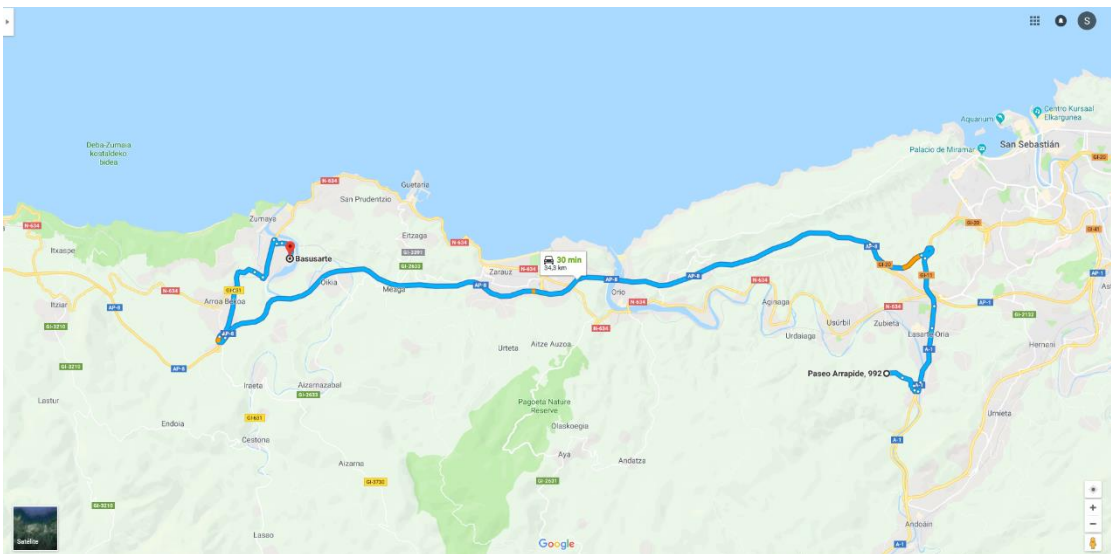
✓ EDAR Deba – CMG



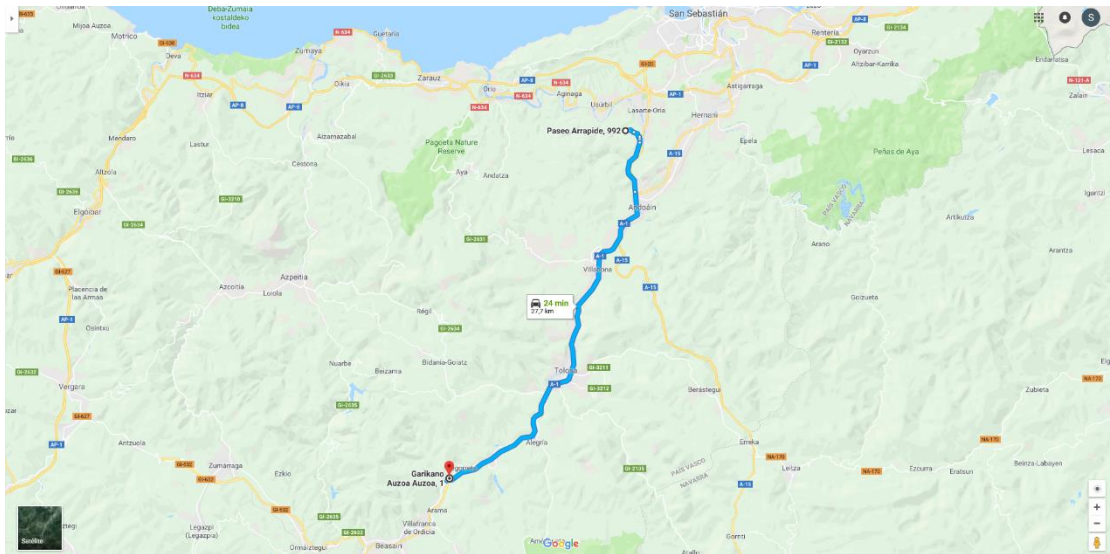
✓ EDAR Azpeitia (Badiolegi) - CMG



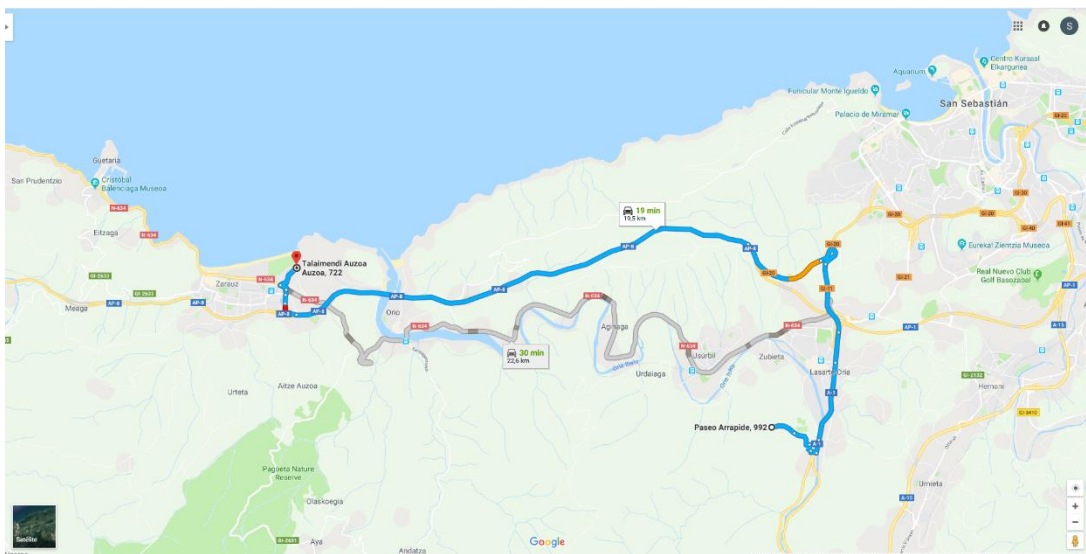
✓ EDAR Zumaia (Basusta) – CMG



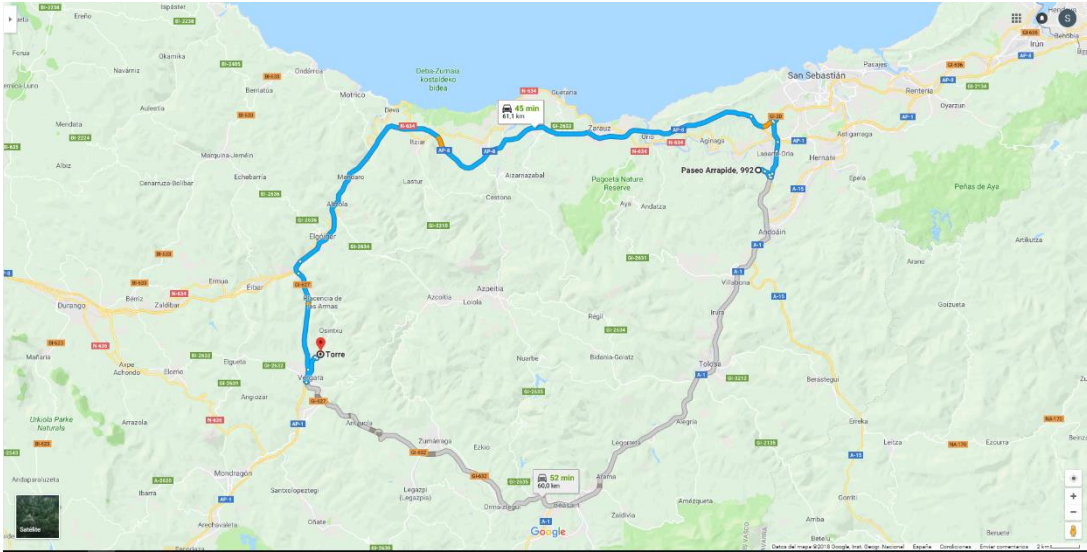
✓ EDAR Legorreta (Gaikao) – CMG



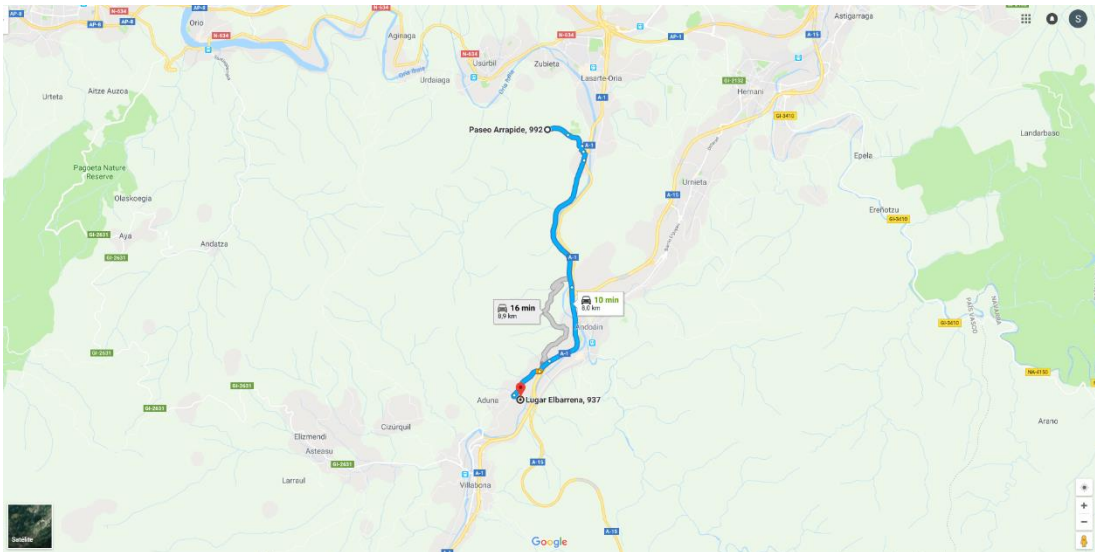
✓ EDAR Zarautz (Iñurritza) – CMG



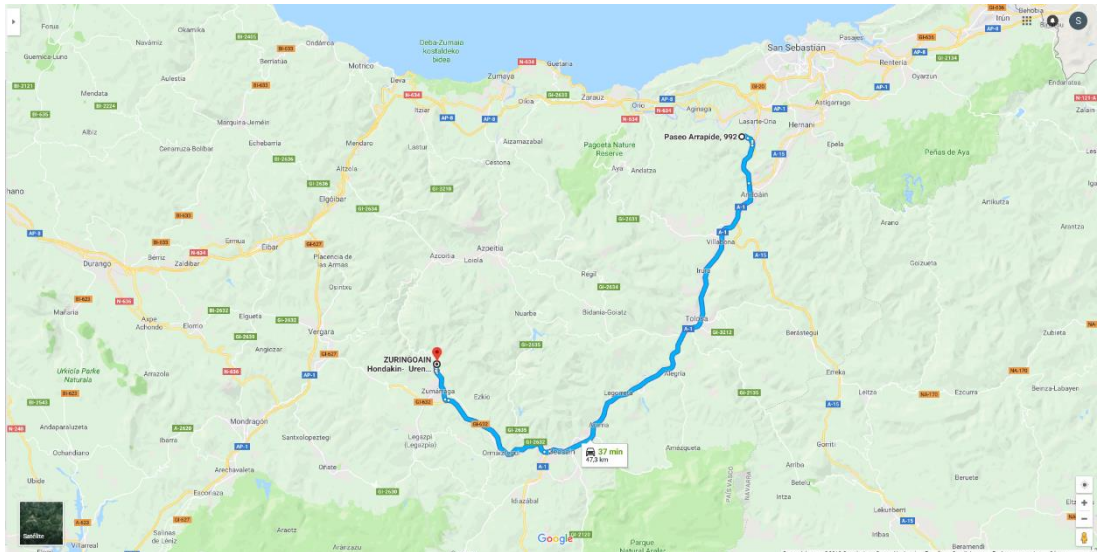
✓ EDAR Bergara – CMG



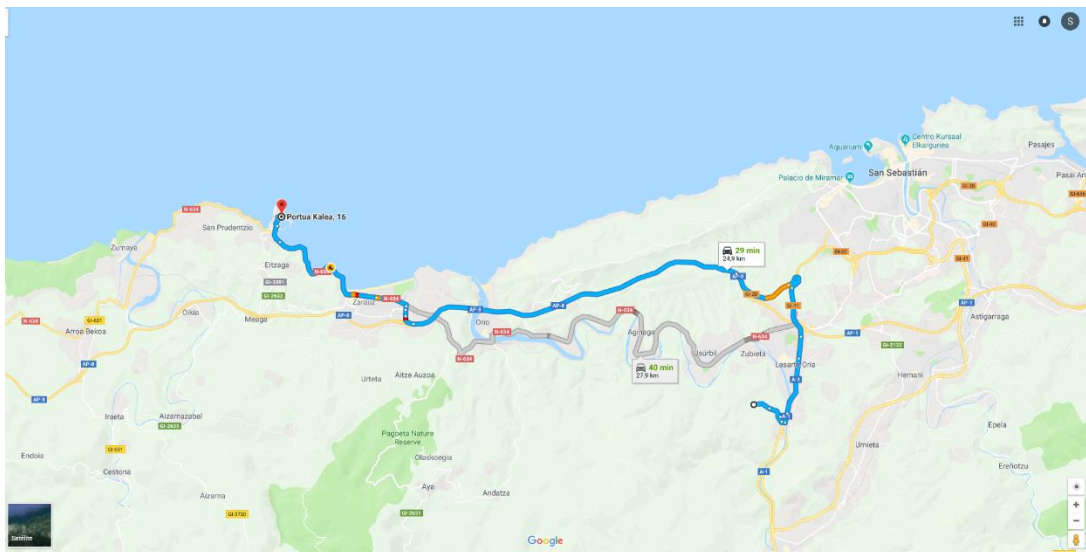
✓ EDAR Aduna (Uralde) – CMG



✓ EDAR Urretxu Zumarraga (Zuringoain) – CMG



✓ EDAR Getaria – CMG



✓ EDAR Mutriku – CMG

