



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

OPTIMIZACIÓN DE RUTAS TRANSPIRENAICAS DE  
TRANSPORTE DE MERCANCÍAS EN NAVARRA:  
CRITERIOS ECONÓMICOS Y MEDIOAMBIENTALES

Miguel Ángel Sola Freire

Javier Faulín Fajardo

Pamplona, 21 de Noviembre de 2011









# AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer, a las personas que aparecen a continuación, la ayuda prestada en la elaboración de este proyecto. A Javier Faulín, tutor de este proyecto, que ha demostrado su experiencia en el tema y su capacidad de asesoramiento en todo tipo de cuestiones. A Fernando Lera, por su consejo en temas económicos. A Jaime Villanueva, Gerente de la Asociación Navarra de Empresarios de Transporte por Carretera y Logística, por su importante ayuda en la obtención de datos y su consejo en el tratamiento del parque distribuido de vehículos de España, así como su disposición a ayudarme con cuantas cuestiones le planteaba. A Fernando González, miembro del Servicio de Conservación de la Dirección General de Obras Públicas del Gobierno de Navarra, por permitirme la utilización de la información de velocidades y pendientes de las vías principales estudiadas y sus explicaciones de la metodología seguida en la obtención de estos, por parte del personal de su departamento. A Haizea Sola, miembro del Área de Arquitectura e Ingeniería Rural de la delegación navarra de TRAGSATEC, por facilitarme datos e información sobre las estaciones meteorológicas ubicadas en Navarra y su información al respecto. Al Servicio de Calidad Ambiental, Sección de Inspección, Calidad del Aire y Cambio Climático del Departamento de Desarrollo Rural Y Medio Ambiente del Gobierno de Navarra, por aportar los datos de las estaciones de medición de contaminantes en el aire situadas en Navarra. A Esteban de Paz, por su trabajo previo de investigación (método AHP y poblaciones de paso) en el grupo de trabajo de la UPNA, con el que colaboramos. A Jonathan Rubio, Ingeniero del Complejo Industrial Tarragona (REPSOL) y buen amigo, por su ayuda en temas de combustible y características de derivados de los mismos.

Además de a quien se ha nombrado, creo conveniente agradecer a todas las personas que han contribuido de una manera u otra, al desarrollo y publicación de este proyecto final de carrera. Gracias.







## ÍNDICE

Índice	1
Introducción.	7
1. Logística y medioambiente.	11
1.1 Coste económico del transporte.	11
1.1.1 Costes Directos del Transporte de Mercancías por Carretera.	11
1.1.1.1 Metodología de cálculo. Parámetros del estudio.	12
1.1.1.2 Costes directos de tres tipos característicos de transporte de mercancías.	14
1.1.1.3 Índices para la actualización de la estructura de costes.	20
1.1.1.4 Otros conceptos.	21
1.1.1.5 Criterios de eficiencia para mejorar los costes.	21
1.1.2 Gestión del combustible.	24
1.1.2.1 Ventajas de una adecuada gestión del combustible.	24
1.1.2.2 Establecimiento de un sistema de control de combustible.	25
1.1.2.3 Medidas para el ahorro de carburante.	26
1.1.2.4 Mantenimiento y renovación de vehículos.	29
1.1.2.5 La conducción eficiente.	30
1.2 Contaminación del medioambiente producida por el transporte de mercancías.	33
1.2.1 Las emisiones de gases y el transporte por carretera.	33
1.2.2 Efectos del transporte sobre el medioambiente. Externalidades.	35
1.2.2.1 Consumo de energía.	35
1.2.2.2 Contribución al efecto invernadero.	36
1.2.2.3 Contaminación atmosférica.	36
1.2.2.4 Contaminación acústica. Dispersión del ruido.	39
1.2.2.5 Ocupación del suelo.	43
1.2.3 Compensación de externalidades.	43
2. Toma de decisiones en Transporte sostenible.	45
2.1 Toma de decisiones y evaluación multicriterio (EMC).	45
2.2 Conceptos y definiciones.	46
2.3 Principales enfoques de la teoría de la Decisión multicriterio.	47
2.4 Problemas decisionales discretos.	47
2.5 Análisis multicriterio espacial.	47

2.6	Exposición de métodos para la ponderación de los criterios.	50
2.7	Exposición de métodos para la selección de alternativas.	51
2.8	Método AHP (Proceso de Jerarquía Analítica).	52
2.9	Toma de decisiones multicriterio con ayuda de Sistemas de Información Geográfica.	60
3.	Situación de carreteras de Navarra.	63
3.1	Análisis de la situación actual de la Red de Carreteras.	63
3.1.1	Clasificación y nuevo catálogo de la red.	63
3.1.2	Nueva situación de la red.	64
3.1.3	Características geométricas de la red.	66
3.1.4	Evolución del tráfico.	66
3.1.5	Seguridad vial.	71
3.2	Diagnóstico de la situación actual.	73
3.2.1	Determinación de las necesidades de actuación.	74
3.3	Condicionantes ambientales.	75
3.3.1	Características medioambientales generales.	75
3.3.2	Protección de los recursos naturales en Navarra.	77
3.3.2.1	Red de Espacios Naturales Protegidos.	77
3.3.2.2	Especies de fauna y flora amenazadas.	81
3.3.2.3	Protección de El Camino de Santiago.	82
3.4	Evaluación ambiental estratégica.	83
3.4.1	Consideraciones generales.	83
3.4.2	Tramitación administrativa.	85
3.4.3	Contenido de la Declaración de Incidencia Ambiental.	86
3.4.4	Ejemplo de EIA: Estudio de Incidencia Ambiental de Navarra del III Plan director de carreteras de Navarra.	90
4.	Descripción del problema y metodología.	91
4.1	Origen y descripción del problema.	91

4.1.1	El transporte en los Pirineos.	92
4.1.2	Descripción de las alternativas.	96
4.2	Desarrollo del Proyecto y metodología utilizada.	101
4.2.1	Estudio Económico.	102
4.2.1.1	Costes directos.	102
4.2.1.2	Análisis de velocidad de las vías.	103
4.2.1.3	Análisis de la pendiente de las vías.	104
4.2.1.4	Método AHP del estudio económico.	105
4.2.2	Estudio de la emisión de gases contaminantes.	105
4.2.2.1	Programa para el análisis de gases contaminantes. COPERT.	105
4.2.2.2	Metodología y datos empleados para importar en COPERT.	111
4.2.3	Estudio de contaminación acústica.	115
4.2.3.1	Aspectos utilizados para el estudio de contaminación acústica.	115
4.2.3.2	Análisis, evaluación y estudio de los registros acústicos.	117
4.2.4	Método AHP económico y medioambiental.	117
5.	Tratamiento de datos y solución del problema.	119
5.1	Estudio económico.	119
5.1.1	AHP económico y datos totales.	128
5.2	Estudio de la emisión de gases contaminantes y datos totales.	138
5.3	Estudio de la contaminación acústica y datos totales.	152
5.4	AHP económico y medioambiental. Datos totales finales.	156
6.	Conclusiones.	165
6.1	Análisis de resultados.	165
	Bibliografía escrita.	175
	Bibliografía web.	177
	Anexos.	181
	Anexo 1: Datos del subcriterio: Costes directos.	181
	Anexo 2: Datos del subcriterio: Velocidades.	185
	Anexo 3: Datos del subcriterio: Pendientes.	191
	Anexo 4: Datos del criterio: Económico (método AHP económico).	197

Anexo 5: Datos del criterio: Contaminación de gases.	201
Anexo 6: Datos del criterio: Contaminación acústica.	209
Anexo 7: Datos del método AHP final. Económico y medioambiental.	221







# INTRODUCCIÓN

En multitud de ocasiones, se han elaborado trabajos encaminados a analizar el impacto ambiental del tráfico que circula por las infraestructuras existentes. Entre todos ellos, y más concretamente en el grupo de trabajo de la Universidad Pública de Navarra en el que colaboro en estos momentos, se han centrado en el transporte transpirenaico sostenible.

En este proyecto, se pretende dar una respuesta más acorde con la realidad, que el mero hecho de analizar rutas ecológicas. Se pretende dar una respuesta real al problema planteado por una empresa que necesite tomar una decisión sobre las diferentes alternativas para desplazarse desde Pamplona hacia Francia y mantener así una ruta de transporte principal que satisfaga sus necesidades.

Entre las necesidades de esta empresa, se encuentran por un lado la viabilidad económica de la ruta comercial (básico para cualquier negocio), y por otra el mantenimiento de su responsabilidad social corporativa, hasta ahora muy preocupada por el impacto que se genera en el medio ambiente y las personas (en aumento actualmente). La peculiaridad de este trabajo, reside en que para dar una respuesta real a este planteamiento, no podemos solo centrarnos en el tema medioambiental, sino que debemos compaginarlo con el económico, porque si no el estudio sería solo meramente informativo y carecería de aplicación práctica.

Las elecciones de las alternativas del proyecto, se retoman de estudios anteriores del grupo de investigación anteriormente citado, pero los estudios económicos y ambientales son una novedad que puede aportar valiosa información para el equipo de trabajo.

Para llevar a cabo este proyecto, se realizarán estudios detallados en el apartado económico. Se tendrán en cuenta análisis en las rutas que reflejen el coste del combustible para recorrerlas, así como el impacto sobre este coste que tienen las características de sus vías principales en relación a la velocidad permitida de circulación y la pendiente ascendente que sufren los vehículos al recorrerlas.

En relación al estudio medioambiental, se diferenciarán dos tipos de contaminación, por un lado la que generan como emisión de gases en el escape los vehículos al quemar el combustible fósil en sus motores (impacto en el medio y las personas) y por otro, la emisión de ruido que se genera por el paso de los vehículos cerca de poblaciones habitadas (más centrada en el impacto a las personas).

Estos estudios, que se desarrollarán en detalle para las cinco alternativas tenidas en cuenta en el presente proyecto, deben ser aunados, a fin de poder tomar una decisión de cuál es la mejor para los intereses de nuestra empresa ficticia.

Para ello, se escogerán los criterios más adecuados (económico, contaminación de gases y contaminación acústica) que permitan poder realizar comparaciones entre las diferentes alternativas en función de estos. Finalmente, por medio de técnicas de Toma de Decisiones Multiatributo (TDMA) se realizará la evaluación de cada alternativa para cada uno de los criterios considerados, y se identificará la mejor posicionada para resolver el problema.

Para la comparación de las alternativas, se usa el método AHP (Analytic Hierarchy Process - Proceso de Jerarquía Analítica) (Saaty, 1999). Un método que descompone una situación compleja y no estructurada en sus componentes, los ordena en una jerarquía, realiza comparaciones binarias y atribuye valores numéricos, respecto a la importancia relativa de cada criterio, así como de la preferencia de cada alternativa en función de cada criterio considerado. Como resultado final, se consiguen evaluar las diferentes alternativas en función del logro del objetivo propuesto inicialmente, para finalmente tomar la decisión que se considere más oportuna, una vez analizada la jerarquía del problema, y la influencia o el peso de los diferentes criterios sobre la solución final.

Este procedimiento, aparte de utilizarse en la solución final del proyecto, se usa también para convertir los tres subcriterios (coste directo, velocidades y pendientes) de la evaluación económica, en uno solo que conforme el criterio económico. De este modo, se consigue abarcar dos ejemplos de aplicación del método, de forma que el lector quede familiarizado y con pocas dudas sobre un valioso recurso válido para la toma de decisiones, en muchos más ámbitos que el de la logística del transporte de mercancías.

Será, al final del trabajo, donde se analicen todos los resultados obtenidos, a fin de dar una respuesta clara al problema inicialmente planteado.

Es objetivo, también del proyecto, permitir la comprensión final del estudio elaborado y compartirlo abiertamente, a fin de que se posibilite de forma sencilla, mediante el cambio de criterios, alternativas y metas, la elaboración de trabajos (de continuación o nuevos) con la misma metodología y diferentes características, a fin de enriquecer con él la investigación y los estudios en esta u otras universidades.





# 1. LOGÍSTICA Y MEDIOAMBIENTE.

En este tema, se pretende exponer una revisión sobre los puntos principales en los que se basa el desarrollo de este proyecto. Estos puntos, costes económicos y efectos medioambientales, están inevitablemente ligados al sector del transporte de mercancías y a la logística en general. No hay negocio que no se preocupe del tema económico para asegurar su rentabilidad y viabilidad futura. Tampoco se pueden olvidar una empresa, de los temas medioambientales, que por ahora son relativamente voluntarios (dentro de unos límites legales), pero que, quien sabe (las directrices europeas van ya por ese camino) si con el tiempo se convertirán en obligatorias, incluso mediante impuestos directos sobre la contaminación producida u otros medios de penalización.

En este primer tema, se pretende sentar las bases teóricas, que nos lleven a elegir los criterios más importantes que debería tener en cuenta una empresa de transporte de mercancías, a la hora de tomar una decisión tan importante como es, elegir una ruta de entre todas las inicialmente posibles.

## 1.1 Coste económico del transporte.

Se pretende hacer un análisis de los costes económicos que deben soportar las empresas de transporte, para mantener las flotas de vehículos que son necesarios para el desarrollo de su negocio.

Deseamos tener una visión general de los factores que influyen en el ámbito económico y con qué importancia se dan dentro del sistema de costes de una empresa logística.

A continuación se mostrará la metodología utilizada, para los cálculos de los costes directos del transporte, que entre otro tipo de vehículos, se utilizan en el estudio de los tres tipos característicos de vehículos transporte que mejor encajan en los que vamos a estudiar en el presente trabajo (datos mostrados en el apartado 1.1.1.2).

### 1.1.1 *Costes Directos del Transporte de Mercancías por Carretera.*

En este apartado se presentan los costes directos, actualizados a 31 de julio de 2011, de los tres tipos de vehículos de carga más representativos.

Para cada tipo de vehículo se presenta la estructura de costes directos anuales, las características técnicas y de explotación, y las hipótesis de partida.

Los costes del transportista cuando éste aporte únicamente la cabeza tractora (trabajar al enganche) son los de cada tipología descontando todos aquellos que correspondan al semirremolque.

Se puede calcular la estructura de coste del resto de vehículos a partir de los datos reales de cada empresa con el programa informático de simulación de costes ACOTRAM, desarrollado por la Dirección General de Transporte Terrestre.

#### 1.1.1.1 Metodología de cálculo. Parámetros del estudio.

A continuación se realiza una pequeña descripción de los cálculos de los costes directos anuales. Estos costes anuales se calculan con los costes unitarios sin IVA ya que se considera que el IVA resultará neutro para una empresa.

##### AMORTIZACIÓN

Es la suma de los costes anuales de amortización de los diferentes elementos (vehículo de tracción, carrozado del vehículo de tracción, semirremolque, remolque y equipos auxiliares).

La fórmula de cálculo del coste anual de la amortización de un elemento es:

$$A = \frac{C - R - N}{v}$$

donde: A= coste anual de amortización del elemento (euros)

C= valor de adquisición sin IVA del elemento (euros)

R= valor residual sin IVA del elemento (euros)

N= valor sin IVA de los neumáticos del elemento (euros)

v= vida útil del elemento (años)

##### FINANCIACIÓN

Es la suma de los costes anuales de financiación de los diferentes elementos que se hayan comprado (vehículo de tracción, carrozado del vehículo de tracción, semirremolque, remolque y equipos auxiliares).

La fórmula de cálculo del coste anual de financiación de un elemento es la siguiente, suponiendo cuotas anuales:

$$F = \frac{\left( n \cdot \frac{P \cdot i \cdot j}{j-1} \right) - P}{v}$$

donde: F= coste anual de financiación del elemento (euros)

P= préstamo para la compra del elemento (euros)

i= interés en tanto por uno (interés en % dividido por 100)

n= periodo de financiación (años)

v= vida útil del elemento (años)

$j = (1+i)^n$

##### PERSONAL DE CONDUCCIÓN

Es el coste total anual para la empresa del personal de conducción del vehículo, no incluye las dietas ya que se incluyen en otro apartado.

##### SEGUROS DEL VEHÍCULO

Es el coste total anual de los seguros del vehículo.

##### COSTES FISCALES

Es el coste total anual de los costes fiscales repercutibles a este vehículo.

##### DIETAS DEL CONDUCTOR

Es el coste total anual para la empresa de las dietas del personal de conducción del vehículo.



## COMBUSTIBLE

Es la suma de los costes anuales de combustible (vehículo de tracción y equipos).

Como podremos ver, es el mayor coste kilométrico (relacionado con la ruta en sí) en los tres tipos ejemplificados. Es por ello que más adelante, en el presente trabajo se analizará con mayor detalle este concepto.

La fórmula de cálculo del coste anual de combustible es:

$$C = C_v + C_e$$

$$C_v = \frac{pv \cdot cv \cdot k}{100}$$

$$C_e = pe \cdot ce \cdot h$$

donde: C= coste anual de combustible (euros)

$C_v$ = coste anual de combustible del vehículo de tracción (euros)

$C_e$ = coste anual de combustible de los equipos (euros)

pv= precio de adquisición sin IVA del combustible del vehículo de tracción  
(euros / litro)

cv= consumo medio de combustible del vehículo de tracción  
(litros / 100 kilómetros)

k= kilómetros recorridos anualmente por el vehículo de tracción  
(kilómetros)

pe= precio de adquisición sin IVA del combustible de los equipos  
(euros / litro)

ce= consumo medio de combustible de los equipos (litros / hora)

h= horas anuales de funcionamiento de los equipos (horas)

## NEUMÁTICOS

Es la suma de los costes anuales de los diferentes tipos de neumáticos del vehículo.

La fórmula de cálculo del coste anual de un tipo de neumáticos es:

$$N = \frac{p \cdot n \cdot k}{d}$$

donde: N= coste anual de un tipo de neumáticos (euros)

p= precio sin IVA de la sustitución de un neumático de este tipo (euros)

n= número de neumáticos de este tipo

k= kilómetros recorridos anualmente por el vehículo (kilómetros)

d= duración media de este tipo de neumáticos (kilómetros)

## MANTENIMIENTO

Es el coste total anual del mantenimiento del vehículo y de los equipos.

La fórmula de cálculo del coste anual del mantenimiento es:

$$M = m \cdot k$$

donde: M= coste anual del mantenimiento (euros)

m= coste kilométrico sin IVA del mantenimiento del vehículo y de los equipos (euros / kilómetro)

k= kilómetros recorridos anualmente por el vehículo (kilómetros)

## REPARACIONES

Es el coste total anual de las reparaciones del vehículo y de los equipos.

La fórmula de cálculo del coste anual de las reparaciones es:

$$R = r \cdot k$$

donde: R= coste anual de las reparaciones (euros)

r= coste kilométrico sin IVA de las reparaciones del vehículo y de los equipos (euros / kilómetro)

k= kilómetros recorridos anualmente por el vehículo (kilómetros)

### 1.1.1.2 Costes directos de tres tipos característicos de transporte de mercancías.

Para cubrir el total de vehículos que componen una flota de transporte de mercancías, se eligen los ejemplos de la siguiente manera:

En representación de los vehículos de carga ligera (M.M.A. menor o igual a 3500 kg) tomamos una furgoneta (casi inexistentes vehículos pesados).

## FURGONETA

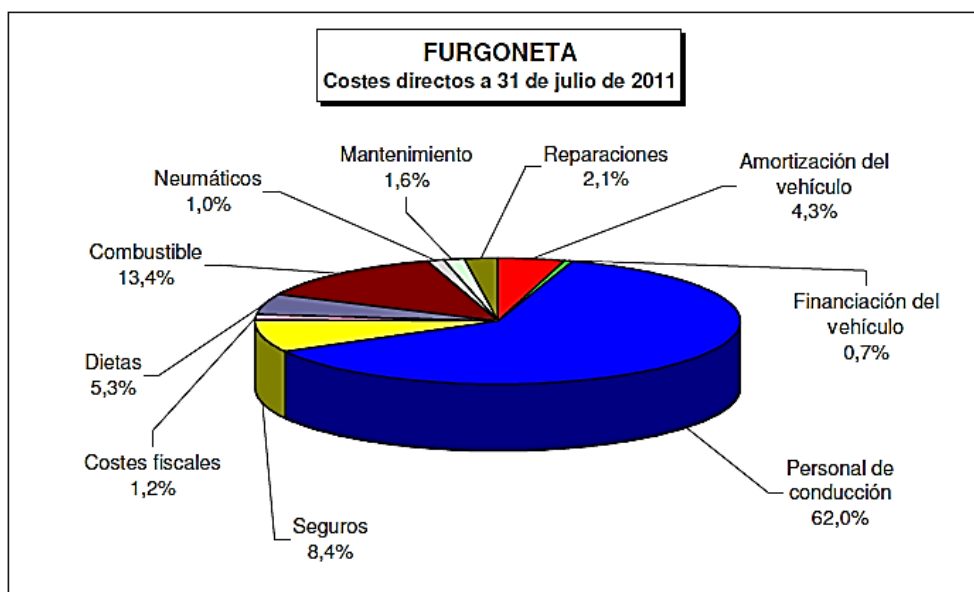
Hipótesis: Furgoneta (MMA=3.500 kg y carga útil=1.500 kg)

Kilómetros anuales recorridos= 50.000

COSTES DIRECTOS ANUALES		
	Euros (€)	Distribución (%)
<b>Costes directos</b>	<b>47.017,60</b>	<b>100,0%</b>
<b>Costes por tiempo</b>	<b>38.521,17</b>	<b>81,9%</b>
Amortización del vehículo	2.034,37	4,3%
Financiación del vehículo	326,13	0,7%
Personal de conducción	29.151,12	62,0%
Seguros	3.940,98	8,4%
Costes fiscales	558,57	1,2%
Dietas	2.510,00	5,3%
<b>Costes kilométricos</b>	<b>8.496,43</b>	<b>18,1%</b>
Combustible	6.279,66	13,4%
Neumáticos	491,77	1,0%
Mantenimiento	740,00	1,6%
Reparaciones	985,00	2,1%

No se calcula el coste por kilómetro por no ser la unidad en la que se abona este tipo de transporte.

Nota: estos costes directos corresponden a la media nacional en las condiciones indicadas de explotación de este tipo de vehículo.



#### DATOS DE PARTIDA

Actualización a 31 de julio de 2011

Características técnicas:			
Furgoneta			
Masa Máxima Autorizada:	3.500 kg		
Carga útil:	1.500 kg		
Número de ejes:	2		
Número de neumáticos:	4		
Características de explotación:			
Kilometraje anual:	50.000 km anuales		
Consumo medio:	12,0 litros/100 km		
Hipótesis:			
Precio de venta según tarifa (sin IVA):	22.486,79 euros	Descuento sobre tarifa:	10 %
Vida útil:	8,0 años		
Valor residual sin IVA sobre el precio de tarifa:	15 %		
Capital a financiar sobre el precio real de adquisición:	100 %		
Periodo de financiación:	5,0 años		
Interés de la financiación (EURIBOR a 1 año + diferencial):	4,183 %	EURIBOR a 1 año:	2,183 %
		diferencial:	2,000 %
Coste anual del conductor (incluida Seguridad Social y otros):	29.151,12 euros		
Coste anual de seguros (Responsabilidad Civil de la furgoneta, seguro de la mercancía, accidente del conductor, retirada de carné y seguro a todo riesgo):	3.940,98 euros	Responsabilidad Civil furgoneta:	1.448,31 euros
		Accidente del conductor:	99,31 euros
		Retirada carné:	107,59 euros
		Seguro mercancías:	82,76 euros
		Daños propios (todo riesgo):	2.203,01 euros
Coste fiscal anual (visados, ITV, IAE e IVTM):	558,57 euros	Visados:	29,57 euros
		ITV:	61,56 euros
		IAE:	303,28 euros
		IVTM:	164,16 euros
Dietas y plus de actividad anuales:	2.510,00 euros	Dieta media:	12,55 euros/día
		Número de días:	200 días
Precio del gasóleo en surtidor (con IVA):	1,265 euros/litro	Descuento:	0,030 euros/litro
Precio medio de un neumático (sin IVA):	147,53 euros/unidad		
Duración media de los neumáticos:	60.000 km		
Coste de mantenimiento (sin IVA):	0,0148 euros/km		
Coste de reparaciones (sin IVA):	0,0197 euros/km		

Ahora, en representación de los vehículos de carga pesada (M.M.A. mayor que 3500 kg) tomamos un vehículo de 2 ejes de carga general (M.M.A de 18000 kg-peso medio) como un caso de camión rígido.

#### VEHÍCULO DE 2 EJES DE CARGA GENERAL

Hipótesis: Vehículo de 2 ejes de carga general (250 CV, MMA=18.000 kg y carga útil=9.500 kg)

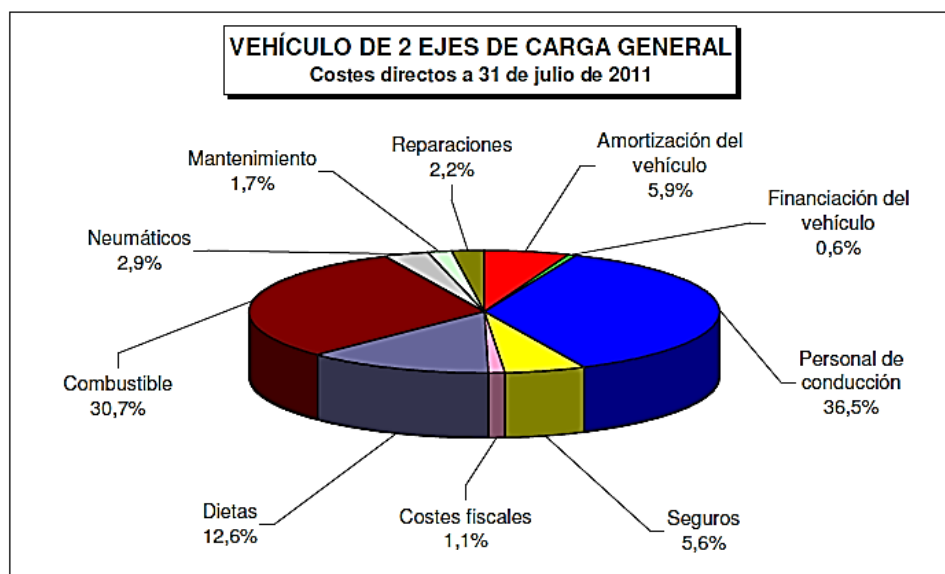
Kilómetros anuales recorridos= 90.000 100 %

Kilómetros anuales en carga= 76.500 85 %

Kilómetros anuales en vacío= 13.500 15 %

	COSTES DIRECTOS ANUALES	
	Euros (€)	Distribución (%)
<b>Costes directos</b>	<b>79.797,84</b>	<b>100,0%</b>
<b>Costes por tiempo</b>	<b>49.806,07</b>	<b>62,4%</b>
Amortización del vehículo	4.672,87	5,9%
Financiación del vehículo	514,18	0,6%
Personal de conducción	29.151,12	36,5%
Seguros	4.493,90	5,6%
Costes fiscales	911,18	1,1%
Dietas	10.062,82	12,6%
<b>Costes kilométricos</b>	<b>29.991,77</b>	<b>37,6%</b>
Combustible	24.490,68	30,7%
Neumáticos	2.351,09	2,9%
Mantenimiento	1.377,00	1,7%
Reparaciones	1.773,00	2,2%
kilometraje anual (km / año)	90.000	
kilometraje anual en carga (km / año)	76.500	
<b>Costes unitarios</b>		
Costes directos (euros / km recorrido)	0,887	
Costes directos (euros / km cargado)	1,043	

Nota: estos costes directos corresponden a la media nacional en las condiciones indicadas de explotación de este tipo de vehículo.



### DATOS DE PARTIDA

Actualización a 31 de julio de 2011

Características técnicas:			
Vehículo de 2 ejes de carga general.			
Potencia:	250 CV	184 kW	
Masa Máxima Autorizada:	18.000 kg		
Carga útil:	9.500 kg		
Número de ejes:	2		
Número de neumáticos:	6 (2 direccionales y 4 motrices)		
Características de explotación:			
Recorridos en carga superiores a 200 km.			
Kilometraje anual:	90.000 km anuales		
Recorrido anual en carga:	85,0 %	76.500 km anuales	
Recorrido anual en vacío:	15,0 %	13.500 km anuales	
Consumo medio:	26,0 litros/100 km		
Hipótesis:			
Precio de venta del camión según tarifa (sin IVA):	55.352,10 euros	Descuento sobre tarifa:	10 %
Precio del carrozado según tarifa (sin IVA):	7.956,86 euros	Descuento sobre tarifa:	10 %
Vida útil del camión:	10,0 años		
Valor residual sin IVA sobre el precio de tarifa (camión y carrozado):	10 %		
Capital a financiar sobre el precio real de adquisición:	70 %		
Período de financiación:	5,0 años		
Interés de la financiación (EURIBOR a 1 año + diferencial):	4,183 %	EURIBOR a 1 año:	2,183 %
		diferencial:	2,000 %
Coste anual del conductor (incluida Seguridad Social y otros):	29.151,12 euros		
Coste anual de seguros (Responsabilidad Civil del camión y mercancías, seguro de la mercancía, accidente del conductor, retirada de carné y seguro a todo riesgo):	4.493,90 euros		
		Responsabilidad Civil camión:	2.069,02 euros
		Accidente del conductor:	99,31 euros
		Retirada carné:	107,59 euros
		Seguro mercancías:	248,28 euros
		Responsabilidad Civil mercancía:	314,49 euros
		Daños propios (todo riesgo):	1.655,21 euros
Coste fiscal anual (visados, ITV, IAE, IVTM y revisión tacógrafo):	911,18 euros	Visados:	29,57 euros
		ITV:	84,46 euros
		IAE:	404,56 euros
		IVTM:	354,58 euros
		Revisión Tacógrafo:	38,01 euros
Dietas y plus de actividad anuales:	10.062,82 euros	Dieta media:	40,54 euros/día
		Número de días:	133 días
		Plus de actividad:	0,0519 euros/km
Precio del gasóleo en surtidor (con IVA):	1,265 euros/litro	Descuento:	0,030 euros/litro
Precio medio de un neumático (sin IVA):	653,08 euros/unidad		
Duración media de los neumáticos:	150.000 km		
Coste de mantenimiento (sin IVA):	0,0153 euros/km		
Coste de reparaciones (sin IVA):	0,0197 euros/km		

Por último, y también como caso de vehículo de carga pesada (M.M.A. mayor que 3500 kg) tomamos un vehículo articulado de carga general (M.M.A de 40000 kg para un peso muy alto) como caso de camión articulado.

#### VEHÍCULO ARTICULADO DE CARGA GENERAL

Hipótesis: Vehículo articulado de carga general (420 CV, MMA=40.000kg, carga útil=25.000 kg)

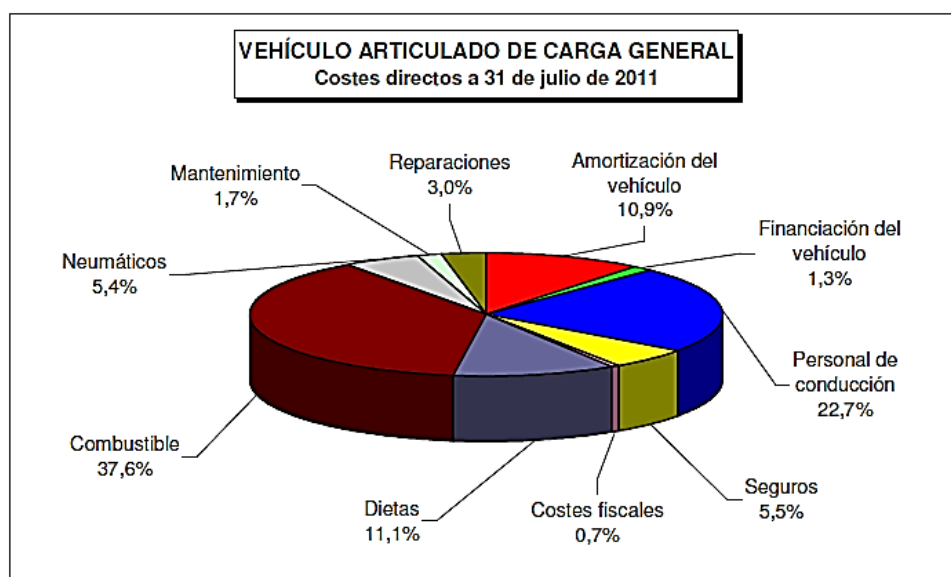
Kilómetros anuales recorridos= 120.000 100 %

Kilómetros anuales en carga= 102.000 85 %

Kilómetros anuales en vacío= 18.000 15 %

	COSTES DIRECTOS ANUALES	
	Euros (€)	Distribución (%)
<b>Costes directos</b>	<b>128.594,46</b>	<b>100,0%</b>
<b>Costes por tiempo</b>	<b>67.274,88</b>	<b>52,3%</b>
Amortización del vehículo	14.031,58	10,9%
Financiación del vehículo	1.725,46	1,3%
Personal de conducción	29.151,12	22,7%
Seguros	7.081,38	5,5%
Costes fiscales	949,34	0,7%
Dietas	14.336,00	11,1%
<b>Costes kilométricos</b>	<b>61.319,58</b>	<b>47,7%</b>
Combustible	48.353,39	37,6%
Neumáticos	6.966,19	5,4%
Mantenimiento	2.160,00	1,7%
Reparaciones	3.840,00	3,0%
kilometraje anual (km / año)	120.000	
kilometraje anual en carga (km / año)	102.000	
<b>Costes unitarios</b>		
Costes directos (euros / km recorrido)	1,072	
Costes directos (euros / km cargado)	1,261	

Nota: estos costes directos corresponden a la media nacional en las condiciones indicadas de explotación de este tipo de vehículo.



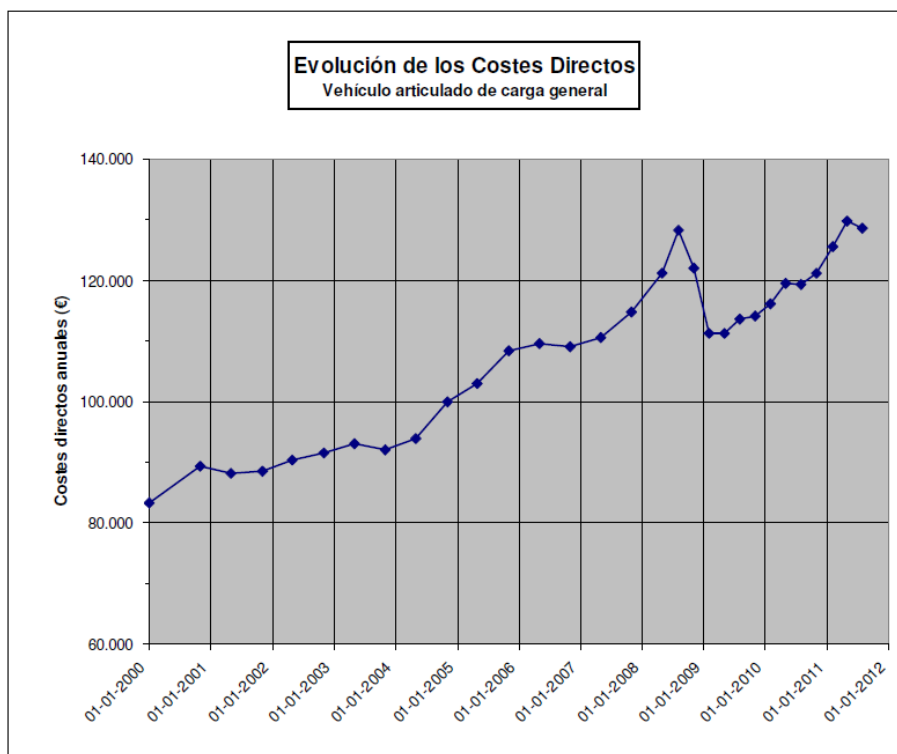
## DATOS DE PARTIDA

Actualización a 31 de julio de 2011

Características técnicas:			
Vehículo articulado de carga general.			
Potencia:	420 CV	309 kW	
Masa Máxima Autorizada:	40.000 kg		
Carga útil:	25.000 kg		
Número de ejes:	5		
Número de neumáticos:	12	6 tractor (2 direccionales y 4 motrices)	
		6 semirremolque	
Características de explotación:			
Recorridos en carga superiores a 200 km.			
Kilometraje anual:	120.000 km anuales		
Recorrido anual en carga:	85,0 %	102.000 km anuales	
Recorrido anual en vacío:	15,0 %	18.000 km anuales	
Consumo medio:	38,5 litros/100 km		
Hipótesis:			
Precio de venta de la cabeza tractora según tarifa (sin IVA):	99.505,87 euros	Descuento sobre tarifa:	10 %
Precio de venta del semirremolque según tarifa (sin IVA):	33.557,21 euros	Descuento sobre tarifa:	0 %
Vida útil de la cabeza tractora:	6,0 años		
Vida útil del semirremolque:	8,0 años		
Valor residual sin IVA de la cabeza tractora sobre el precio de tarifa:	20 %		
Valor residual sin IVA del semirremolque sobre el precio de tarifa:	15 %		
Capital a financiar sobre el precio real de adquisición:	70 %		
Periodo de financiación:	5,0 años		
Interés de la financiación (EURIBOR a 1 año + diferencial):	4,183 %	EURIBOR a 1 año:	2,183 %
		diferencial:	2,000 %
Coste anual del conductor (incluida Seguridad Social y otros):	29.151,12 euros		
Coste anual de seguros (Responsabilidad Civil del tractor, semirremolque y mercancías, seguro de la mercancía, accidente del conductor, retirada de camión y seguro a todo riesgo):	7.081,38 euros		
		Responsabilidad Civil cabeza tractora:	2.338,34 euros
		Accidente del conductor:	99,31 euros
		Retirada camión:	107,59 euros
		Responsabilidad Civil semirremolque:	667,08 euros
		Seguro mercancías:	554,50 euros
		Responsabilidad Civil mercancía:	314,49 euros
		Daños propios (todo riesgo):	3.000,07 euros
Coste fiscal anual (visados, ITV, IAE, IVTM y revisión tacógrafo):	949,34 euros	Visados:	29,57 euros
		ITV:	84,46 euros
		IAE:	404,56 euros
		IVTM:	392,74 euros
		Revisión Tacógrafo:	38,01 euros
Dietas y plus de actividad anuales:	14.336,00 euros	Dieta media:	40,54 euros/día
		Número de días:	200 días
		Plus de actividad:	0,0519 euros/km
Precio del gasóleo en surtidor (con IVA):	1,265 euros/litro	Descuento:	0,030 euros/litro
Precio medio de un neumático (sin IVA):	653,08 euros/unidad		
Duración media de los neumáticos:	135.000 km		
Coste de mantenimiento (sin IVA):	0,0180 euros/km		
Coste de reparaciones (sin IVA):	0,0320 euros/km		

Los ejemplos que se acaban de exponer, se enmarcan temporalmente a fecha de julio de 2011. Para hacerse una idea de la variación de los costes durante los años se presenta la siguiente ilustración, donde se aprecia como éstos aumentan con el transcurso del tiempo.





**Ilustración 1: Evolución costes directos con el tiempo. Fuente: Observatorio De Costes del Transporte de Mercancías por Carretera (Ministerio de Fomento).**

#### 1.1.1.3 Índices para la actualización de la estructura de costes.

Se explican a continuación los índices utilizados para el cálculo de costes.

##### AMORTIZACIÓN

Se propone como criterio de actualización del precio de los vehículos el incremento, desde la última actualización, del índice de precios industriales (IPRI) del INE de la división "fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques". Este índice se utiliza desde enero de 2003, empleándose hasta esa fecha el índice de precios industriales (IPRI) del INE de "material de transporte, excepto turismos y motos, con destino a bienes de equipo (camiones, autobuses y otros)".

##### COSTES FINANCIEROS

Se propone recalcular los intereses teniendo en cuenta la variación de la cantidad a financiar, según el punto anterior, y el "EURIBOR a un año" medio del mes a actualizar.

##### COSTES DE PERSONAL

Se propone como criterio de actualización del coste de personal para cada año, a realizar en el último observatorio del año anterior, el incremento interanual, en el mes que se realice la actualización, del índice "general" de precios de consumo (IPC) más un diferencial del 0,4%. Este criterio se utiliza desde 2005 y es equiparable al incremento de los convenios colectivos de trabajo de la rama de actividad "transporte terrestre y por tubería" publicado por el Ministerio de Trabajo e Inmigración y que era el criterio empleado hasta entonces.

##### SEGUROS

Se propone como criterio de actualización el incremento, desde la última actualización, del índice de precios de consumo (IPC) del INE de la clase "seguros de automóvil" del subgrupo



“seguros” del grupo “otros bienes y servicios”. Este índice se utiliza desde enero de 2002, empleándose hasta esa fecha el índice de precios de consumo (IPC) del INE de la subclase “otros gastos relacionados con el automóvil” de la rúbrica “transporte personal”.

#### **COSTES FISCALES**

Se propone como criterio de actualización de los costes fiscales para cada año, a realizar en el último observatorio del año anterior, el incremento interanual, en el mes que se realice la actualización, del índice "general" de precios de consumo (IPC). Este criterio se empieza a utilizar en 2005, empleándose hasta entonces el incremento acumulado del año del mismo índice.

#### **DIETAS**

El mismo criterio que en los costes de personal.

#### **COMBUSTIBLE**

Se propone como criterio de actualización el incremento, desde la última actualización, del precio medio mensual y nacional del gasóleo de automoción publicado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

#### **NEUMÁTICOS**

Se propone como criterio de actualización el incremento, desde la última actualización, del índice de precios de consumo (IPC) del INE de la clase “servicios de mantenimiento y reparaciones” del subgrupo “bienes y servicios relativos a los vehículos” del grupo “transporte”. Este índice se utiliza desde enero de 2002, empleándose hasta esa fecha el índice de precios de consumo (IPC) del INE de la subclase “neumáticos, piezas de recambio, accesorios y reparaciones” de la rúbrica “transporte personal”.

#### **MANTENIMIENTO**

El mismo criterio que en los costes de neumáticos.

#### **REPARACIONES**

El mismo criterio que en los costes de neumáticos.

##### *1.1.1.4 Otros conceptos.*

En el cálculo de los costes totales se debe tener en cuenta, además de los costes directos recogidos en este Observatorio, el resto de los costes en los que incurra la empresa transportista, que por la dificultad de su cuantificación no están contemplados en el mismo. Entre estos costes se encuentran los costes indirectos: costes de estructura (gestión, administración,...), comercialización, etc.

Junto a los costes anteriormente enumerados también deberán tenerse en cuenta otras cargas soportadas por la empresa transportista tales como peajes, tasas por el uso de las infraestructuras, coste de lavado interior de cisternas, etc.

##### *1.1.1.5 Criterios de eficiencia para mejorar los costes.*

Las cifras que se han recogido en los apartados anteriores representan, tal y como se ha señalado al comienzo del tema, los costes medios en los que incurre una empresa dedicada al transporte de mercancías por carretera. No obstante, dado el carácter orientativo de los mismos y con el objeto de ofrecer una información completa que permita un incremento de la eficiencia de las empresas y consiguientemente, la consecución de una mejora de sus

resultados o de su posición competitiva dentro del mercado del transporte, a continuación se señalan algunas de los aspectos en los que la introducción de mejores prácticas en la gestión pudiera reducir los costes.

## KILÓMETROS RECORRIDOS Y PORCENTAJE DE RECORRIDO EN VACÍO

- Aquellas empresas con acuerdos estables con sus clientes o que contraten circuitos cerrados, pudieran conseguir reducir la realización de kilómetros en vacío, con la consiguiente disminución del coste total por kilómetro en carga. En el vehículo articulado de carga general se toma un recorrido en vacío del 15% de los kilómetros totales, considerando que se puede reducir hasta un 12%.

De igual manera, en aquellos casos en que se superen los kilómetros anuales en carga adoptados, bien porque se haya reducido el porcentaje de circulación en vacío, tal y como se ha indicado en el párrafo anterior, bien porque, aun manteniéndose dicho porcentaje, la empresa sea capaz de incrementar la actividad de sus vehículos por encima de los kilómetros anuales previstos, el coste final por kilómetro habría de adaptarse en la medida que corresponda.

- Por otro lado, la colaboración de la empresa cargadora con el transportista a través de la planificación de las operaciones de carga y descarga elimina los tiempos muertos y permite un mejor aprovechamiento del vehículo, con la consiguiente reducción de los costes de la operación.

En este sentido, se considera de gran importancia el conocimiento de las condiciones relativas al momento de recogida y entrega de las mercancías de manera previa al comienzo de la operación, así como el cumplimiento de las citadas condiciones por todas las partes intervinientes.

- Asimismo, los muelles de carga deberían ser adecuados para la correcta realización de las operaciones de carga y descarga, así como para reducir el número de maniobras a realizar con el vehículo.
- La paletización de la mercancía trae consigo ahorros importantes de tiempo en la carga y descarga.

## PRECIO DE ADQUISICIÓN DEL VEHÍCULO

En la elaboración del estudio de costes se ha considerado un descuento máximo sobre el precio de tarifa de los vehículos del 10%.

No obstante, ya sea mediante una mejora de la posición negociadora en la compra de los vehículos (adquisición a través de centrales de compras, adquisición simultánea de varias unidades,

etc.) o bien a través de la selección de ofertas en el mercado, podría conseguirse una reducción de hasta el 25% del precio de tarifa mencionado.

En estos casos, los costes de amortización y financiación disminuyen en función del precio de adquisición finalmente obtenido.

## FINANCIACIÓN

Para el cálculo del coste de financiación se ha considerado un interés referenciado al "Euribor a 1 año" más un diferencial de 2 puntos, por considerarse el normalmente utilizado en este tipo de operaciones. En algunos tipos de vehículos se ha adoptado un diferencial de 1 punto por ser mayor el tamaño empresarial.

No obstante, en determinados supuestos, algunas entidades financieras, en función de la estabilidad alcanzada en sus relaciones con las empresas, del volumen de las operaciones a financiar y de otras circunstancias del mercado, podrían llegar a conceder préstamos a un tipo de interés del Euribor más 1 punto.

## PÓLIZAS DE SEGURO

- La cantidad fijada como coste de los seguros puede llegar a reducirse hasta un 15% mediante la contratación de pólizas globales.
- La coordinación entre el transportista y el cargador puede evitar que se produzca una duplicidad de seguro para cubrir un mismo riesgo, con el consiguiente abaratamiento de costes para el conjunto de la operación.

## COMBUSTIBLE

- El precio del combustible que se ha empleado para el cálculo del coste por este concepto, es el resultante de aplicar un descuento de 0,03 euros (5 pesetas) por litro sobre el precio medio en surtidor, descuento al cual se ha considerado que pueden acceder la práctica totalidad de empresas de transporte público. En algunos tipos de vehículos se ha adoptado un descuento más alto debido al mayor tamaño empresarial. Sin embargo, dicho descuento puede incrementarse hasta 0,048 euros (8 pesetas) por litro en los supuestos de autoconsumo por parte de empresas.
- De igual manera, una conducción adecuada del vehículo permite una reducción significativa de los consumos. En este aspecto, la formación de los conductores profesionales, en la cual pueden colaborar transportistas y cargadores, juega un papel de gran relevancia.
- Asimismo, el uso de GPS para rutas no habituales, la información sobre las rutas más directas y en mejor estado, y la adecuada señalización de las infraestructuras y puntos de carga y descarga, reducen la duración de los trayectos y el consumo innecesario de combustible.
- La planificación en el uso de la flota por parte de las empresas de transporte, de manera que se asigne a cada ruta el vehículo más idóneo (por ejemplo: el de mayor consumo al recorrido más corto) puede contribuir a la reducción del consumo de carburante.

## NEUMÁTICOS

Los costes calculados pudieran rebajarse hasta un 10% si la empresa optase por el recauchutado de aquellos susceptibles de someterse a dicho procedimiento.

## CREACIÓN DE CENTRALES DE COMPRA

La agrupación de los transportistas en centrales de compra permite la obtención de importantes descuentos en la adquisición de bienes y servicios:

- Adquisición de software
- Telefonía
- Seguros
- Neumáticos
- Lubricantes
- Mantenimiento y reparaciones
- Carburantes

- Vehículos

## CREACIÓN DE CENTRALES DE COMERCIALIZACIÓN

- La constitución de centrales de comercialización permitiría incrementar en algunos casos el número de kilómetros recorridos anualmente hasta un 10% (por ejemplo sobre los 120.000 kilómetros estimados para los vehículos articulados de carga general).
- De igual manera, se estima que permitiría reducir en algunos casos el porcentaje de recorridos en vacío en un 20% sobre los previstos para cada uno de los tipos de vehículo incluidos en el observatorio.

## PAGOS

La reducción de los plazos de pago (por ejemplo de 60 a 30 días) reduce los costes financieros de las empresas de transporte.

Incremento de costes derivados de la mejora de las eficiencias

En cualquier caso, las empresas de transporte deberán tener en cuenta los costes adicionales que se derivan de la puesta en práctica de algunas de las medidas citadas, tal y como los originados por la formación, de la incorporación del GPS, etc.

## TRANSPARENCIA

Finalmente, la transparencia de las condiciones contenidas en los contratos que puedan suscribirse por las partes intervinientes, colabora de manera eficaz al mejor funcionamiento del mercado de transporte y favorece la disminución de los problemas operativos.

### 1.1.2 *Gestión del combustible.*

El transporte profesional por carretera, tanto de pasajeros como de mercancías, es esencial para garantizar un adecuado desarrollo social y económico en nuestro país, así como para el logro de una mayor cohesión del territorio.

En términos energéticos, el consumo asociado a este sector tiene una notable incidencia sobre el consumo de energía nacional, representando en torno al 15% del consumo de energía final en España. Además, la práctica totalidad de la energía primaria consumida en el transporte por carretera proviene del petróleo, lo que agrava los problemas generados por la excesiva dependencia de los combustibles fósiles y por el aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, que da lugar a los fenómenos del calentamiento global del planeta y del cambio climático.

En las flotas de transporte, el combustible tiene especial relevancia en su estructura de costes, y más aún con los actuales precios a los que se cotiza el crudo en el mercado. Por tanto, para el adecuado desarrollo de su actividad económica, se hace necesaria la realización de una gestión eficiente del combustible en las mismas.

#### 1.1.2.1 *Ventajas de una adecuada gestión del combustible.*

Se entiende por gestión del combustible el diseño y la puesta en práctica de un sistema de control, supervisión y, muy especialmente, de seguimiento del consumo de carburante global e individualizado de los vehículos de una flota de transporte. La gestión del combustible permite aprovechar de la manera más rentable cada litro de combustible adquirido, contribuyendo con ello no sólo a la economía de la empresa, sino también al ahorro energético y a la mejora de la conservación del medio ambiente.

Una adecuada gestión del combustible está además ligada a:

- Una adecuada planificación de rutas y de vehículos.
- La utilización de las técnicas de conducción eficiente.
- Un correcto mantenimiento de los vehículos.
- La calidad del servicio prestado al cliente.

La contribución de los costes de carburante respecto a los costes totales de operación varía según la naturaleza de la flota. Por un lado, para una flota de vehículos pequeños que habitualmente realizan bajos kilometrajes anuales, esta proporción puede suponer algo más del 5% del total. Sin embargo, en el otro extremo, para una flota de vehículos de gran tonelaje y largo recorrido, la proporción puede alcanzar hasta el 30% del coste total. Entre estos dos extremos, la partida media de coste de carburante para una flota de transporte ocuparía en torno al 15% de los costes totales.

*Una reducción del 10% en los costes de combustible puede revertir en un aumento del beneficio de un 31%. Con estrechos márgenes de beneficio, este 10% de ahorro puede significar la diferencia entre un negocio rentable y unas pérdidas en la cuenta de resultados.*

En la actualidad, la conciencia sobre los problemas del medio ambiente va calando en la sociedad y se ha de tener en cuenta que la reducción de consumo de combustible va ligada a la disminución de las emisiones a la atmósfera, sobre todo las que tienen relación con el calentamiento global de la atmósfera. La combustión del carburante en el motor emite a la atmósfera cantidades importantes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), unos 2,6 y 2,35 kilogramos por cada litro de gasóleo y de gasolina consumidos respectivamente. La reducción de las emisiones es un aspecto novedoso en la gestión empresarial que, empleado adecuadamente, puede contribuir a la mejora de la imagen de la empresa y a la ampliación de la cartera de clientes.

Finalmente, el establecimiento de un adecuado sistema de gestión del combustible dará lugar a un ahorro de carburante y por tanto, a una mayor eficiencia energética en la realización de sus servicios, a través de dos vías:

- Por un lado, mejorar la eficiencia de cada vehículo, a través del control y seguimiento individualizado de los mismos, así como del establecimiento de programas de formación a los conductores en las técnicas de conducción eficiente.
- Por otro lado, a través del establecimiento de un sistema global de control y seguimiento del consumo de carburante de la flota; de la programación de las rutas y de la asignación adecuada a las mismas de los vehículos, en función de sus características y consumos, se logrará además un ahorro de carburante y por tanto, una mayor eficiencia energética para el conjunto de la flota.

Es necesario remarcar que hay aplicaciones informáticas comerciales que cuentan con módulos de gestión de flotas, aunque lo más habitual, dado las particulares características de cada empresa, es que se solicite a una empresa consultora sus servicios para la adaptación a la flota de transporte de una aplicación base, con el fin de satisfacer sus requerimientos particulares.

#### *1.1.2.2 Establecimiento de un sistema de control de combustible.*

La base para el establecimiento de un adecuado sistema de gestión de combustible en las flotas de vehículos industriales es el preciso conocimiento de los consumos de carburante de cada uno de sus vehículos. Este conocimiento resulta indispensable de cara a la implementación de sistemas avanzados de control de combustible, que incorporen criterios de discriminación de consumos en función del tipo de trayecto, del tipo de porte a realizar, etc.

Cuanto mayor sea la precisión y detalle con la que se lleve a cabo el control del consumo de combustible, mayor será la eficiencia energética de la flota.

Una vía para la mejora de la eficiencia en la gestión del combustible consiste en la realización y control mensual del cuadro correspondiente de consumos y kilometrajes de los distintos vehículos. Atendiendo al cuadro, el gestor de flotas o, en su caso, el responsable de tráfico, podrá asignar los conductores más económicos a los vehículos con menos consumo en las rutas más largas, mientras sus características cumplan los requerimientos del viaje, dejando los vehículos con mayores consumos para las rutas más cortas.

En resumen, se debe potenciar el uso de los vehículos más eficientes en el consumo de carburante, de manera que las distancias más largas recaigan sobre aquellos vehículos de menor consumo.

#### *1.1.2.3 Medidas para el ahorro de carburante.*

Se presentan dos vías para la mejora de la eficiencia energética en el uso de los vehículos de la flota: la reducción de los kilómetros recorridos a los estrictamente necesarios con el consiguiente ahorro de combustible, y la reducción de consumo por kilómetro recorrido; es decir, aprovechando mejor el combustible utilizado. Otra medida importante es también utilizar sistemas telemáticos de ayuda a la gestión.

### REDUCCIÓN DE LOS KM RECORRIDOS. OPTIMIZACIÓN DE RUTAS

La optimización de rutas es un factor clave para el ahorro de combustible, la reducción de emisiones y para un funcionamiento eficiente de la empresa de transporte. A continuación se comentan algunos aspectos relativos a esta tarea:

- Elección del vehículo: dados un lugar de recogida y un lugar de destino, se escogerá el vehículo que, pudiendo cubrir las necesidades que presente el servicio, se encuentre más cerca del punto de recogida, para reducir en la medida de lo posible los kilómetros que realizará el mismo sin carga. En caso de disponer de varios vehículos que cumplan los anteriores condicionantes, se seleccionará para cubrir la tarea aquel que tenga un consumo menor.
- Elección de ruta: a la hora de elegir las rutas que llevarán al vehículo al punto de recogida de la mercancía o los pasajeros, se seleccionará aquella ruta que, siendo una vía rápida, presente menos inconvenientes de saturación de tráfico a las horas previstas de trayecto, y que al mismo tiempo minimice el número de kilómetros a realizar. En caso de presentarse varias rutas de parecidas características, se escogerá la que menos dificultades orográficas presente, con el fin de lograr un menor consumo medio del vehículo.
- Tasa de ocupación: se pretenderá llegar a una tasa de ocupación del 100%. De esta manera se procurará que los vehículos realicen el menor número posible de km sin carga (en vacío), ya que estos trayectos tan sólo generan un gasto inútil de combustible que no reporta beneficios a la empresa. Para evitar las cargas en vacío conviene saber de la existencia de “bolsas de cargas”, sistemas de información interconectados entre empresas de transporte y cargadores para gestionar las cargas de los vehículos en tránsito por los distintos lugares.

### DISMINUCIÓN DE CONSUMO POR KM RECORRIDO

Una vez definidos los vehículos y seleccionadas las rutas a recorrer, será necesario realizar las actuaciones necesarias para que su consumo sea lo menor posible. Entre las actuaciones a considerar se destacan las siguientes:

## Los conductores

- Políticas de formación: la formación de los conductores es un aspecto clave en el ahorro de combustible en empresas de transporte. Resulta adecuada la formación de los conductores de la flota en las técnicas de la conducción eficiente. De esta manera se contará con una plantilla con la preparación necesaria para obtener el máximo aprovechamiento de las posibilidades de los vehículos que conforman la flota. Es un hecho contrastado que conductores con mayor nivel de formación suelen consumir menos para la misma operación, pero no siempre la mayor experiencia en conducción produce el mismo resultado.

La formación, además, deberá ser continuada, y a ser posible específica dependiendo del tipo de vehículos del que habitualmente se encarguen los conductores en plantilla.

- Establecimiento de sistemas de incentivos: siempre que sea posible, una iniciativa a tener en cuenta será el establecimiento de un sistema de incentivos a los conductores. La empresa puede crear una política de incentivos premiando los bajos consumos de combustible, repartiendo dividendos basados en los ahorros de combustible mensuales que se obtengan en la flota. Esto será más fácil de acometer si se puede realizar un seguimiento de los datos de consumo de cada conductor.

Se pueden plantear, pues, dos estrategias distintas:

a) Incentivos comunes a toda la plantilla: a partir de las medias mensuales, trimestrales, semestrales o anuales, se pueden establecer primas por productividad, en función de las disminuciones de consumos medios obtenidas en la flota. Esta acción, si se lleva a la práctica, hay que hacerla con cierto cuidado, ya que podría dar lugar a tensiones laborales entre los conductores.

b) Incentivos individuales: de la misma manera, si se tiene un control de consumos por conductor, se puede, a partir de las evoluciones en las medias de consumo (ya sean mensuales, trimestrales, semestrales o anuales), establecer primas por productividad según la reducción de consumos, de manera que aumente la vinculación y el interés de cada uno de los conductores de la flota por el ahorro de carburante. Es evidente que estas primas no se basarían sólo en el consumo en litros totales, sino que también contemplarían los recorridos realizados y las cargas transportadas.

## Los vehículos

- Adquisición del vehículo: el primer factor relevante en la eficiencia de los vehículos de la flota consiste en la adquisición adecuada de los mismos para las tareas que van a desarrollar. Así pues, adquirir un vehículo con un motor capaz de entregar mucha potencia, para emplear de forma habitual una potencia mucho menor, dará lugar a mayores consumos de carburante que si se empleara para ello un vehículo de menor potencia máxima. Por tanto, el comprador ha de ser capaz de seleccionar el motor con una potencia adecuada para el uso requerido del vehículo.
- Mantenimiento: como podremos ver más adelante en el presente trabajo, la realización de un correcto mantenimiento de los vehículos de la flota contribuye a evitar consumos extraordinarios de combustible, evitando así un excesivo gasto en esta partida.



### Vinculación vehículo-conductor

Estudios europeos afirman que la instalación de medidores de consumo que informen al conductor del consumo medio e instantáneo del vehículo (así como de otras posibles variables relevantes en la conducción), provocan en los conductores interés por rebajar esas medias, lo cual redundará en una disminución de consumos. El reto personal contra la máquina es lo que provoca el interés de los conductores por bajar consumos, manteniendo medias más bajas y prestando más atención a la conducción de manera continuada. Ello contribuye además a aumentar la seguridad y reducir el riesgo de accidentes.

Esta consecuencia, derivada de la instalación de un ordenador en el vehículo, redundará en beneficios para la empresa en cuanto a ahorro de combustible se refiere. Pero para ello será necesario que los conductores hayan recibido previamente formación de conducción eficiente, a fin de contar con las herramientas oportunas para rebajar su consumo.

No obstante, el coste de estos dispositivos puede ser lo suficientemente elevado como para retrasar la inversión en ellos hasta que el sistema de control de consumos de la flota esté completamente asentado y se requiera el comienzo de acciones encaminadas a su disminución efectiva.

### SISTEMAS TELEMÁTICOS DE AYUDA A LA GESTIÓN

Uno de los parámetros necesarios para la correcta elección de vehículos y rutas a fin de cubrir las demandas de transporte que se presenten, es la posición de cada vehículo en cada instante. A partir de estas posiciones, se desarrollarán los cálculos descritos anteriormente para decidir cómo se cubre el trabajo.

A través de la tecnología actual se pueden controlar las posiciones instantáneas de los vehículos con una frecuencia de refresco tan elevada como se desee, llegando incluso a tener un seguimiento en tiempo real.

Una opción consistiría en dotar a cada uno de los vehículos integrantes de la flota con un dispositivo localizador vía satélite que, a través de la red de satélites GPS (Global Positioning System), o de la futura red de satélites GALILEO, sea capaz de situarlos con un error de pocos metros. Además, este sistema de localización puede ser compartido con programas de navegación que guíen a los conductores por las distintas rutas.

Para registrar las posiciones instantáneas de todos los vehículos en un centro de datos es preciso que los mismos se comuniquen con una determinada periodicidad, usando las modernas tecnologías de comunicaciones existentes. La elección entre unas u otras tecnologías se llevará a cabo dependiendo de los costes fijos y variables de las mismas y en función del volumen de información a enviar. Las redes de comunicaciones más ampliamente extendidas son las de GSM, a través de conexiones telefónicas o mensajes SMS, conexiones GPRS o UMTS, que admiten caudales de conexión mayores, etc.

De esta manera, el departamento de tráfico de cada flota puede tener situados todos los vehículos en tiempo real y enviar las rutas a seguir a los navegadores de los vehículos, de manera que los conductores ejecuten en todo momento las instrucciones del jefe de tráfico. Además, se evitarán las pérdidas de los vehículos en carreteras desconocidas y las equivocaciones de ruta, con lo que se ahorrarán costes de carburante, horas de trabajo del conductor y costes de oportunidad para otros envíos.



#### 1.1.2.4 Mantenimiento y renovación de vehículos.

##### MANTENIMIENTO DE LA FLOTA

El mantenimiento adecuado de la flota es clave para el funcionamiento de la misma, afectando a la seguridad de los vehículos, su disponibilidad y consumo de carburante. Un incorrecto o deficiente mantenimiento de un vehículo puede incidir directamente en un aumento de su consumo de combustible y, de no ser corregido diligentemente, puede dar origen a averías mecánicas que disparen los costes.

##### Control de los neumáticos

Una presión excesivamente baja de los neumáticos redonda en una mayor resistencia a la rodadura, un peor comportamiento en curvas y un aumento de su temperatura de trabajo por lo que, además de aumentar el consumo, aumentan las posibilidades de un reventón, o desprendimiento de la banda de rodadura en caso de neumáticos con banda de rodadura no original.

Además, la presión excesivamente baja respecto a la recomendada por el fabricante provoca desgastes anormales y no uniformes sobre las partes laterales de la banda de rodadura. En montajes de ruedas gemelas podría ocurrir que la deformación de la parte del neumático que apoya en cada instante en el suelo fuese tan abultada que tocase con el neumático gemelo, dando esto lugar a fenómenos de rozamiento que aumenten notablemente la temperatura de trabajo, produciendo un desgaste anormal en los flancos del neumático.

*Se recomienda el control de la presión de todos y cada uno de los neumáticos:*

- *Diariamente: de manera visual.*
- *Cada pocos días o cada 5.000 km: midiendo su presión.*

*Una reducción de la presión de un neumático de 2 bares aumenta el consumo un 2% y reduce su vida útil en torno a un 15%.*

Por otro lado, una presión excesivamente alta en los neumáticos produce, además de rebotes innecesarios en la suspensión, desgastes a saltos del mismo, principalmente concentrados en la zona central de la banda de rodadura, lo que incrementa el consumo y produce un desgaste prematuro del neumático.

##### Control de filtros

El estado de los filtros de aceite, aire y combustible tiene repercusión en el consumo de carburante. Se revisarán:

- El filtro de aceite: su mal estado, además de incrementar el riesgo de sufrir graves averías en el motor, puede aumentar el consumo del vehículo hasta un 0,5%.
- El filtro del aire: su mal estado, habitualmente por un exceso de suciedad, provoca mayores pérdidas de carga de las deseables en el circuito de admisión, lo que hace aumentar también el consumo hasta un 1,5%.
- El filtro de combustible: su mal funcionamiento puede causar aumentos en el consumo de hasta un 0,5%, además de que, en caso de bloqueo, pararía el motor. Es importante controlar la cantidad de agua en el filtro.

*Un aumento en el consumo de combustible sin una causa que lo justifique es un claro indicativo de algún problema en el motor, por lo que un control periódico del consumo anotando las cargas de carburante y los kilómetros recorridos puede llevar a detectar averías en el motor del vehículo antes de que se agraven.*

### Otras tareas de control realizadas por el conductor

Es importante observar también otros aspectos que, de quedar descuidados, repercutirían de forma negativa en el consumo de carburante:

a) Aerodinámica: concienciar a los conductores de que deben estibar correctamente la carga y proteger la misma con lonas bien tensadas; fijar bien los toldos es una de las tareas más importantes, dado que la resistencia aerodinámica del vehículo contribuye de manera decisiva a un ahorro de carburante.

Los deflectores aerodinámicos son dispositivos que también inciden en un ahorro de combustible al reducir la resistencia aerodinámica del vehículo. En caso de ser regulables, deberán estar siempre en la posición adecuada y en perfecto estado de utilización.

b) Calefacción de la cabina: cuando el conductor del camión haya de permanecer varias horas en el interior de la cabina, sin estar el vehículo en movimiento, de necesitar calefacción utilizará los dispositivos a tal efecto, cuyo consumo es apreciablemente más bajo que el del motor del vehículo. El motor del vehículo consume aproximadamente 10 veces más que el calefactor de cabina si se destina exclusivamente a funcionar al ralentí para calentar el habitáculo.

### RENOVACIÓN DE LA FLOTA

En el momento de la adquisición de nuevos vehículos, el gestor deberá tener en cuenta cuáles son los requerimientos para cada uno de ellos, así como las necesidades de potencia y de transmisión, y evitar sobrepasar las mismas. Ello redundaría en un aumento innecesario del consumo. Por ejemplo, para moverse por la orografía española con un trailer de 40t no se hace necesario un vehículo de más de 460 CV, dado que el aumento de prestaciones es prácticamente inapreciable. En cambio, usar un vehículo de 530 CV en lugar de uno de 460 CV puede dar lugar a consumos hasta 2 litros cada 100 km más elevados de lo que realmente sería necesario.

De la misma manera, ante los posibles grupos de transmisión que ofrecen los fabricantes, se deberá seleccionar el que mejor se ajuste a las necesidades de la flota. Un vehículo de doble eje tractor puede consumir 3 litros más por cada 100 km de lo que consumiría uno simple, en caso de ser éste suficiente. Los fabricantes de vehículos pueden aconsejar sobre este tema en función de su gama.

Por la misma razón, será conveniente asesorarse adecuadamente acerca de la caja de cambios y grupo adecuados para el vehículo que se va a adquirir. Una selección inadecuada de los mismos también incidiría en aumentos innecesarios de consumo.

#### *1.1.2.5 La conducción eficiente.*

Todo lo anteriormente expuesto sobre la gestión de carburante debe complementarse con un uso eficiente del vehículo por parte del conductor. El gestor de la flota dispondrá los medios para que todos los conductores puedan acceder a la formación disponible en la conducción eficiente. La evolución tecnológica ocurrida a lo largo de los últimos años ha modificado en gran medida el diseño de los vehículos y se han introducido importantes modificaciones en el motor y en los distintos sistemas destinadas a aumentar su rendimiento, reduciendo su consumo de carburante y sus emisiones. Estas mejoras tecnológicas demandan al conductor un nuevo estilo de conducción acorde con ellas, aprovechando todas las ventajas que ofrecen los motores modernos. A este nuevo estilo de conducción se le denomina “conducción eficiente”.

Estos logros se concretan en mejoras de distintos aspectos que se citan a continuación:

- Como en todo proceso de aprendizaje, la experiencia es necesaria para alcanzar los objetivos deseados; así pues, una vez formado el conductor en las técnicas de la conducción eficiente, asimilará y perfeccionará las técnicas a través de su propia experiencia.

La conducción eficiente ofrece las siguientes ventajas:

- upna**  
Universidad  
Pública de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa
- Todos los derechos reservados  
Eskubide guztiak erreserbatu dira

las tensiones y el estado de estrés producido por el tráfico al que están sometidos los conductores.

## PRINCIPALES REGLAS DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE

La conducción eficiente se podría resumir en las siguientes reglas:

- Conocimiento de las características del motor del vehículo: es de gran importancia el conocimiento por parte del conductor de los intervalos de revoluciones a los cuales el vehículo a conducir presenta el par máximo y la potencia máxima, así como de las curvas características propias del motor. En caso de no disponerse de los mismos, deben solicitarse al fabricante.
- Arranque del motor e inicio de marcha: arrancar el motor sin pisar el acelerador. colocar el disco-diagrama del tacógrafo e iniciar la marcha transcurrido un minuto (ya se tiene presión suficiente en los calderines).
- 1ª relación de marchas: utilizarla en el inicio de marcha sólo para poner en movimiento el vehículo, cambiando a los pocos metros recorridos a relaciones de marchas superiores. En los vehículos que presenten 1ª corta y 1ª larga, se utilizará la 1ª larga para el inicio de la marcha.
- Realización de los cambios de marchas: realizar los cambios de marchas en la zona de par máximo de revoluciones del motor, y solamente en condiciones de mayor exigencia se realizarán en regímenes de revoluciones cercanos a la zona de potencia máxima. Es importante que tras el cambio, el motor quede dentro de la zona de par máximo; es decir, dentro de la zona verde del cuentarrevoluciones.

En condiciones favorables, se cambiará aproximadamente:

- Subiendo medias marchas, en torno a unas 1.400 r/min en motores grandes (de 10-12 litros).
- Subiendo marchas enteras, a unas 1.600 revoluciones en motores de 10-12 litros y entre las 1.500 y 1.800 r/min en motores de menores cilindradas.

Realizar los cambios de forma rápida y acelerar tras la realización del cambio.

No se utilizará el doble embrague.

- Saltos de marchas: cuando se puedan llevar a cabo, se podrán saltar marchas, tanto en los procesos de aceleración, como en los de deceleración.
- Selección de la marcha de la circulación: procurar seleccionar la marcha que permita al motor funcionar en la parte baja del intervalo de revoluciones de par máximo. Esto se consigue circulando en las marchas más altas con el pedal acelerador pisado a las 3/4 partes de su recorrido. En cajas automáticas, se procurará que la caja sincronice la marcha más larga posible a través de la utilización del pedal acelerador. Esto tendría lugar aproximadamente:
  - En torno a unas 1.100 -1.300 r/min en motores grandes (10-12 litros).
  - Entre unas 1.200 -1.500 r/min en motores de menores cilindradas.
- Velocidad uniforme de circulación: intentar mantener una velocidad estable en la circulación evitando los acelerones y frenazos innecesarios. Aprovechar las inercias del vehículo.
- Deceleraciones: ante cualquier deceleración u obstáculo que presente la vía, se levantará el pie del pedal acelerador, dejando rodar el vehículo por su propia inercia con la marcha en la que se circula engranada. En estas condiciones el consumo de carburante del vehículo es nulo (hasta regímenes muy bajos de revoluciones cercanos al de ralentí). Utilizar en la mayor medida posible el freno motor y en la menor medida posible el freno de servicio.

- Paradas: en las paradas prolongadas (por encima de 2 minutos de duración), apagar el motor, salvo en los vehículos que dependan del continuo funcionamiento de su motor para el correcto uso de sus servicios auxiliares. En las detenciones, una vez aparcado el vehículo, ya se ha dado tiempo suficiente para que baje el turbo de revoluciones y se apagará el motor sin más dilación.
- Previsión y anticipación: prever las circunstancias del tráfico y, ante las mismas, anticipar las acciones a llevar a cabo. Dejar suficiente distancia de seguridad con el vehículo precedente acelerando un poco menos que el mismo para poder frenar luego en menor medida que éste. Controlar visualmente varios vehículos por delante del propio.
- Circunstancias exigentes: en la mayoría de las situaciones son aplicables las anteriores reglas, pero existen determinadas circunstancias en las que se requieren acciones específicas distintas para que la seguridad no se vea afectada. En las circunstancias que se requiera, se acelerará el vehículo revolucionando su motor en mayor medida, realizando los cambios de marchas en el entorno del intervalo de revoluciones de potencia máxima.

Todas estas claves deberán aplicarse siempre que el vehículo esté adaptado a ellas y siempre que las circunstancias del tráfico lo permitan sin mermar la seguridad.

## 1.2 Contaminación del medioambiente producida por el transporte de mercancías.

El transporte por carretera impone una serie de externalidades que conviene evaluar de forma correcta para lograr su reducción. Dentro de estas externalidades, cobra especial importancia la emisión de gases contaminantes, perjudiciales desde el punto de vista de la sostenibilidad y de la salud humana.

### 1.2.1 *Las emisiones de gases y el transporte por carretera.*

El transporte por carretera representa importantes afecciones sobre el entorno; algunas de ellas son marcadamente positivas, como la mejora de la accesibilidad, la generación de riqueza, la provisión de mayores oportunidades a la población, etc. Sin embargo, otras son negativas, como las derivadas de la congestión y la contaminación. Hasta hace pocos años, la calidad del aire ha sido el principal tema de preocupación desde el punto de vista de las emisiones del transporte por carretera, pero las significativas mejoras de la tecnología han mitigado muchos de estos riesgos.

La adopción, a partir de 1970, de varias directivas sobre las emisiones de los vehículos de motor, ya sean vehículos ligeros (automóviles, vehículos industriales ligeros) o pesados (camiones, autobuses), ha provocado una reducción progresiva de las emisiones de gases y de partículas, así como, en cierta medida, del ruido de esos vehículos. Las reducciones de las emisiones atmosféricas, fijadas por las normas «Euro» I a V, se refieren a cuatro contaminantes principales: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), partículas e hidrocarburos.

Actualmente, los gases de efecto invernadero (GEI) y el consumo de energía de los vehículos se plantean como la principal preocupación para la ordenación sostenible del transporte por carretera.

El transporte es uno de los sectores económicos más importantes ya que, además de sus características propias como sector productivo, contribuye en gran medida al desarrollo y competitividad de todos los demás sectores, y, por tanto, al de todo el sistema económico. Este

carácter horizontal hace, si cabe, mucho más complejo integrar consideraciones ambientales en su desarrollo.

Hay que partir de la base de que un sistema de transporte eficaz es fundamental y necesario para garantizar el desarrollo económico y la cohesión social. Sin él, no es posible alcanzar dicho desarrollo.

Las directrices de la UE plantean sistemas de transportes eficientes y eficaces, que garanticen, entre otros aspectos, una alta movilidad para las personas y las mercancías de forma competitiva, el equilibrio territorial y, además, deben proteger el medio ambiente.

Las emisiones de gases GEI en el sector del transporte crecen de forma continua.

Aunque se han hecho mejoras en la eficiencia energética de los diferentes modos de transporte y se han introducido combustibles no fósiles, el incremento de la demanda de transporte es mayor que estos beneficios.

En Europa el transporte contribuye aproximadamente a la cuarta parte de las emisiones de gases GEI. Según las fuentes analizadas en el estudio, algunas predicciones para los Estados Europeos indican que las emisiones de gases GEI para el sector del transporte en 2010 han sido similares a las de 2005 y un 27% superior sobre los niveles de 1990.

El Consejo de la Unión Europea ha propuesto que los países desarrollados reduzcan sus emisiones un 30% en 2020 comparadas con 1990. Si no se llega a un acuerdo, la UE está preparando el compromiso para reducirlas al menos un 20%. Respecto a estos objetivos se presentó en Enero de 2008 la regulación por parte de la Comisión Europea.

El transporte por carretera es con diferencia la mayor fuente de emisiones (93%) del total de las emisiones del transporte. Los sectores del transporte de mercancías y de pasajeros eligen la carretera con mayor frecuencia que otros modos de transporte. En la Unión Europea, la carretera asumió el 44% de del total de transporte de mercancías y el 85% de pasajeros en 2006.

En España, las emisiones originadas por las actividades de transporte superaron en 2006 las 108 Mt CO<sub>2</sub> equivalente, lo que supone el 25,4% de las emisiones totales en España y un aumento del 88% desde 1990. Este incremento está directamente relacionado con el notable crecimiento de la demanda de transporte. En este sentido el peso del sector del transporte ha crecido del 21,4% en 1990 al 25,4% en 2006 considerando el conjunto de los gases de efecto invernadero.

En cuanto al reparto modal, la carretera causó el 89,2% de las emisiones, la aviación nacional el 6,6%, el cabotaje marítimo el 3,9% y el ferrocarril el restante 0,3%. Por tipo de vehículo, el 53,2% de las emisiones del transporte por carretera corresponden a los turismos y motocicletas, mientras que el 33,5% proviene de los vehículos pesados (autobuses y camiones) y el restante 13,3% de los vehículos de transporte ligeros. Por pauta de conducción, el 49,6% de las emisiones del transporte por carretera se produjeron en vías de alta velocidad, preferentemente en trayectos interurbanos, mientras que el 36,6% corresponde al ámbito urbano y el restante 13,8% a las pautas de conducción intermedias.

Un indicador para valorar la eficacia de las medidas para reducir las emisiones del transporte, y en particular del vehículo privado, son las emisiones específicas de dióxido de carbono de los turismos nuevos, en línea con los Acuerdos Voluntarios establecidos por la Comisión Europea con los fabricantes europeos, japoneses y coreanos. Así, según el informe de la Comisión Europea de 2009, y basado en datos de 2007, la media comunitaria de las emisiones de coches nuevos era en 1995 de 185 g CO<sub>2</sub>/km, frente a 158 g CO<sub>2</sub>/km en 2007, es decir, una reducción del 17%; mientras que en el caso de España estos valores eran de 152 g CO<sub>2</sub>/km en 2007 frente a los 175 g CO<sub>2</sub>/km de 1995. (Fuente: Estrategia Española de Movilidad Sostenible).



### 1.2.2 Efectos del transporte sobre el medioambiente. Externalidades.

La contaminación continúa aumentando en muchos países desarrollados, y el sector transportes emerge como uno de los principales causantes.

En este proyecto se pretende revisar los principales problemas que plantean los modos de transporte en relación a la contaminación del medio ambiente. El interés principal se centrará en el transporte por carretera (vehículos de carga ligeros y pesados) y su vinculación con la contaminación del aire, tanto a nivel local como a nivel global.

Los principales efectos del transporte, y que a continuación se explicaran en detalle son los siguientes:

- Consumo de energía.
- Contribución al efecto invernadero.
- Contaminación atmosférica.
- Ruido.
- Ocupación del suelo.

Se desarrollaran de manera más amplia la del tercer y cuarto punto, correspondientes a la contaminación atmosférica y el ruido, debido a que éstos forman parte del presente proyecto, como los puntos a tratar en la parte medioambiental del análisis de las cinco rutas transpirenaicas.

#### 1.2.2.1 Consumo de energía.

Los principales problemas ambientales generados por el sector transporte están ligados al consumo de combustibles (un recurso no renovable). La emisión de CO<sub>2</sub>, con su influencia determinante sobre el efecto invernadero y el cambio climático es consecuencia directa de la combustión de hidrocarburos. La emisión de otros gases y partículas durante el funcionamiento de los motores genera, por otra parte, considerables problemas de contaminación atmosférica.

Las estadísticas de la energía suelen asignar al transporte un porcentaje muy notable de los consumos energéticos de los países desarrollados. En la mayoría de los países europeos este porcentaje está alrededor del 30% de la energía consumida. En España, debido a varios factores tales como los menores consumos de calefacción, y los problemas estructurales del sector de transportes español, que descansa en mayor proporción en los medios más consumidores de energía el porcentaje de energía final dedicada al transporte era en 1990 del 37,7% (un 42% en 1998).

Por lo que se refiere al examen de consumo energético por modos de transporte, comparando entre sí los tres grandes modos de transporte que compiten en el interior del país se observa que el transporte por carretera, considerado globalmente, se mueve en un entorno de consumo el doble que el ferrocarril, mientras el modo aéreo se mueve en un entorno de consumo más de tres veces superior.

En el análisis por medios de transporte, se aprecia que en el segmento de viajeros el medio más eficiente es el autobús, seguido del ferrocarril. La mayor ineficiencia energética se presenta en los turismos cuyo consumo global supera los 6 kilogramos equivalentes de petróleo por cada 100 viajeros-kilómetro. Esta ineficiencia alcanza extremos elevados en los turismos de gran cilindrada.

### 1.2.2.2 Contribución al efecto invernadero.

Las actividades de transporte afectan al medio ambiente en dos aspectos principales: la emisión de CO<sub>2</sub>, que intensifica el efecto invernadero y favorece el cambio climático, y la emisión de diversos contaminantes.

El transporte es en España como en todos los países desarrollados, uno de los principales responsables de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Un automóvil medio durante un recorrido de 100 km emite unos 20 kg de este gas (200 g/km).

### 1.2.2.3 Contaminación atmosférica.

A primera vista uno de los motores que más contaminantes aportan al ambiente son los diesel; creencia que en los años de motores de gasolina con carburador no era cierta, ya que el motor de combustión con gasolina aportaba mayores residuos contaminantes al medio ambiente por la falta de controles que existían en ellos, y en esos tiempos los motores de ciclo Diesel sí eran menos contaminantes. Con la entrada de los controles electrónicos a la gestión de alimentación de gasolina, los motores Diesel pasaron a ser los más contaminantes.

La oportunidad de introducir estos conocimientos en control electrónico a los Diesel no se hizo esperar y la competencia de quién es más contaminante está en marcha.

Para saber qué es contaminante y qué no, veamos que es el aire.

El aire es la mezcla gaseosa que forma la atmósfera de la tierra, se encuentra presente en todas partes y no se puede ver, oler ni oír. Es uno de los factores determinantes de la vida en la Tierra, los organismos vivos dependemos de éste coctel de gases; nuestros pulmones filtran alrededor de 15 Kg. de aire atmosférico al día. Su composición cuando está seco, se establece en las siguientes proporciones en volumen:

- Oxígeno 20,99%
- Nitrógeno 78,03%
- Argón 0,94% (incluyendo otros gases nobles y gases menos conocidos)
- Dióxido de carbono 0,03%
- Hidrógeno 0,01%

A continuación explicaremos cómo contaminan, que componentes son nocivos y lo que se realiza para reducir los residuos. Empezamos enumerando los contaminantes que salen por el escape:

- Agua H<sub>2</sub>O: Sale en forma de vapor, no es considerado contaminante para el medio ni el ser humano.
- CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono: respirable por el ser humano.
- CO: Monóxido de carbono.
- NO<sub>x</sub>: Óxidos de Nitrógeno.
- PS: Partículas sólidas.
- HC: Hidrocarburos.
- SO<sub>x</sub>: Sulfuros.

### MONÓXIDO DE CARBONO (CO).

Respirar cantidades menores de este gas produce vértigo, fatiga y cefalea y en cantidades mayores evita el transporte de oxígeno a la sangre y puede producir la muerte. El síntoma común cuando se está respirando elevada cantidad de monóxido de carbono es el sueño.



Los motores diesel emanan menor cantidad de monóxido que un motor a gasolina, sin embargo, la elevada admisión de aire de los motores diesel es la responsable de la producción de éste.

## HIDROCARBUROS (HC)

En el motor diesel, la salida de estos se relaciona directamente con gasóleo sin quemar. Los hidrocarburos en el aire en concentraciones altas producen irritación de las mucosas.

Los motores diesel tienen elevada formación de hidrocarburos en el ambiente. Los motores antiguos sin controles en la inyección emanan bastante combustible sin quemar y los motores por ser de encendido por presión y no tener un medio externo para iniciar la combustión, como la chispa de la bujía de los motores de ciclo Otto (gasolina), dependen de la alta temperatura para iniciar el quemado de la mezcla, por esta razón, debe mantenerse caliente la cámara para lograr quemar bien los hidrocarburos.

Para evitar la exhalación de hidrocarburos a la atmósfera, se tienen en cuenta varios factores:

- Tiempo de inyección: con un tiempo más adelantado menor cantidad de HC, con un tiempo atrasado, bastante combustible sin quemar.
- Estado de los inyectores: un inyector que no pulveriza bien, es combustible que no logra descomponerse y evaporarse a tiempo, así saldrá por el escape sin quemar.
- Temperatura del refrigerante: un motor frío significa una mala combustión, entonces una ventilación exagerada del radiador y el termostato abierto o inexistente, puede hacer trabajar mal la combustión.
- Cantidad de aire admitido: la eficiencia volumétrica del motor es muy importante para la cantidad de aire que se va a comprimir, recordemos que entre más aire, mayor presión de compresión y mayor temperatura de compresión para el quemado completo de la mezcla. Los factores que influyen en la entrada de aire son el estado del filtro de aire, la calibración valvular y el estado del Turbocompresor.

## ÓXIDOS DE NITROGENO (NO<sub>x</sub>)

Se sabe que el dióxido de nitrógeno causa lesiones y cambios destructivos en los pulmones. En el hombre, aparecen los efectos agudos después de una exposición a concentraciones altísimas de 500 partes por millón. Se produce edema pulmonar agudo o inflamación aguda de las vías respiratorias.

Los motores Diesel son altamente productores de óxidos de nitrógeno, ya que éstos se producen en altas cantidades cuando se tienen temperaturas de combustión muy elevadas y el ciclo Diesel es más caliente que el ciclo Otto.

La emanación de óxidos de nitrógeno depende de estos factores:

- Tiempo de Inyección: a mayor adelanto, mayor temperatura de combustión y mayor cantidad de NO<sub>x</sub>,
- Relación de compresión: a mayor relación de compresión mayor temperatura de combustión y mayor producción de óxidos de nitrógeno.
- Dosificación de combustible: a menor inyección de combustible, mayor cantidad de NO<sub>x</sub>.

A medida que han avanzado los motores Diesel se ha logrado controlar el consumo de combustible en ellos, y para esto han subido las temperaturas de las cámaras de combustión,

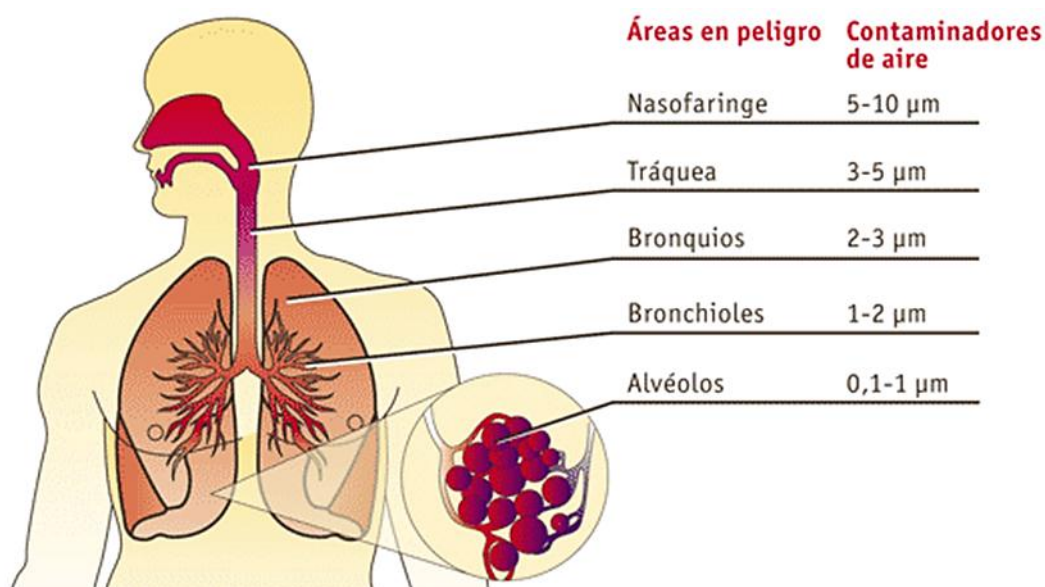
pero también se dispararon los índices de producción de óxidos de Nitrógeno. Para controlar éstos se introdujo la recirculación de gases de escape con la válvula EGR y de esa manera reducir la cantidad de oxígeno en la cámara, lo cual reduce su temperatura y ayuda. También se han reducido incluyendo una inyección extra de combustible al final del tiempo de expansión para bajar la temperatura de los gases, pero aumenta el consumo.

Para controlar en forma más efectiva la producción de este contaminante se ha llegado al tratamiento posterior de los gases de escape con el sistema SCR e inyección de AdBlue, un aditivo en base de Urea.

## PARTÍCULAS SÓLIDAS (PS)

Todas las partículas sólidas y líquidas suspendidas en el medio gaseoso y su composición química incluyendo el carbón elemental (hollín), a excepción del agua, se consideran partículas sólidas o humos negros (por el hollín). Las PS perjudiciales para el hombre son las partículas menores a 10 micras, que pueden penetrar en las vías respiratorias, lo cual tienen el potencial para producir efectos sobre la salud.

Las partículas de tamaño inferior a 2,5 micras son consideradas partículas finas y se depositan con una mayor eficiencia en las vías respiratorias inferiores. Pueden penetrar los mecanismos de defensa del sistema respiratorio y llegar hasta los bronquios. Las partículas inferiores a 0.1 micras, pueden llegar a interactuar con las células alveolares, produciendo efectos de inflamación e irritación. Las partículas sólidas son las que más problemas respiratorios producen.



**Ilustración 2: Penetración de partículas en el sistema respiratorio humano según el tamaño de éstas.**

Los motores Diesel son los que más aportan al medio ambiente en lo que a partículas sólidas se refiere, como el hollín, que es el más evidente a simple vista como humo negro en los escapes. Este hollín (carbón), se produce por la falta de utilización del combustible quemado, es decir, el combustible se quema pero debe completar su ciclo de combustión volviéndose energía calorífica para enviar el pistón hacia abajo con la mayor fuerza posible, pero al no cumplirse bien este proceso, él sale por la válvula de escape quemado en forma de hollín.

Este fenómeno se produce bastante en los motores Diesel por la falta de homogeneidad en la mezcla del combustible, porque en el momento de hacer la inyección en la cámara se encuentran zonas con más concentración de combustible que otras, generando mejor combustión en diferentes zonas de la cámara.

Los factores que influyen en la producción de PS son:

- Cantidad de combustible inyectado: si se tiene una cantidad exagerada de combustible y poco oxígeno en la cámara, pero hay la temperatura para que se queme, tendrá una mezcla muy rica y formará bastante hollín.
- El tiempo de inyección: si está atrasado el tiempo, el combustible no se quema, pero si está bastante adelantado el tiempo, el combustible se quema muy rápido y no se aprovecha por la elevada cantidad de temperatura.
- Calibración valvular: si la válvula de admisión no abre durante el tiempo establecido, habrá una mezcla muy rica por falta de oxígeno, si la válvula de escape no abre durante su tiempo preestablecido, quedarán gases de escape en la cámara, calentando esta exageradamente, produciendo muchas partículas sólidas.

## AZUFRE EN EL COMBUSTIBLE

La concentración de azufre en el combustible, ayuda bastante a la formación de partículas sólidas, pues afecta directamente a la reacción de combustión, que no es perfecta al usar combustibles de origen fósil.

Para bajar la cantidad de PS que salen al final del tubo de escape, se instala un filtro de partículas en él, pero con niveles muy altos de azufre en el combustible, éste filtro tiende a obstruirse.

## COMPUESTOS DE AZUFRE

SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, MSO<sub>4</sub>, Estos compuestos están directamente relacionados con la cantidad de azufre en el combustible. Por normas internacionales, el azufre en el combustible debe estar en 50 partes por millón. El azufre en los combustibles es propio de los extraídos del petróleo. Los combustibles derivados del aceite vegetal no tienen ninguna cantidad de azufre en sus componentes, haciendo a estos no contaminantes en azufre y, por consiguiente, una baja producción de PS. El azufre en la atmósfera se condensa en las nubes y es causante de la lluvia ácida sobre la superficie terrestre.

### 1.2.2.4 Contaminación acústica. Dispersión del ruido.

Se llama contaminación acústica (o contaminación auditiva) al exceso de sonido que altera las condiciones normales del ambiente en una determinada zona. Si bien el ruido no se acumula, traslada o mantiene en el tiempo como las otras contaminaciones, también puede causar grandes daños en la calidad de vida de las personas si no se controla adecuadamente.

De forma más general, el término contaminación acústica hace referencia al ruido (entendido como sonido excesivo y molesto), que normalmente es provocado por las actividades humanas (tráfico, industrias, locales de ocio, aviones, etc.), que produce efectos negativos sobre la salud auditiva, física y mental de las personas.

El término “contaminación acústica” está estrechamente relacionado con el concepto de “ruido”, debido a que ésta se da cuando el ruido es considerado como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos nocivos fisiológicos y psicológicos para una persona o grupo de personas.

Desde el punto de vista físico, el sonido, y por lo tanto el ruido, es una vibración del medio, una onda mecánica que se genera y propaga a través de un medio elástico (gases, líquidos o

sólidos) con una intensidad y frecuencia determinada, provocando una vibración acústica capaz de producir una sensación auditiva. La intensidad del sonido corresponde a la amplitud de la vibración acústica, la cual es medida en decibelios (dB). El ruido ha sido definido desde el punto de vista físico como una superposición de sonidos de frecuencias e intensidades diferentes, sin una correlación de base.

Se ha advertido por parte de organizaciones internacionales, como es el caso de la Organización Internacional de la Salud (OMS), que se corre el riesgo de una disminución importante en la capacidad auditiva, así como la posibilidad de trastornos que van desde lo psicológico (paranoia, perversión) hasta lo fisiológico por la excesiva exposición a la contaminación acústica.

En el caso del ruido, se conoce que su difusión y alcance están relacionados con la distancia desde la fuente emisora hasta el receptor. Este hecho, asimilado por todos como algo natural, hace que sea interesante el buscar rutas que no atraviesen ni pasen cerca de los núcleos de población, siempre y cuando esto sea posible.

Hoy en día, los órganos de gobierno, ya sean a nivel municipal o autonómico, están tomando medidas a este respecto, mediante la modificación de las infraestructuras y la creación de otras nuevas, como pueden ser las variantes y circunvalaciones que rodean las poblaciones de un cierto tamaño. El problema reside en que aún quedan muchos núcleos de menor tamaño que son atravesados directamente por las carreteras, y en algún caso con grandes volúmenes de tráfico.

Otras medidas que se están tomando en casos más puntuales, es la colocación de barreras acústicas entre las vías y las zonas residenciales. De este modo se logran suavizar las ondas sonoras que llegan hasta las viviendas, aunque no se reducen por completo.

Algo tan subjetivo como el ruido es difícil de medir si no se cuenta con los instrumentos necesarios. En la siguiente tabla (número 1) se muestran diferentes niveles sonoros junto con una actividad cotidiana que los representa. De este modo es más fácil comprender de qué valores límite se habla en las diferentes legislaciones existentes a este respecto.

Los primeros requisitos armonizados europeos sobre el ruido de los vehículos de carretera se introdujeron en 1970 con la Directiva 70/157/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre el nivel sonoro admisible y el dispositivo de escape de los vehículos a motor. La misma se ha modificado varias veces posteriormente para revisar y hacer más estrictos los límites de ruido homologados como parte del marco europeo de homologación de los vehículos de motor.

Los límites vigentes en estos momentos figuran en la Tabla 2, que se muestra a continuación. A escala internacional, el Foro Mundial para la Armonización de las Reglamentaciones aplicables a Vehículos en la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE/ONU) ha elaborado el Reglamento nº 51 sobre las emisiones sonoras de los vehículos de carretera, que se considera equivalente a la Directiva 70/157/CEE.

No obstante, pese a que los límites de ruido homologados se han vuelto más estrictos año tras año, no se ha introducido ninguna mejora en lo relativo a la exposición global al ruido generado por los vehículos de carretera. El crecimiento y la expansión del tráfico en el espacio y en el tiempo, y el desarrollo de las actividades de ocio y turismo han anulado parcialmente los efectos de los avances tecnológicos.

Nivel de Presión Sonora dB(A)	Sensación Acústica	Ejemplos
< 0	No audible	Cámara anecoica
0	Umbral de audibilidad	Teste de audiometría
10	Muy silenciosa	Estudio de grabación
20		Grutas
30	Silenciosa	Dormitorio
40		Oficina tranquila
50	Moderada	Oficina
60	Modesta (para un trabajo intelectual)	Conversación a 1 metro
70	Moderadamente desagradable	Calle peatonal – taller
80	Desagradable	Estación de tren
90	Umbral de peligro si > 8 horas diarias	Taller con maquinaria
100	Muy fuerte	Maquinaria de laminado
110	Los gritos no son audibles	
120	“Sordera”	
130	Umbral de dolor	Avión despegando

**Tabla 1: Niveles de ruido y sensación acústica.**

Tipo de vehículo de motor	Límite (dB(A))
Vehículos destinados al transporte de personas y con nueve asientos como máximo incluido el asiento del conductor.	<b>74</b>
Vehículos destinados al transporte de personas, con más de nueve asientos incluido el asiento del conductor, una masa máxima autorizada de más de 3,5 toneladas y:	<b>78</b> <b>80</b>
- una potencia del motor inferior a 150 kW.	
- una potencia del motor de 150 Kw. o más.	
Vehículos destinados al transporte de personas con más de nueve asientos incluido el asiento del conductor, y vehículos destinados al transporte de mercancías:	<b>76</b> <b>77</b>
- con una masa máxima autorizada que no supere las dos toneladas.	
- con una masa máxima autorizada de entre 2 y 3,5 toneladas.	
Vehículos destinados al transporte de mercancías, con una masa máxima autorizada superior a 3,5 toneladas y:	<b>77</b> <b>78</b> <b>80</b>
- potencia del motor inferior a 75 kW.	
- potencia del motor de 75 Kw. o más, hasta 150 kW.	
- potencia del motor de 150 Kw. o más.	

**Tabla 2: Límites vigentes en la Unión Europea**

## DISPERSIÓN DEL RUIDO

La dispersión geométrica de la energía sonora en el espacio es la resultante de la propagación de la onda acústica, que siempre sufre una atenuación en el nivel sonoro cuando se aumenta la distancia desde el receptor hasta el observador.

Cuando se considera que la dispersión es esférica (todas direcciones) la disminución del ruido al hacer que la distancia sea el doble la superficie del frente de onda se hace cuatro veces mayor, y la presión sonora disminuye 6dB (Embleton, 1996).

En cambio si se considera la propagación del ruido en forma cilíndrica, la emisión del ruido es a lo largo de un eje, y en este caso el área del cilindro es proporcional con la distancia, y por eso la disminución del nivel de ruido es de 3 dB doblando la distancia.

En el segundo caso, si consideramos un receptor cercano de la carretera, el nivel de ruido que recibe dependerá casi exclusivamente del vehículo que circula en frente suya, dado que el resto están relativamente lejanos. Este sería el caso de un vehículo pasando solo por la carretera. Por tanto, un receptor cercano a la carretera se verá afectado por un nivel de ruido fluctuante entre el máximo y el mínimo. Si el receptor se aleja de la carretera, el resto de vehículos empieza a jugar un papel importante, ya que las distancias entre el receptor y las diferentes fuentes emisoras son comparables.

Es por eso que se realizan las medidas de lo que se conoce como nivel sonoro equivalente que se define de la siguiente manera (T = tiempo promedio):

$$L_{eq} = 10 \log \left[ \left( \frac{1}{T} \sqrt{\int_0^T p_A^2(t) dt} \right) / p_{ref}^2 \right]$$

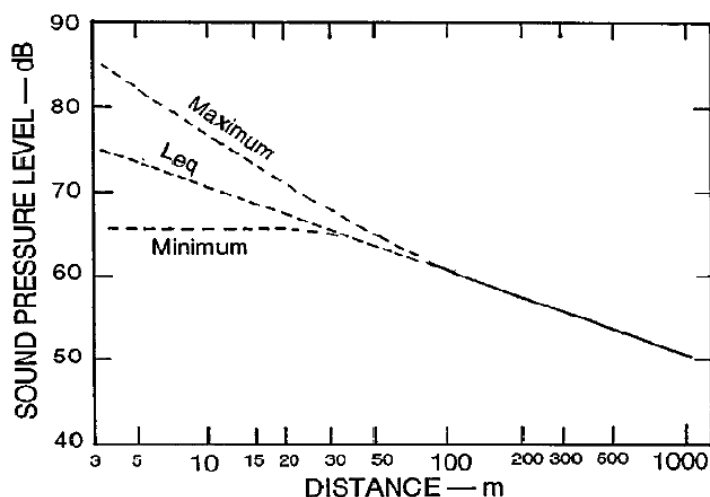


Ilustración 3: Atenuación del nivel de ruido con la distancia. Fuente: (Embleton 1996)



#### 1.2.2.5 Ocupación del suelo.

Por lo que se refiere a transporte interurbano, sí se dispone de una estimación aproximada de las superficies ocupadas y afectadas por las infraestructuras de transporte en España.

Existen estimaciones que indican que las infraestructuras de transporte interurbanas ocupan directamente más del 1% y afectan al potencial uso de más del 5% del territorio total del estado español.

Es importante recordar que las infraestructuras de transporte se suelen concentrar en los suelos de mayor calidad y potencialidad de usos, que es donde se concentra la población. En la geografía española estos suelos no son potencialmente abundantes.

La superficie ocupada se refiere a la extensión de suelo de dominio público sobre el que se sitúan las diversas infraestructuras, en tanto que la superficie afectada incluye los terrenos que soportan diferentes limitaciones de uso en razón a su proximidad a las infraestructuras de transporte.

Por otra parte, la incidencia de las infraestructuras de transporte sobre el territorio en general, y especialmente sobre los ecosistemas naturales no se limita al problema de la ocupación física o de la afección directa. La fragmentación de los ecosistemas que provocan las vías de transporte, especialmente las grandes infraestructuras, como autovías o líneas de alta velocidad, es un factor de degradación ecológica. Una prueba de ello es la mortalidad causada en la fauna por los atropellos en la red viaria. Según Ecologistas en Acción cerca de 10 millones de animales de 302 especies distintas mueren atropellados cada año en las carreteras españolas. Aunque perros y gatos suman el 11%, la inmensa mayoría corresponde a la fauna silvestre como sapos, gorriones, conejos, zorros, lince, lobos, corzos, puerco espines y muchos reptiles.

#### 1.2.3 Compensación de externalidades.

Para mitigar los impactos de las externalidades, el sector público puede, de alguna manera, mitigar éstos en cierta medida. Aquí se presentan algunas ideas de compensación económica a las externalidades, que podrían llevarse a la práctica (algunas ya están en uso):

- Asignación de los derechos de propiedad: Las externalidades se caracterizan por una situación en la que no están bien definidos los derechos de propiedad.
- Impuestos y subvenciones: Fijación, por parte del sector público, de impuestos (caso de externalidad negativa) o subvenciones (caso de externalidad positiva) que reflejen la valoración marginal de los efectos externos y permitan su internalización.
- Regulación: El sector público establece normas legales que fijen el nivel óptimo de producción o consumo en presencia de externalidades.
- Mecanismos de compensación: La aplicación de impuestos y subvenciones, así como de la regulación, plantea problemas ya que exige al sector público conocer la valoración marginal de los efectos externos por parte de los agentes.

La OCDE (2002), en sus directrices para un transporte ambientalmente sostenible, establece la necesidad de incorporar los costes externos en el análisis de viabilidad económica e implicaciones de la política de transporte. De forma similar, la Conferencia Europea de Ministros de Transporte instó en el año 1998 (CEMT/OM (98)5/Final) a los gobiernos a desarrollar instrumentos para la internalización de las externalidades negativas en el transporte.

Más recientemente, la Comisión Europea ha incorporado este enfoque en la política comunitaria de transportes mediante el Libro Blanco sobre Tarifas Justas por el Uso de las Infraestructuras y el Libro Blanco del Transporte (Comisión Europea, 1998 y 2001). Más recientemente, en el año 2004, el Parlamento Europeo solicitaba a la Comisión la creación de un modelo de aplicación general, transparente y comprensible para la valoración de todos los costes externos ambientales, de congestión y relacionados con la salud, que sirva de base para cálculos futuros de tarificación de infraestructuras (Parlamento Europeo, 2004).

Fue a partir de septiembre de 2001, cuando con el Libro Blanco del Transporte (Comisión Europea, 2001) la Comisión Europea planteó como principales problemas del sector de transporte en Europa las limitaciones de las infraestructuras, la congestión y los accidentes, y como principal instrumento para afrontarlos, la tarificación del uso de infraestructuras, internalizando los costes externos no soportados por los usuarios del sistema. Esto es lo que se conoce como la directiva Euroviñeta (Comisión de las Comunidades Europeas, 2003). Asimismo, la Comisión Europea insta a los países miembros a incluir los costes medioambientales en el cálculo de dichas tasas de peaje, variando el valor del peaje en función del nivel de emisiones del vehículo.

En cualquier caso, el proceso de cálculo económico de los costes externos, y de establecimiento de procedimientos de recaudación, tiene un gran número de incertidumbres, aunque se hace necesario mejorar la gestión de la oferta y la demanda de transporte, de manera que permita recuperar el equilibrio en el sector.

A modo de resumen, entre los costes externos estudiados en el transporte, cabe destacar los costes por cambio climático, coste de accidentes, de ruido, de la contaminación del aire, de congestión, costes para la naturaleza y el paisaje y costes adicionales en áreas urbanas, además de otros efectos indirectos (INFRAS, 2006).

Para el estudio del presente trabajo tendremos en cuenta sólo dos de estos costes externos, la emisión de partículas a la atmósfera y la contaminación acústica para la valoración medioambiental de las alternativas.

La contaminación debido a las emisiones de partículas y de dióxido de carbono, es de gran importancia, ya sea como efecto dañino en la salud de las personas o como impacto en el medio natural y artificial. Entendiendo como medios naturales los bosques y cultivos, mientras que los artificiales se refieren a los edificios y otras construcciones realizadas por las personas.

En comparación, la contaminación acústica puede resultar de menor incidencia, si bien no hay que olvidar que la mayoría de los estudios se realizan en entornos urbanos, y el ruido existente en las ciudades debido a múltiples factores puede encubrir el coste debido al ruido.

En anteriores apartados (1.2.2.3 y 1.2.2.4), se explica detalladamente la contaminación acústica y la atmosférica, que conjuntamente conformarán la estudio medioambiental del proyecto. Este análisis junto con la parte económica, se evaluará convenientemente mediante técnicas de análisis multicriterio para, al final, tomar la decisión de cuál de las alternativas es la mejor, aunando tanto criterios económicos como medioambientales.



## 2. Toma de decisiones en Transporte sostenible.

A continuación se realizará una descripción de la metodología empleada en el proceso de selección de la ruta más sostenible. Debido a la complejidad del problema que se plantea, se tiende a realizar una simplificación de la realidad, consiguiendo un modelo que nos permite analizar el problema desde una perspectiva bastante amplia, y mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las técnicas de Análisis de Decisión Multicriterio (ADMC), se visualizará, analizará y procesará la información que creemos más relevante para el desarrollo del estudio, y la posterior selección de la alternativa deseada.

La toma de decisiones en un análisis multicriterio espacial, consiste en un procedimiento que abarca una secuencia de actividades. En primer lugar es necesario definir correctamente el problema, para posteriormente analizar las causas del mismo especificando una serie de criterios y generar y evaluar las alternativas que previsiblemente solucionen el problema. En la próxima ilustración, se presentan las posibles tareas necesarias para solucionar el problema. En las primeras etapas las técnicas SIG desempeñan el papel principal, mientras que en las últimas las funciones ADMC son las protagonistas.

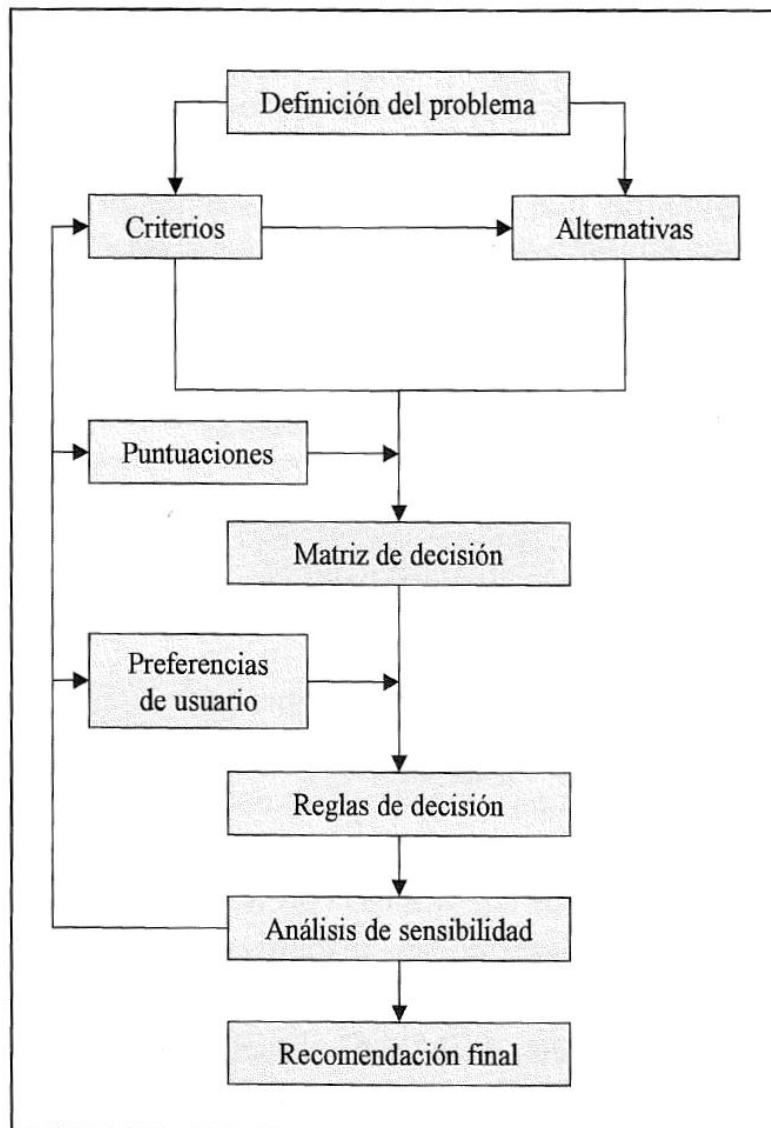
Después del “rating”, o puntuación de cada alternativa según cada criterio, se obtiene la matriz de decisión que aparece en la Ilustración 5. Las preferencias de los tomadores de decisiones otorgan a cada criterio el peso que el tomador considera que tiene para resolver, lo mejor posible, el problema. Llegados a este punto, se ensamblan los resultados obtenidos y se da una estimación global de las alternativas. Esto se consigue mediante una regla de decisión que clasifica las alternativas por orden de preferencia.

El análisis de sensibilidad sirve para valorar la robustez del proceso. Para ello se introducen pequeños cambios en las entradas del proceso (datos geográficos y preferencias), para observar cómo afectan estos cambios a la solución final. Si estos pequeños cambios no afectan a la solución final, la clasificación es considerada robusta. Si las pequeñas modificaciones afectan al resultado final de manera considerable, se procede a la reformulación del problema, realizando las modificaciones pertinentes tanto en los criterios, como en las puntuaciones, como en las ponderaciones, tal y como indica la Ilustración 4.

### 2.1 Toma de decisiones y evaluación multicriterio (EMC).

Cada vez es mayor el uso de técnicas o procesos para la toma de decisiones. Una toma de decisiones consiste en la evaluación de una serie de alternativas en función de unas variables o atributos, para obtener el resultado que mejor satisfaga nuestros objetivos.

El término Evaluación Multicriterio (EMC), suele usarse como sinónimo de Análisis de Decisión Multicriterio (ADMC). “Los métodos de evaluación y decisión multicriterio, comprenden la selección entre un conjunto de alternativas factibles, la optimización con varias funciones objetivo simultáneas, un único agente decisor y procedimientos de evaluación racionales y consistentes” (Martínez, 1998).



**Ilustración 4: Estructura de un problema de Análisis de Decisión Multicriterio espacial**

**Fuente: (Taboada, 2005, pag124).**

## 2.2 Conceptos y definiciones.

Para el correcto análisis de los principales enfoques de la teoría de la decisión multicriterio, definiremos los siguientes conceptos básicos, que en algunos casos se podrían utilizar con el sinónimo de criterios, pero que en la teoría de la decisión multicriterio conviene hacer una distinción en su verdadero significado:

- Atributo: son valores del centro decisor, relacionados con una realidad objetiva, que suelen ser expresados con una función matemática  $f(x)$  de las variables de decisión. (ej. Beneficio, ventas, número de visitantes, empleo, etc.)
- Objetivos: representan direcciones de mejora de los atributos. Son por lo general procesos de maximización y minimización de atributos, es decir funciones del tipo  $\text{Max } f(x)$  o  $\text{Min } f(x)$ . (ej. Maximización de beneficio).
- Metas: son objetivos con un nivel de aspiración definido por el centro decisor (ej. alcanzar un beneficio de 5.000 u.m.). Los niveles de aspiración representan un nivel aceptable

del logro para ese atributo. Las metas no son tan restrictivas como las restricciones tradicionales de programación, si no que permiten cierta holgura entre el exceso o la falta del logro.

### 2.3 Principales enfoques de la teoría de la Decisión multicriterio.

Una vez definidos estos conceptos básicos pasamos a hacer una pequeña clasificación de las principales técnicas en la decisión multicriterio en función del tipo de criterio utilizado en el problema decisional. Dentro de los principales enfoques de la teoría de la decisión multicriterio encontramos la Programación Multiobjetivo cuando el centro decisor toma decisiones en una situación de objetivos múltiples. Si el centro decisor tiene que tomar una decisión en el contexto de múltiples metas, el enfoque multicriterio a considerar es la Programación por Metas. Mientras que si el contexto del problema está caracterizado por múltiples atributos se empleará la Programación Multiatributo. En las dos primeras, las soluciones o alternativas que alcanzan esos objetivos suelen ser infinitas y por lo tanto se trata de problemas continuos, mientras que en la última se suele utilizar en problemas discretos con alternativas o soluciones finitas, como en el problema que se plantea en el presente trabajo. La programación multiatributo o Toma de Decisión Multiatributo requerirá pues una selección entre alternativas descritas por sus atributos. Alternativas ya existentes y definidas. Sin embargo la programación Multiobjetivo o la Toma de Decisiones Multiobjetivo, se utilizaría para el diseño de alternativas y la búsqueda de la solución más eficiente entre un conjunto muy amplio, cuasi infinito, definiendo cada alternativa implícitamente en función de las variables de decisión y se evalúa a través de las múltiples funciones objetivo. Se trataría del típico problema del diseño de la traza de una carretera, contando con infinitas posibilidades para la unión de dos puntos mediante una línea.

Por lo tanto a modo de resumen concluiríamos diciendo que resolver un problema multiatributo o discreto, entraña un proceso de selección o evaluación, frente al proceso de diseño o búsqueda que implica la resolución de un problema multiobjetivo o continuo.

### 2.4 Problemas decisionales discretos.

A continuación procedemos a adentrarnos en la parte de la programación que nos ocupa, para resolver el problema que nos interesa.

La estructura de los problemas decisionales discretos suele ser la siguiente: un conjunto de  $m$  puntos que son las alternativas de la solución óptima ( $E_1, E_2, \dots, E_i, \dots, E_m$ ). Un conjunto de  $n$  puntos que son los atributos o criterios relevantes del problema ( $A_1, A_2, \dots, A_j, \dots, A_n$ ), y un conjunto de  $m \times n$  puntos que representan el resultado alcanzado por cada alternativa para cada uno de los atributos.

La representación básica del problema decisional multicriterio de tipo discreto es la matriz decisional (Anderson et al., 2008), que se puede observar en la Ilustración 5.

### 2.5 Análisis multicriterio espacial.

La componente geográfica que presenta el problema planteado, nos permite otorgarle a cada uno de los elementos de la matriz decisión, un valor calculado mediante análisis SIG, quedando la matriz decisional como sigue en la Ilustración 6.b. Esta es la gran diferencia de un problema con efectos espaciales de uno que no tiene efectos especiales.

		ATRIBUTOS					
		$A_1$	$A_2$	...	$A_j$	...	$A_n$
ALTERNATIVAS	$E_1$	$R_{11}$	$R_{12}$	...	$R_{1j}$	...	$R_{1n}$
	$E_2$	$R_{21}$	$R_{22}$	...	$R_{2j}$	...	$R_{2n}$
	...	...	...	...	...	...	...
	$E_i$	$R_{i1}$	$R_{i2}$	...	$R_{ij}$	...	$R_{in}$
	...	...	...	...	...	...	...
	$E_m$	$R_{m1}$	$R_{m2}$	...	$R_{mj}$	...	$R_{mn}$

Ilustración 5: Matriz decisional.

Fuente: (Romero, 1993)

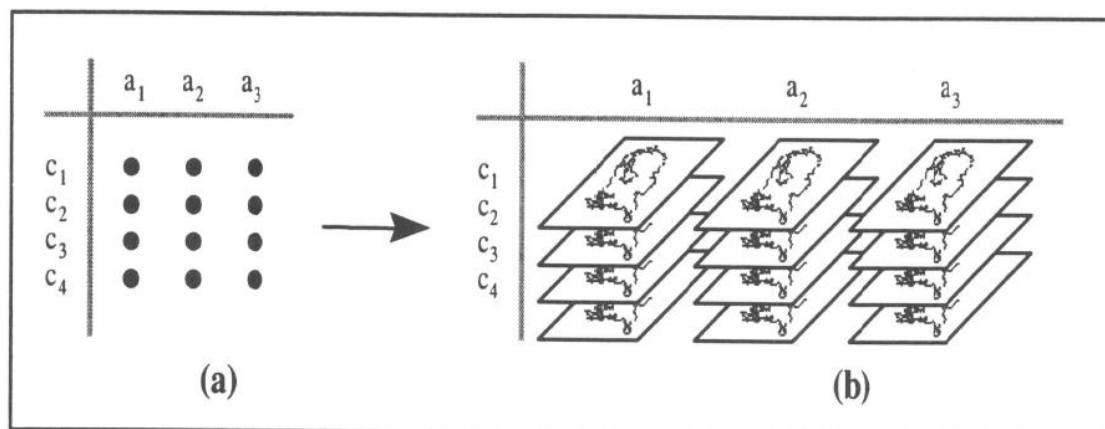


Ilustración 6: matriz decisional (a) sin efectos espaciales, (b) con efectos espaciales.

(Van Herwijnen and Jansen, 2001)

El conjunto de los criterios deben representar en la medida de lo posible la globalidad de factores influyentes en el problema. La simplificación de la realidad que se asume para la resolución del problema, tiene que generar un modelo lo suficientemente robusto, a la par de sencillo, que nos permita tomar la solución óptima. Por ello, el conjunto de criterios debe ser completo, para que se cubran todos los aspectos del problema, operacional, divisible y no redundante.

Al no existir una fórmula mágica, para cada uno de los problemas, el procedimiento para seleccionar los criterios de un problema dado, debe ser iterativo, y se definirán los criterios definitivos después de varios análisis de sensibilidad con una metodología empírica, después de eliminar criterios redundantes y no pertinentes.

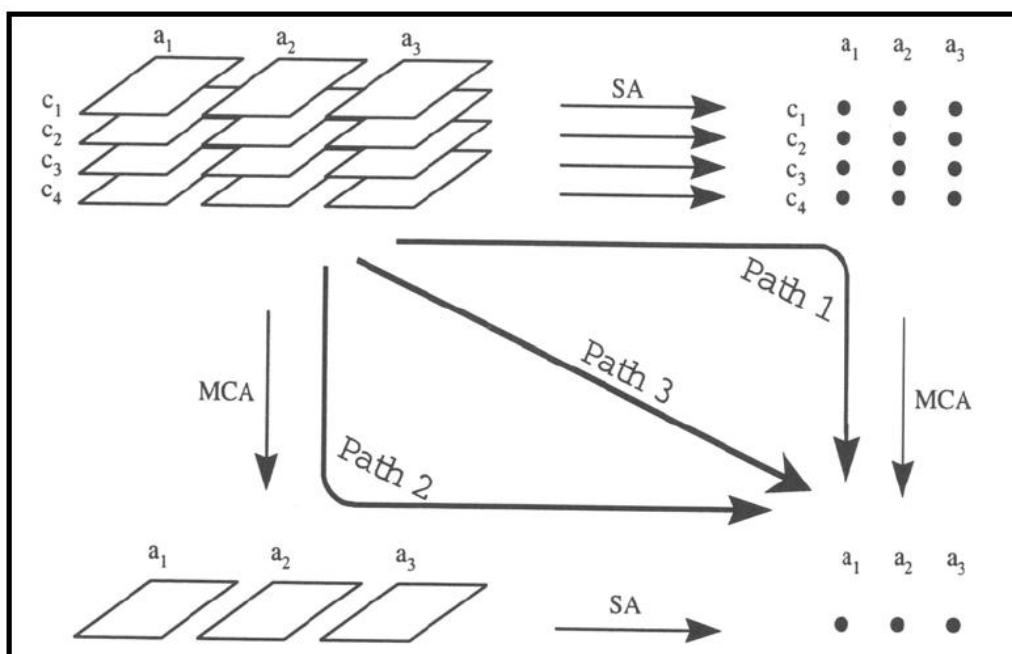
La gran ventaja de los SIG, es que permite mostrar cada uno de los criterios o atributos de una manera visual, como un mapa de criterio. Es cierto que un criterio se medirá con una unidad, posiblemente diferente a la de las otras unidades, por lo que no se podrán hacer comparaciones. Por ello, habrá que normalizar los resultados de cada uno de los análisis realizados para cada criterio, para que puedan ser sumados cada uno de los efectos que producen con su correspondiente peso, como veremos más adelante.

A continuación aparecen, en la Ilustración 7, tres vías posibles para la realización de los Análisis de Decisión Multicriterio espaciales.

- La primera de las vías, consiste en la realización previa de la agregación espacial (S.A., Spatial Agregation), y mediante los diferentes análisis SIG realizados en cada una de las capas de información geográfica, para cada alternativa, se consigue obtener una matriz decisional, a partir de la cual, se puede realizar el Análisis Multicriterio convencional.

- La segunda de las vías, consiste en realizar primeramente el Análisis Multicriterio de cada una de las alternativas, para tener como producto intermedio, los valores espaciales de cada una de las alternativas. Es necesario introducir las capas de información en formato raster, para que el software, realice mediante la calculadora raster, los cálculos necesarios, y otorgue a cada capa de información el peso que se considere oportuno, y poder tener la representación para cada alternativa. Para finalmente realizar la agregación espacial y obtener los resultados numéricos de cada una de las alternativas o escenarios.

- La tercera de las vías utiliza algoritmos de algunos de los softwares SIG. Estos algoritmos actúan como verdaderas cajas negras en las que es necesario introducir las capas de información geográfica (criterios) en formato raster y una tabla en forma de matriz de comparación por pares, para especificar los pesos relativos de cada criterio, y obtener así, mediante el cálculo y la superposición de las diferentes capas o criterios, las soluciones más optimas o de mayor aptitud para la realización de una actividad.



**Ilustración 7: tres vías para la Evaluación Multicriterio Espacial con SIG. (Van Herwijnen and Jansen, 2001)**

El camino que se ha adoptado en el presente trabajo ha sido el primero, ya que los otros dos están condicionados a la utilización del modelo de representación raster, mientras que el primero puede utilizarse tanto el raster como el vectorial. En el presente trabajo se ha utilizado el modelo de representación vectorial, principalmente porque el software utilizado era fundamentalmente vectorial, y la extensión utilizada para el conjunto de las alternativas, hacía inviable la utilización del modelo raster a una escala con una resolución lo suficientemente buena, ya que el modelo raster tiene la desventaja de almacenar gran cantidad de información y ocupa mucho espacio en el almacenamiento de la misma.

## 2.6 Exposición de métodos para la ponderación de los criterios.

Lo más usual es que haya que tomar una decisión que cumpla varios objetivos, metas o atributos, complementarios o en conflicto. Las preferencias por unas alternativas en detrimento de otras, las marca el agente o el equipo decisor, el cual ponderará con un mayor peso aquellos factores o criterios de evaluación que les resulten de mayor transcendencia. Los pesos deben ser normalizados, de modo que la suma de todos los pesos de los criterios sea igual a la unidad. Existen diferentes técnicas para otorgar a cada criterio el valor que se merece. Entre todas ellas destacaremos tres tipos.

En primer lugar están las técnicas de clasificación o ranking que consiste en ordenar los criterios según su importancia, y otorgarle un número según el orden ascendente, de manera que el uno es el más importante, el dos el siguiente y así sucesivamente, para posteriormente, calcularles los pesos a cada uno de los criterios según el número de criterios y su posición en el ranking creado anteriormente. Son métodos muy simples de utilizar, pero quedan bastante limitados por la cantidad de criterios empleados en la evaluación. Han sido muy criticados por la falta de un fundamento teórico en la otorgación de las ponderaciones, ya que para dos problemas totalmente distintos con el mismo número de criterios, estos tendrán la misma importancia según la posición que ocupen en las respectivas lista de clasificación de su respectivo problema. Por lo que son utilizados como técnicas aproximativas.

En segundo lugar están las técnicas de valoración o rating, por las cuales el agente decisor utiliza una escala predeterminada, de por ejemplo 100u.i. (unidades de importancia), y reparte a cada criterio, el valor que estima oportuno. Siendo un cero para los atributos que queden ignorados y un 100 para el criterio único de mayor importancia. Esta técnica también ha sido bastante criticada por la falta de fundamento teórico, ya que los pesos asignados pueden ser de difícil justificación.

Por último quedaría el método de comparación por pares desarrollado por Saaty (Saaty, 1999), que ha sido el que se utilizará en el presente trabajo y que se basa en la comparación de cada uno de los criterios con los demás, obteniendo los pesos relativos. Los pasos en que se desarrolla el método son:

- a) Generación de la matriz de comparaciones: al compararse los diferentes criterios entre sí, en la diagonal principal solo puede aparecer el valor 1. Mientras que en las demás casillas de la matriz se van rellenando según la importancia de un criterio respecto al otro, utilizando una escala con valores de 1 (igual de importante) hasta 9 (mucho más importante que el otro). Lógicamente la matriz es recíproca de manera que si un criterio ha recibido la importancia de 3 respecto al otro, este último será 1/3 de importante respecto al primero.
- b) Cálculo de los pesos: se suman los valores en cada columna de la matriz y se divide cada elemento por el total de su columna, quedando normalizados cada uno de los elementos. Finalmente se calcula el promedio de cada fila de la matriz normalizada. Estos valores medios serán los pesos que se asignarán a cada criterio.



- c) Estimación de la consistencia: por último se calcula el ratio de consistencia que si tiene un valor inferior a 0,1 el nivel de consistencia se considera razonable. De lo contrario se considera que los juicios de valor subjetivos han sido inconsistentes por lo que habrá que repetir la valoración de los elementos de la matriz.

La comparación por pares, forma parte del método AHP (Analytic Hierarchy Process- Proceso de Jerarquía Analítica) desarrollado por el mismo autor Saaty, y esta comparación se repite varias veces en el desarrollo de dicho método que ha sido el utilizado en el presente trabajo. Así pues se desarrollará más a fondo la comparación por pares en uno de los ejemplos que se ha expuesto en este tema (apartado 2.8).

La selección de una técnica u otra para la estimación de los pesos de los criterios, dependerá del tipo de problema que se tenga, y del resultado que el agente decisor quiera obtener. Si por un lado se quiere una facilidad en el uso, y no se busca tanto la exactitud, se deberá recurrir a técnicas como la clasificación o la valoración. Mientras que, por el contrario, se busca exactitud y el fundamento teórico lo más apropiado es acudir a técnicas como la comparación por pares. Ciertas comprobaciones empíricas sugieren que esta última es una de las técnicas más efectivas para problemas de decisión espacial basados en SIG (Taboada, 2005).

## 2.7 Exposición de métodos para la selección de alternativas.

Una vez que hemos analizado las diferentes técnicas para asignar los pesos a los criterios, profundizaremos en la siguiente fase del proceso de toma de decisiones en un Análisis de Decisión Multicriterio (ADMC), que es la regla de decisión, tal y como vimos en la Ilustración 9. Una regla de decisión es un procedimiento que sirve para ordenar alternativas y seleccionar la alternativa favorita para el agente decisor. Dado que es la situación en la que se encuentra el problema que se presenta en la presente memoria, sólo trataremos las reglas de decisión que se suelen utilizar en la Toma de Decisiones Multiatributo espacial. Entre los diferentes métodos que existen, destacamos la suma lineal ponderada, función de valor/utilidad, AHP y ELECTRE. Por ello, analizaremos el objetivo de la Toma de Decisiones Multiatributo que no es otro que seleccionar la alternativa que mejor solucione el problema, y hacer una clasificación ordenada de soluciones posibles (Gómez Delgado, 2005).

La suma lineal ponderada (scoring) consiste en asignar pesos de importancia a los atributos, por cualquiera de los métodos que acabamos de presentar en los párrafos anteriores, y además se asignan los valores que cada alternativa tiene con respecto a ese criterio, de forma que cada alternativa queda valorada de la siguiente manera:

$$A_i = \sum_j p_j v_{ij}$$

Siendo  $A_i$  cada una de las alternativas,  $v_{ij}$  es la puntuación de la alternativa  $i$  con respecto al atributo  $j$ , y  $p_j$  es el peso normalizado para el atributo  $j$ -ésimo. Este método es muy fácil de implementar, tanto en el modelo raster como el vectorial, y hay que tener presente la linealidad de los criterios y la posibilidad de adicionar unos con otros. Es un método directo y compensatorio, totalmente manipulable, que permite la asignación de pesos a los criterios que afectan a la solución óptima. Es un método intuitivo y muy sencillo de utilizar y por ello ampliamente difundido (Sinha y Labi, 2007).

Otro de los métodos para conseguir unas reglas de decisión son las funciones de valor-utilidad. Se utiliza función valor para situaciones sin riesgo y conocidas, mientras que se utiliza función utilidad, para situaciones probabilísticas con cierto riesgo e inciertas. A cada atributo se le asigna una función valor, lo que requiere un alto grado de conocimiento de los atributos por

parte del agente decisor. Las consecuencias de cada alternativa son valoradas y sus valores se incluyen en la función del atributo  $v_j$  (Madden, 1986).

$$V(a_i) = \sum_j p_j v_j(x_j(a_i))$$

“El Análisis jerárquico o método AHP” (Analytic Hierarchy Process- Proceso de Jerarquía Analítica), es un método que descompone una situación compleja y no estructurada en sus componentes, los ordena en una jerarquía, realiza comparaciones binarias (dentro del mismo nivel jerárquico) y atribuye valores numéricos a juicios de valor subjetivos, respecto a la importancia relativa de cada variable (tanto en el nivel jerárquico de los criterios, como en el nivel jerárquico de las alternativas). Es un método bastante intuitivo en su aplicación, difícilmente manipulable y probablemente sea el método más difundido y con mayor experiencia en mundo. (Martínez, 1998). Este método ha sido el utilizado en el proyecto, por lo que se ha creído conveniente estudiarlo más a fondo en el siguiente apartado.

“Relaciones de superación” (outranking) (ELECTRE-ELimination Et Choix TRaduisant la REalité): es un método que inicialmente permite reducir considerablemente el número de soluciones eficientes a un subconjunto llamado núcleo (de alternativas más favorables), y otro conjunto de alternativas menos favorables. El modelo de la relación de superación consiste en admitir para cualquier par de alternativas, que una “supera” a la otra, cuando son satisfechas una condición de concordancia y una de discordancia. La concordancia cuantifica el “grado de dominación” de la alternativa A sobre la B; la discordancia cuantifica el grado de no-dominancia de la alternativa B sobre A. Conforme al nivel de incertidumbre, existen relaciones de superación determinísticas y difusas (fuzzy). Los métodos de superación han surgido de la Escuela Francesa, y su uso se ha difundido al resto de Europa.

## 2.8 Método AHP (Proceso de Jerarquía Analítica).

Ha sido el método que se ha utilizado en el presente proyecto, para la selección de alternativas. Sus siglas definen el método: Analytic Hierarchy Process (Proceso de Jerarquía Analítica), y la primera versión del método fue desarrollada a inicios de los años ochenta por el mismo autor (Saaty, 1980, 1994, 1999, 2001). El método consiste en analizar el problema, y establecer una serie de jerarquías. En el primer nivel encontramos el propósito que se pretende alcanzar para lograr el objetivo propuesto, en el segundo nivel encontramos los criterios que entran en juego a la hora de tomar la decisión, y en el último nivel, se especifican las alternativas.

Como ya hemos avanzado, es un método que descompone una situación compleja y no estructurada en sus componentes, y utiliza la capacidad del ser humano para realizar comparaciones dos a dos cuando tiene que elegir entre un número finito de alternativas.

Así pues, una vez establecida la jerarquía, se comparan las alternativas dos a dos en función de uno de los criterios, formando las respectivas “matrices de comparación por pares”. Se crearán tantas matrices como criterios definan el problema, y todas ellas tendrán un rango de  $m \times m$  siendo  $m$  el número de alternativas consideradas. En cada una de las matrices, se obtendrán las preferencias de las alternativas en función del criterio que en esa matriz se esté considerando.



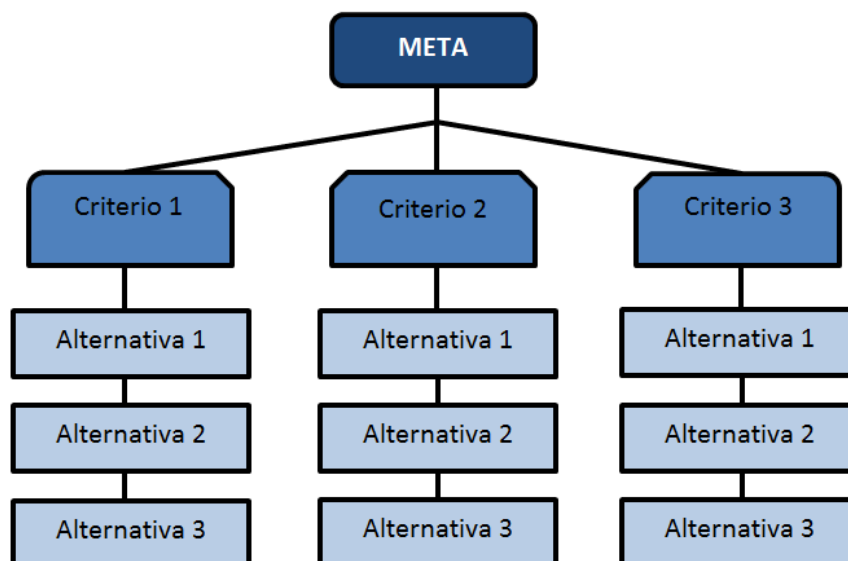


Ilustración 8: Estructura jerarquizada de un problema mediante el método AHP.

Por último se hará lo propio con los criterios de forma que se compararán también por pares mediante una matriz de  $n \times n$  siendo  $n$  el número de criterios que conforman la decisión o la meta. Estos criterios se compararan en función de la importancia que tienen para la resolución del problema.

La vida está llena de decisiones, y al día se toman un gran número de ellas, algunas más complejas que otras y con mayor o menor transcendencia. Desde algo tan simple y con poca transcendencia como la compra de una caja de leche, hasta algo de mayor transcendencia y calado como los estudios universitarios que se desean cursar. A modo de ejemplo, vamos a presentar un problema sencillo, para hacernos una idea de la forma de proceder de dicho método.

Javier pretende alquilar un piso para vivir en una nueva ciudad donde se ha mudado a causa de su nuevo empleo. Después de mucho buscar y realizar varias visitas a un gran número de inmobiliarias, opta por limitar las alternativas a tres pisos bastante dispares, y desarrolla un método AHP para analizar el problema, sus preferencias y decidir en cual asentarse en su nueva etapa.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Altura, piso	1º	ático	3º
m <sup>2</sup> útiles	40	60	50
Distancia al trabajo (km)	2	5	0,5
Equipado %	30	100	80
Mensualidad (€)	500	550	600

Para Javier, un criterio fundamental es la distancia al trabajo (C1), ya que no tiene coche, y le parece muy práctico vivir a una distancia corta de su casa al trabajo. El precio de la mensualidad (C2), también le parece un criterio importante, ya que en su nuevo empleo tampoco cobra demasiado. Y como último criterio a considerar por nuestro protagonista, el confort (C3) en el cual entran cabida lo equipado que está el piso para entrar a vivir, y la superficie útil del piso. Sin embargo la altura del piso,

tampoco le parece del todo trascendental, ya que a pesar de que ninguna de las alternativas tienen ascensor, Javier es un chico joven y deportista que al que no le supone mucho esfuerzo subir escaleras, aunque si nuestro protagonista tuviera alguna discapacidad, el hecho de que el piso tuviera ascensor sería capital, para la consideración de dicho criterio, y se consideraría un factor limitante, y por consiguiente las alternativas que a Pedro le parecen las idóneas, no entrarían en consideración siquiera.

A continuación Javier realiza una matriz de comparación por pares para analizar los criterios y la importancia que él le otorga a cada uno de ellos, utilizando la escala de comparación de los criterios.

ESCALA DE COMPARACIÓN POR PARES	IMPORTANCIA DE CRITERIOS
<u>JUICIO VERBAL</u>	<u>VALORACIÓN NUMERICA</u>
Extremadamente más importante	9
	8
Sumamente más importante	7
	6
Fuertemente más importante	5
	4
Moderadamente más importante	3
	2
Igualmente más importante	1

Ilustración 9: Escala de comparación por pares de Saaty. Importancia de los criterios.

Se comparan dos a dos cada uno de los criterios, y se va rellenando la matriz en función de la escala de comparación por pares. Al compararse los diferentes criterios entre sí, en la diagonal principal sólo puede aparecer el valor 1. Mientras que los demás elementos de la matriz se van rellenando según la importancia de un criterio respecto el otro, utilizando una escala con valores desde 1 (igual de importante) hasta 9 (extremadamente más importante que el otro). Lógicamente la matriz es recíproca de manera que si un criterio ha recibido la importancia de 3 respecto al otro, este último será 1/3 de importante respecto al primero. Javier considera que la distancia (C1), es moderadamente más importante (valor = 3) que el precio (C2), y fuertemente más importante (valor = 5) que el confort (C3), mientras que el precio (C2) es ligeramente más importante (valor = 2) que el confort (C3).

	C1	C2	C3
C1	1	3	5
C2	1/3	1	2
C3	1/5	1/2	1

Como ya se ha comentado en la exposición de la comparación por pares, para el cálculo de los pesos, se suman los valores en cada columna de la matriz (a) y se divide cada elemento por el total de su columna (b), quedando normalizados cada uno de los elementos. Finalmente se calcula la media de cada fila de la matriz normalizada (c). Estos valores medios serán los pesos que se asignarán a cada criterio.

(a)	C1	C2	C3
C1	1	2	5
C2	1/3	1	2
C3	1/5	1/2	1
	1.53	4.50	8.00

(b)	C1	C2	C3
C1	0.65	0.67	0.63
C2	0.22	0.22	0.25
C3	0.13	0.11	0.13

(c)	C1	C2	C3	Peso
C1	0.65	0.67	0.63	0.65
C2	0.22	0.22	0.25	0.23
C3	0.13	0.11	0.13	0.12

A continuación se realiza una estimación de la consistencia, para ver si ha habido alguna incongruencia a la hora de valorar la importancia entre los pares de criterios. Si el ratio de consistencia tiene un valor inferior a 0.1 el nivel de consistencia se considera razonable. De lo contrario se considera que los juicios de valor subjetivos han sido inconsistentes por lo que habrá que repetir la valoración de los elementos de la matriz. Este ratio, detecta incongruencias del tipo: siendo dos criterios sumamente más importantes que un tercero, ambos con valor 7 comparándolos respecto al otro, se considera que al realizar la comparación entre los dos primeros, en vez de considerar que son igualmente importantes, con un valor de un 1, o incluso de un 2, se le considera a uno por ejemplo, cinco veces más importante que al otro. Es en ese momento donde existe una incongruencia, y el ratio de consistencia supera el valor de la décima (0.1). Veamos cómo se calcularía para nuestro ejemplo:

Para el cálculo de la consistencia, se multiplica cada columna, por su peso. Para finalmente sumar los valores respectivos de las filas y obtener el vector, tal y como sigue:

$$0.65 \begin{bmatrix} 1 \\ 1/3 \\ 1/5 \end{bmatrix} + 0.23 \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 1/2 \end{bmatrix} + 0.12 \begin{bmatrix} 5 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} 0.65 \\ 0.22 \\ 0.13 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.46 \\ 0.23 \\ 0.12 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.60 \\ 0.24 \\ 0.12 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.71 \\ 0.69 \\ 0.37 \end{bmatrix}$$

Posteriormente se divide los elementos del vector obtenido por el correspondiente peso de cada criterio:

$$\begin{aligned} C1 &\rightarrow \frac{1.7}{0.65} = 2.62 \\ C2 &\rightarrow \frac{0.69}{0.23} = 2.98 \\ C3 &\rightarrow \frac{0.37}{0.12} = 3.04 \end{aligned}$$

Posteriormente se realiza la media de los valores calculados anteriormente. Esta media se denota  $\lambda_{\max}$

$$\lambda_{\max} = \frac{(2.62 + 2.98 + 3.04)}{3} = 2.88$$

A continuación se calcula el Índice de Consistencia (Consistency Index - CI), tal y como aparece abajo, siendo n el número de criterios a comparar:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{2.88 - 3}{3 - 1} = 0.96$$

Por último se computa el ratio de consistencia (CR) que está definido como

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

donde RI es el índice de consistencia de una matriz de comparación por pares generada aleatoriamente. El valor de RI depende del número de ítems que están siendo comparados, y sus valores son:

n	3	4	5	6	7	8
RI	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41

Por lo tanto para nuestro ejemplo con n = 3 criterios, tendremos una RI = 0.58 y un ratio de consistencia de:

$$CR = \frac{0.96}{0.58} = 0.016$$

Como ya hemos avanzado, un ratio de consistencia del 0.1 o menos es considerado aceptable, y se entiende que no existe una incongruencia entre la otorgación de importancias en la matriz de comparación por pares. En nuestro ejemplo, se considera que el grado de consistencia en la comparación por pares es aceptable.

Una vez que Javier ha obtenido los pesos de cada uno de los criterios que ha considerado importantes para la elección del piso, procede a realizar comparaciones por pares de las alternativas en función de los criterios que ha considerado importantes, y los va comparando en función de la preferencia de unas alternativas con respecto a otras, respecto a uno de los criterios. Así pues, en esta fase resultarán tal y como hemos avanzado anteriormente, tres matrices de comparación por pares de m x m alternativas, habiendo una matriz por cada criterio. En la

Ilustración 10 se puede ver la escala de comparación por pares, para la preferencia de alternativas.

ESCALA DE COMPARACIÓN POR PARES	IMPORTANCIA DE ALTERNATIVAS
JUICIO VERBAL	VALORACIÓN NUMERICA
Extremadamente preferida	9
	8
Sumamente más preferida	7
	6
Fuertemente preferida	5
	4
Moderadamente preferida	3
	2
Igualmente preferida	1

Ilustración 10: Escala de comparación por pares de Saaty. Preferencia de las alternativas.

Para el ejemplo de Javier, la primera matriz se podría calcular como sigue:

Por lo general, suelen ser consideraciones subjetivas a la hora de realizar estas valoraciones de importancia de las alternativas, pero en el caso del primer criterio que son distancias, utilizaremos la metodología que se ha utilizado en el problema que se estudia en presente proyecto. A partir de un dato numérico, se normalizan dichas distancias, dividiéndolas, por el mayor valor, y quedan valores de 0 a 1. Siendo cero el mejor valor o la mínima distancia, y 1 el peor valor o la máxima distancia de las tres alternativas. Posteriormente, si utilizamos la fórmula de la última columna, realizamos un cambio de escala, y transformamos los valores a los utilizados por la escala de comparación por pares de Saaty. Tal y como se puede constatar, los números de la última columna son números enteros, y quedan redondeados, para que se pueda utilizar la escala de Saaty.

	Distancia (Km)	Distancia normalizada $d_i \cdot S$	Preferencia
	$d_i$	siendo $S = d_i/5$	$((1-d_i \cdot S) \cdot 8) + 1$
Alternativa 1	4	0,8	3
Alternativa 2	5	1	1
Alternativa 3	0,5	0,1	8

Así pues, si quisiéramos comparar la alternativa 1 con la 3, y nos guiáramos en los valores calculados de la tabla, valor de preferencia 3 entre preferencia 8, resulta 0.38, y es el valor que se colocaría en la matriz de comparación por pares, quedando su recíproco en 2.67. Siempre se pueden colocar los valores en dicha

matriz enteros, realizando su correspondiente redondeo, aunque en este ejemplo no se ha hecho para que se entienda mejor el procedimiento. Del mismo modo, si comparásemos la alternativa 2 con la alternativa 3, el valor que colocaríamos en la matriz de comparación por pares sería el resultante de dividir el 1 entre el 8 ( $1/8=0.13$ ) y se colocaría en la parte superior de la diagonal de la matriz, mientras que su valor recíproco, el 8 se colocaría en la parte inferior de la diagonal de la matriz.

Esta sería la matriz resultante de comparar las alternativas con respecto a la distancia al trabajo, y las preferencias quedarían en una columna adicional colocada a la derecha de la matriz. Con esta forma de proceder, a la hora de rellenar la matriz, se rozan valores máximos de consistencia, ya que no hay incongruencias en el momento de dividir los valores calculados. Las únicas incongruencias que pueden aparecer, son las debidas a los redondeos realizados, para llegar a números enteros. En este ejemplo, el ratio de consistencia se queda en cero.

Distancia al trabajo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Preferencias
Alternativa 1	1	3	0.38	0.25
Alternativa 2	0.33	1	0.13	0.08
Alternativa 3	2.67	8	1	0.67

Si comparamos los valores resultantes de las preferencias, la alternativa más alejada, que era la 2, se queda con una preferencia de 0.08, mientras que la alternativa más cercana, la 3, se quedaría con una preferencia de 0.67, quedando la intermedia con un valor de 0.25.

Del mismo modo para el criterio del precio o mensualidad, los valores en euros quedarán transformados a las siguientes preferencias:

	Precio €	Precio normalizado $P_i \cdot S$	Preferencia
	$P_i$	siendo $S = d_i/600$	$((1 - P_i \cdot S) \cdot 8) + 1$
Alternativa 1	500	0,83	2
Alternativa 2	550	0,92	2
Alternativa 3	600	1	1

Y su matriz de comparación por pares de la siguiente manera, quedando también la consistencia también en cero:

Precio - mensualidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Preferencias
Alternativa 1	1	1	2	0.40
Alternativa 2	1	1	2	0.40
Alternativa 3	0.5	0.5	1	0.20

El último de los criterios sí que resulta bastante más subjetivo, y depende de las necesidades de nuestro personaje, y del estado de los pisos, así como lo equipado que estén cada uno de ellos. Así pues, Javier, tras hacer las correspondientes

visitas a las alternativas, rellenó la matriz de comparación por pares para el criterio relativo al confort de los pisos:

Confort	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Preferencias
Alternativa 1	1	0.2	0.33	0.11
Alternativa 2	5	1	2	0.58
Alternativa 3	3	0.5	1	0.31

En la matriz decisional, la misma que se presentó en la Ilustración 5, se resumen todos los valores calculados en las tres matrices anteriores de comparación por pares.

Matriz decisional	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Distancia	0.25	0.08	0.67
Precio	0.40	0.40	0.20
Confort	0.11	0.58	0.31

Ahora no quedaría más que multiplicar los valores obtenidos de una alternativa por el peso del criterio correspondiente, y el resultado más alto, será la mejor decisión a tomar para el problema planteado.

$$\text{Alternativa 1} \Rightarrow 0.25 * 0.65 + 0.40 * 0.23 + 0.11 * 0.12 = 0.268$$

$$\text{Alternativa 2} \Rightarrow 0.08 * 0.65 + 0.40 * 0.23 + 0.58 * 0.12 = 0.216$$

$$\text{Alternativa 3} \Rightarrow 0.67 * 0.65 + 0.20 * 0.23 + 0.31 * 0.12 = 0.442$$

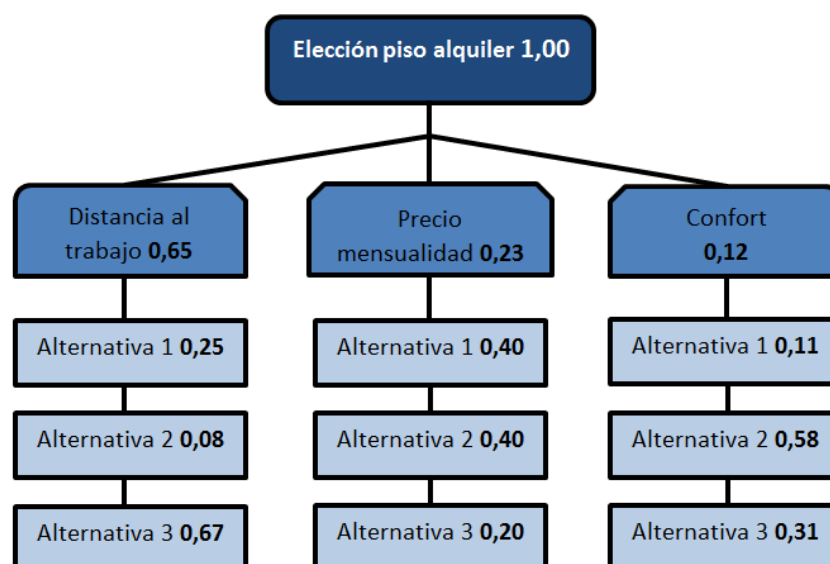


Ilustración 11: Estructura jerarquizada de "elección de un piso" mediante el método AHP.

A priori, la decisión que tomaría Javier sería la alternativa número 3. En este ejemplo, ha marcado notablemente el resultado final que Javier considerara como factor más importante, con un 0.65, la distancia al trabajo. Después de usar el método y obtener una primera solución, es momento de volver a plantearse la importancia de los criterios, y ahí es donde Pedro llegará a realizar un auténtico análisis jerarquizado del problema, analizando la sensibilidad del proceso y de las diferentes soluciones, hasta tomar la decisión que considere más oportuna.

Tal y como se puede apreciar, dicho método puede ser utilizado en un gran número de problemas, y ciertamente, permite realizar un análisis detallado del problema, los criterios y las alternativas. La lista de presentaciones del Décimo Congreso Simposio sobre el Proceso Analítico Jerárquico ilustra las múltiples aplicaciones del AHP en el campo de los negocios, la industria y el medio ambiente:

- Selección de tecnologías biotecnológicas para la agricultura
- Ubicación de sitios para la construcción de infraestructura
- Identificación de necesidades de especialidades médicas a escala regional
- Cuantificación de preferencias y patrones de consumo de gaseosas de cola
- Evaluación de compatibilidad de software en procesos industriales
- Evaluación de desempeño de fondos de inversión
- Modelos para selección de personal en empresas
- Evaluación de personal
- Diseño de estrategia corporativa óptima
- Desarrollo de capacidades técnicas para pequeñas y medianas empresas
- Identificación de prioridades para el desarrollo de modelo motivacionales en empresas.
- Identificación del horario óptimo para obreros que trabajan bajo condiciones de alto riesgo.

Además de la diversidad de aplicaciones posibles, sí que existen un gran número de aplicaciones del método AHP para la gestión de recursos naturales y el medioambiente (Weintraub, 2007).

Una vez analizados los principales métodos discretos de evaluación y toma de decisiones, pasaremos a analizar la parte que ocupa a la evaluación ambiental de alternativas, haciendo especial hincapié en el método utilizado en este proyecto.

## 2.9 Toma de decisiones multicriterio con ayuda de Sistemas de Información Geográfica.

No hay lugar a dudas de la potencia de análisis que tienen los Sistemas de Información Geográfica, en el campo medioambiental y en la toma de decisiones. Un buen ejemplo de ello va a ser este trabajo, que se va a nutrir de forma muy importante de estas herramientas. A continuación realizamos una pequeña introducción de estos sistemas.

### DEFINICIÓN Y COMPONENTES DE UN SIG.

El desarrollo paralelo de las disciplinas que incluyen la captura, el análisis y la presentación de datos en áreas afines como catastro, cartografía, topografía, ingeniería civil, geografía, planeación urbana y rural, servicios públicos, entre otros, ha implicado duplicidad de esfuerzos hasta prácticamente hoy en día que se ha logrado reunir el trabajo en el área de sistemas de información geográfica (SIG).



Actualmente un SIG se define como “un sistema formado por hardware, software y procedimientos, diseñados para soportar la captura, gestión, manipulación, análisis y representación de datos u objetos referenciados espacialmente, que sirve para resolver problemas complejos de planeamiento y gestión” (Antenucci et al., 1991).

A pesar de que se tiende a identificar los sistemas de información geográfica con un determinado tipo de programas, lo cierto es que el software es sólo uno de los cinco componentes de un SIG. A continuación se describe cada uno de ellos:

- **Hardware:** es donde opera el SIG, y dependerá de los requerimientos mínimos del sistema para que el software funcione correctamente.
- **Software:** los programas de SIG proveen las funciones y las herramientas necesarias para almacenar, analizar y publicar la información geográfica.
- **Datos:** probablemente la parte más importante de un sistema de información geográfico son sus datos. El sistema de información geográfico integra los datos espaciales con otros recursos y puede incluso utilizar los sistemas gestores de bases de datos (SGBD) para manejar la información geográfica.
- **Personas:** la tecnología de los SIG está limitada si no se cuenta con el personal que opera, desarrolla y administra el sistema; Y que establece planes para aplicarlo en problemas del mundo real.
- **Procedimientos y métodos:** son los que se pretenden explicar en capítulos posteriores del presente trabajo, para profundizar en la metodología y en la forma de proceder para cumplir con los objetivos marcados en un principio.



**Ilustración 12: Componentes de un SIG.**

## USO DE LOS SIG EN EL ÁMBITO DE LA DECISIÓN MULTICRITERIO.

Las herramientas SIG tienen como fin último dar amparo al proceso de la toma de decisiones. Cualquier problema de toma de decisiones está estructurado en tres fases fundamentales:

- **Comprensión:** es fundamental conocer el problema y analizarlo desde una perspectiva global. En esta fase se obtienen los resultados “crudos” que se procesarán con el objetivo de encontrar posibles oportunidades para la resolución del problema. Los SIG actuales dan un soporte adecuado a esta primera fase ya

que ofrecen capacidades insuperables para analizar, integrar, manejar y presentar información alfanumérica asociada a otra espacial.

- **Diseño:** La fase de diseño consiste en descubrir, desarrollar y analizar el conjunto de alternativas o posibles soluciones al problema. Sí que es cierto que hoy en día, los SIG no han alcanzado el grado suficiente de modelización que necesita el tomador de la decisión. Es por esto que para la fase de diseño se utilizan técnicas de análisis multicriterio para la toma de decisiones. Por tanto existe la necesidad de integrar técnicas analíticas de decisión con las funciones de un SIG, desarrollando una interfaz entre un SIG y un sistema de análisis de la decisión.
- **Selección:** en esta fase entra en juego la evaluación de las alternativas y la elección de la alternativa óptima. Los SIG, no están diseñados para alterar la importancia de los criterios de evaluación, por lo que podríamos decir que son entornos de modelado estático y reduce su capacidad como herramientas de soporte de decisiones (Honea et al., 1991).

Las técnicas de Análisis de Decisión Multicriterio (ADMC) compensan las limitaciones de los SIG en este sentido, ya que aportan los medios para alcanzar las soluciones de compromiso e incluir las preferencias de los responsables de la decisión. A pesar de que inicialmente, las técnicas de Análisis de Decisión Multicriterio (ADMC) convencionales fueron concebidas como no espaciales, posteriormente se asumió como la posibilidad de realización de análisis con una dimensión geográfica. Así pues, un ADCMC espacial, implica que existen una serie de alternativas definidas espacial y geográficamente entre las que se encuentra la solución al problema de decisión. Por lo que las decisiones dependerán de su disposición en el espacio. En el contexto geográfico, los atributos se identifican con capas temáticas y las alternativas con puntos, líneas, polígonos (modelo vectorial) o celdas (modelo raster), a los que se asocian valores (Taboada et al., 2005).

Por ello a modo de resumen concluiríamos diciendo, que la combinación de los SIG y los métodos de ADCMC, constituyen la herramienta necesaria para que el agente decisor alcance y complete las tres fases en el proceso de la toma de decisiones (comprensión, diseño y selección).

### 3. Situación de carreteras de Navarra.

A lo largo de este apartado, vamos a intentar aclarar la situación actual de las carreteras de Navarra, apoyándonos en el estudio realizado para el III Plan Director de Carreteras de Navarra 2010-2018.

Debido a las fechas en que se realizó el estudio, vamos a conseguir unos datos bastante ajustados a la realidad para 2010, que es el año en que realizamos todos los estudios del presente trabajo.

#### 3.1 Análisis de la situación actual de la Red de Carreteras.

##### 3.1.1 *Clasificación y nuevo catálogo de la red.*

La Red de Carreteras de la Comunidad Foral de Navarra, al inicio del año 2010, está compuesta por 3.921,62 kilómetros repartidos en dos grandes grupos, las Vías de Gran Capacidad, con 373,03 kilómetros, y las Carreteras Convencionales, con 3.548,59 kilómetros.

En la siguiente tabla se reflejan los distintos tipos de redes, así como su longitud y porcentaje de la misma con respecto a la totalidad de la Red.

Tipo de Red	Longitud (Km.)	%
AUTOPISTAS	111,95	2,85%
AUTOVÍAS	197,42	5,03%
VÍAS DESDOBLADAS	23,78	0,61%
CARRETERAS DE ALTAS PRESTACIONES	39,88	1,02%
<b>TOTAL VÍAS DE GRAN CAPACIDAD</b>	<b>373,03</b>	<b>9,51%</b>
CARRETERA DE INTERÉS GENERAL	270,28	6,89%
CARRETERA DE INTERÉS DE LA COMUNIDAD FORAL	1.036,36	26,43%
CARRETERAS LOCALES	2.241,95	57,17%
<b>TOTAL DE CARRETERAS CONVENCIONALES</b>	<b>3.548,59</b>	<b>90,49%</b>
<b>TOTAL RED DE CARRETERAS DE NAVARRA</b>	<b>3.921,62</b>	<b>100,00%</b>

**Tabla 3: Tipos de redes, longitud y % respecto al total de la red.**

El estudio de la situación actual se ha llevado a cabo realizando una segmentación dinámica de la Red a todos los niveles, desde las Autopistas y Autovías hasta la Red Local. Dicha proceso permite modificar los tramos de estudio en función de las necesidades del parámetro de análisis considerado.

De esta forma, se supera la tramificación fija, que definía unos tramos de carretera que mantenía constantes, independientemente de la característica que se analizase.

Esta herramienta ha permitido determinar el estado actual de cada carretera y sus carencias y déficits y las necesidades de intervención para obtener los estándares de calidad mínimos.

### 3.1.2 Nueva situación de la red.

La actual clasificación de la Red de carreteras se ha modificado con respecto a la anterior, aprobándose con la Ley Foral 5/2007, de 23 de marzo de Carreteras de Navarra. Dicha Ley anula la clasificación de la Red en cinco categorías (Autopistas y Autovías, Red General, Red de Interés de la Comunidad Foral, Red Comarcal y Red Local) y establece siete nuevas categorías con las siguientes características:

#### AUTOPISTAS:

- Constan de distintas calzadas para cada sentido de circulación, separadas entre sí por una franja de terreno no destinada a la circulación, salvo en tramos singulares o con carácter temporal.
- No cruzan ni son cruzadas al mismo nivel por otra vía de comunicación o servidumbre de paso, pasos de peatones, vías ciclistas, línea de ferrocarril u otra infraestructura.
- Las propiedades colindantes no tienen acceso directo a las mismas.
- Están valladas, en ambas márgenes, en toda su longitud.
- Disponen de control de accesos a la infraestructura. Se incluyen en esta clase los tramos de autopistas libres de peaje.

#### AUTOVÍAS:

- Constan de distintas calzadas para cada sentido de circulación, separadas entre sí por elementos físicos de carácter longitudinal o por una franja de terreno no destinada a la circulación, salvo en tramos singulares o con carácter temporal.
- No cruzan ni son cruzadas al mismo nivel por otra vía de comunicación o servidumbre de paso, pasos de peatones, vías ciclistas, línea de ferrocarril u otra infraestructura.
- Las propiedades colindantes tienen acceso limitado a las mismas.
- Están valladas en ambas márgenes, en toda su longitud.

#### VÍAS DESDOBLADAS:

Son las carreteras, en general de carácter urbano, que reúnen las siguientes condiciones:

- Constan de distintas calzadas para cada sentido de circulación, separadas entre sí por una mediana de tipo urbano, por una franja de terreno no destinada a la circulación o por elementos físicos longitudinales, salvo en tramos singulares o con carácter temporal.
- Sus intersecciones son preferentemente a nivel con características de rotonda.
- Pueden ser cruzadas a nivel por pasos de peatones o vías ciclistas, salvo que razones de seguridad vial justifiquen cruces a diferente nivel.
- Las propiedades colindantes tienen acceso limitado a las mismas.
- Sin vallado longitudinal, salvo en tramos específicos.
- Pueden dotarse de elementos de integración urbana en sus márgenes.

## CARRETERAS DE ALTAS PRESTACIONES:

- Doble sentido de circulación en calzada única, pudiendo disponerse de elementos de separación para los dos sentidos del tráfico.
- Disponen de un porcentaje significativo de la longitud de su trazado con un tercer carril para facilitar el adelantamiento, pudiendo incorporar un cuarto carril para vehículos lentos en descensos pronunciados.
- Las intersecciones con otras carreteras serán, preferentemente, mediante enlaces a distinto nivel.
- Limitación parcial de accesos directos desde las propiedades colindantes.
- Sin vallado longitudinal, salvo en tramos específicos.

## CARRETERAS DE INTERÉS GENERAL:

Son las que conforman itinerarios de carácter interautonómico o internacional y que soportan un volumen significativo de tráfico.

## CARRETERAS DE INTERÉS DE LA COMUNIDAD FORAL:

Son aquéllas que sin ser de interés general, estructuran internamente el territorio de la Comunidad Foral de Navarra, así como las que vertebran las conexiones con Comunidades Autónomas o Regiones limítrofes.

## RED LOCAL:

Son las que conforman la red capilar de comunicaciones, permitiendo la conexión entre carreteras de nivel superior y el acceso a núcleos de población, así como las conexiones no estructurantes con territorios limítrofes de la Comunidad Foral de Navarra.

Las cuatro primeras redes forman las llamadas Vías de Gran Capacidad, mientras que las carreteras de Interés General, de Interés de la Comunidad Foral y la Red Local son carreteras convencionales, que según la Ley Foral, tienen las siguientes características:

- Doble sentido de circulación en calzada única.
- Las intersecciones con otras carreteras convencionales serán, preferentemente, en el mismo nivel.
- Sin limitación de accesos desde las propiedades colindantes, con sujeción a lo establecido en la normativa de seguridad vial y de diseño de carreteras.
- Sin vallado longitudinal.

La nueva clasificación no altera sustancialmente la antigua división en cinco redes que existía. Los mayores cambios respecto a una clasificación u otra se producen en las Vías Desdobladas y en las Carreteras de Altas Prestaciones.

Las Vías Desdobladas están compuestas por los accesos a Pamplona, tanto las rondas como los accesos desde el Sur y el Oeste. La única carretera incluida dentro de la categoría de Carreteras de Altas Prestaciones es la N-121A, de Pamplona a Behobia, dotada de terceros carriles de adelantamiento en las rampas. Las carreteras que antes se catalogaban dentro de la Red Comarcal han pasado a formar parte de la Red Local y, fundamentalmente, de la Red de Interés de la Comunidad Foral.

### 3.1.3 Características geométricas de la red.

Durante el año 2008 se ha realizado un nuevo Inventario Geométrico de la Red de Carreteras de Navarra para la actualización de las características de la red una vez ejecutadas las actuaciones correspondientes al II Plan Director, y los datos básicos de la geometría de la red de carreteras, adecuando, asimismo, su denominación con respecto al nuevo Catálogo.

A partir de su explotación, analizando los registros en los que están recogidos los principales datos geométricos de la Red Foral y de su agregación por tramos homogéneos, ha sido posible analizar la situación de la red en base a las anchuras de las calzadas y plataformas, la existencia o no de arcones, los radios de curvatura y las pendientes, y otros parámetros de interés para la determinación de las necesidades de actuación a incluir en este III Plan de Carreteras (información que se podrá apreciar en la obtenida por mi parte del Servicio de Conservación de la Dirección general de Obras Públicas del Gobierno de Navarra, necesario para el estudio de velocidades y pendientes de las diferentes alternativas en el apartado de estudio económico del presente trabajo.).

En base a los resultados obtenidos, y después del análisis de tráfico efectuado, que se recoge en el siguiente apartado, se ha podido analizar la adecuación de la actual oferta viaria a la demanda definida por la IMD en la red, calculando los correspondientes niveles de servicio y los problemas derivados de capacidad.

### 3.1.4 Evolución del tráfico.

#### **Situación actual:**

El estudio de la situación actual y de la evolución del tráfico en la Red de Carreteras de la Comunidad Foral de Navarra se ha realizado procesando los datos de aforo desde el año 2000 hasta el 2007. Las intensidades medias diarias (IMD) se han recogido de los anuarios de Tráfico y Accidentes publicados por la Sección de Seguridad Vial y Centro de Control del Servicio de Conservación, perteneciente a la Dirección General de Obras Públicas.

La asignación de intensidades se ha efectuado a partir de la tramificación recogida en el plano de Aforos de Tráfico de 2007 publicado por el Negociado de Aforos de la Sección de Seguridad Vial y Centro de Control anteriormente mencionado.

El análisis de la situación se ha efectuado por redes, concentrándose en las vías más relevantes, y por itinerarios, priorizando aquellos que tienen una mayor intensidad circulatoria, que han registrado importantes variaciones de tráfico o se han visto alterados en los últimos años a causa de la construcción de nuevas infraestructuras.

La Red, en conjunto, se encuentra poco cargada de tráfico. Más del 40% de las carreteras registran intensidades menores a 1.000 vehículos/día y, únicamente, el 11,6% soporta más de 10.000 vehículos día. Sin embargo, el reparto no es uniforme. Las redes de mayores prestaciones geométricas y capacidad (Vías de Gran Capacidad) registran prácticamente la totalidad de las intensidades superiores a 10.000 vehículos/día y la mayor parte de las intensidades por encima de los 4.000 vehículos. Por el contrario, las carreteras convencionales sirven a itinerarios que apenas llegan a los 4.000 vehículos diarios en contadas ocasiones.

Esta pauta se va acentuando hasta llegar a la Red Local, la que presenta las condiciones geométricas y de capacidad más limitadas, en la que casi las tres cuartas partes de ella tienen una IMD inferior a 1.000 vehículos al día.

Tanto para este análisis como para los que se van a realizar a continuación de cada una de las redes e itinerarios se ha tomado el dato de aforo correspondiente al año 2007.



## AUTOPISTAS:

La Red de Autopistas incluye únicamente las autopistas AP-15 (Autopista de Navarra) y A-15 (Ronda de Pamplona Oeste). Las dos forman un itinerario continuo desde la AP-68, en extremo sur de la Comunidad, hasta Irurtzun, pasando por Pamplona, donde la A-15 se inserta entre los dos tramos de la AP-15 para servir de ronda occidental a la capital navarra.

Las mayores intensidades medias se registran en ese tramo de circunvalación, donde, en 2007, circularon casi 40.000 vehículos diarios en algunas estaciones, manteniéndose una media superior a los 20.000 vehículos en toda la A-15. En la Autopista AP-15 se observa un incremento gradual del tráfico desde su inicio, en la conexión de la AP-68, con intensidades cercanas a los 5.000 vehículos/día, hasta la intersección con la Autovía A-21 en Noáin, donde la IMD es de casi 60.000 vehículos/día. Tras pasar la Ronda Oeste de Pamplona formada por la A-15, la intensidad desciende pero se mantiene siempre entre los 25.000 y los 30.000 vehículos al día hasta que llega a la bifurcación de la A-10 y la A-15 en Irurtzun, donde finaliza. La Autopista AP-68, a pesar de estar catalogada como tal, no se incluye en el catálogo de carreteras de la Comunidad Foral por ser de competencia estatal.

## AUTOVÍAS:

Existen seis autovías en la Comunidad foral de Navarra, la A-1 (Autovía del Norte), la A-10 (Autovía de la Barranca), la A-12 (Autovía del Camino de Santiago), la A-15 (Autovía de Leizaran), la A-21 (Autovía del Pirineo) y la A-68 (Autovía del Ebro).

Las intensidades más altas se registran en la A-1, en el tramo comprendido entre la límite provincial con Álava y la intersección con la A-10, en Altsasu, con más de 25.000 vehículos al día. En la A-10 las intensidades son menores pero, aun así considerables, con tráficos comprendidos entre los 15.000 y 20.000 vehículos diarios en todo su recorrido.

La A-12 experimenta un acusado descenso de intensidad circulatoria a medida que se acerca a Logroño. En las proximidades de Pamplona, el tráfico es superior a los 20.000 vehículos/día que cae hasta ser menor de 6.000 en los últimos tramos, cerca de la frontera con La Rioja.

Las otras tres autovías mantienen tráficos uniformes en todo el recorrido, oscilando entre los 10.000 y 20.000 vehículos al día en función del itinerario. El más cargado es el que discurre paralelo al río Ebro (A-68) con 18.000 vehículo/día de media, mientras que el tramo existente de la Autovía del Pirineo (A-21) apenas supera los 10.000 vehículos/día. La A-15, desde Irurtzun al límite provincial, se encuentra entre las dos anteriores, con cifras circulatorias que rondan los 15.000 vehículos al día.

## VÍAS DESDOBLADAS:

Las carreteras clasificadas como Vías Desdobladas, PA-30, PA-31 y PA-34, se encuentran formando parte de la circunvalación de Pamplona, fundamentalmente de la Ronda Este (PA-30 y PA-31) y parte de la Ronda Norte (PA-30).

Las intensidades que se registran en todas ellas son muy elevadas, propias de entornos urbanos. En la Ronda Este (PA-30) se superan los 40.000 vehículos diarios en varios puntos y en la PA-31 se alcanzan incluso los 54.000 vehículos/día.

La PA-34, perteneciente el tramo Norte de la circunvalación tiene intensidades más irregulares que oscilan entre los 10.000 y 25.000 vehículos diarios.

#### CARRETERAS DE ALTAS PRESTACIONES:

Dentro de esta clasificación únicamente se encuentra la carretera N-121-A de Pamplona a Behobia. Las intensidades registradas en las estaciones de aforo repartidas a lo largo de su trazado muestran valores que oscilan entre los 5.000 vehículos/día y los 10.000 vehículos/día. Las mayores densidades se encuentran en los tramos iniciales y finales, en las cercanías de Pamplona y el entramado urbano de Behobia e Irún. En la parte central del itinerario las intensidades son menores, aunque siempre superiores a los 5.000 vehículos/día.

#### CARRETERAS DE INTERÉS GENERAL:

La Red de Carreteras de Interés General está compuesta por 270,28 kilómetros repartidos en catorce vías distintas. De ellas, sólo siete están compuestas por tramos de cierta entidad, siendo los restantes tramos de variante, rondas urbanas o carreteras convencionales que han quedado después de realizar una duplicación o una mejora de trazado.

Las intensidades más importantes de toda la Red se registran en la Pamplona- Tudela (N-121) con casi 20.000 vehículos al día en algunos tramos, y en la N-232 (Alfaro-Tudela-Zaragoza) con más de 15.000 vehículos al día.

En algunos tramos de las rondas urbanas o de las variantes de población se registran importantes intensidades, cercanas a los 20.000 vehículos/día.

Estos son los casos de la PA-32 y la PA-33.

La mayor parte de las Carreteras de Interés General registran una intensidad comprendida entre los 4.000 y 10.000 vehículos al día. En concreto 121,3 de los 270,28 kilómetros que forman la Red, lo que representa el 44,9%. Las carreteras con menores intensidades circulatorias (menos de 4.000 veh./día) corresponden, fundamentalmente a la N-135 Pamplona-Francia (por Luzaide), la N-121B Pamplona-Francia (por Baztán), ambas carreteras de montaña, junto con algunos tramos de otras carretas como el final de la N-240, antes de la frontera con Zaragoza.

#### CARRETERAS DE INTERÉS DE LA COMUNIDAD FORAL:

La Red De Interés de la Comunidad Foral cubre los huecos dejados por las redes anteriores con unas intensidades inferiores a los 4.000 vehículos al día en la práctica totalidad de la Red (90,3% del total). En un tercio de ella (33,8%) la intensidad es menor de 1.000 vehículos diarios.

Su distribución geográfica sigue unas pautas determinadas. A grandes rasgos, las carreteras con mayores intensidades, se sitúan en el sur de la Comunidad Foral, en el entorno del corredor del Ebro y las poblaciones cercanas, especialmente Tudela. Destacan la NA-122 de Estella a Andosilla y la NA-134 (Eje del Ebro) que, en algunos tramos, tienen intensidades que rondan los 9.000 vehículos al día.

En el extremo opuesto, las carreteras con intensidades menores se encuentran más repartidas por toda la provincia, aunque se detecta una concentración ligeramente mayor en el tercio norte, en el entorno pirenaico.



## CARRETERAS LOCALES:

La Red Local supone el grueso de la Red de Carreteras de la Red Foral con 2.241,95 de los 3.921,62 kilómetros totales. De los más de dos mil kilómetros que la componen, apenas setenta y tres tiene tráfico superiores a 2.000 vehículos al día. De los restantes, las tres cuartas partes ni siquiera llegan a los 1.000 vehículos diarios.

## Evolución del tráfico:

El estudio de la evolución del tráfico en la Red de Carreteras de la Comunidad Foral de Navarra se ha realizado a partir de los aforos publicados por la Sección de Seguridad Vial y Centro de Control del Servicio de Conservación. Cuando ha sido posible se ha utilizado como serie de referencia para el cálculo de las tasas de incremento el periodo 2000-2007. En los casos en los que no se disponía de toda la serie o se trataba una carretera que no había entrado en servicio en el año 2000, se ha tomado la serie lo más larga posible a fin de tener un valor fiable de crecimiento anual del tráfico.

Para este apartado, se dispone de la información en base a tipo de red clasificada por corredores. Para no repetir información y dado que son ciertos corredores los que nos interesan (las cinco alternativas que estudiamos, marcadas con\*) se expondrá la evolución del tráfico únicamente, según estos últimos, dado que es más enriquecedor para este proyecto.

### CORREDOR PAMPLONA-BEHOBIA (N-121A)\*:

El corredor Pamplona-Behobia recorrido por la N-121-A discurre desde Pamplona en dirección Norte hacia la frontera de Guipúzcoa con Francia.

Sirve como articulador del territorio atlántico de Navarra con Guipúzcoa y Francia.

Debido a la orografía se ha optado el aumento de la capacidad añadiendo terceros carriles que faciliten el adelantamiento en las rampas. Aun así, el crecimiento observado en los últimos años ha sido moderado, en torno al 4% en la mayor parte de los tramos, aumentando de 7.831 veh./día en 2000 a 10.562 veh./día en 2007 en el tramo con mayor tráfico.

### CORREDOR PAMPLONA-FRANCIA, POR LUZAIDE (N-135)\*:

La carretera N-135 Pamplona-Francia (Luzaide/Valcarlos) comunica la capital navarra con los valles pirenaicos situados en la parte oriental de la Comunidad Foral. Es una vía con un tráfico reducido, menor a los 4.000 veh./día que no ha sufrido grandes crecimientos en los últimos años.

### CORREDOR PAMPLONA-HUESCA (A-21 Y N-240)\*:

El itinerario entre Pamplona y Huesca está conformado por la Autovía del Pirineo (A-21) y la carretera N-240, formando el corredor natural hacia el este de la Comunidad Foral.

El crecimiento del tráfico ha sido mayor en el tramo correspondiente a la A-21 (5,4%) que en la N-240 (3,4%) pero, en ningún caso, ha sido muy elevado desde el 2000.

### CORREDOR PAMPLONA-CASTEJÓN-SORIA (AP-15, N-121 Y N-113):

El corredor Pamplona-Castejón-Soria articula el sur de la provincia, uniendo Pamplona con la ribera del Ebro y el entorno de Tudela. La Autopista AP-15 conecta Pamplona con la AP-68 mientras que la N-121 hace un recorrido paralelo a la autopista hasta la AP-68, donde continúa con el nombre de N-113 hasta el límite de la Comunidad Foral con Soria.

Todo el corredor sirve de unión transversal del entorno del Ebro con la Autopista AP-68 y la Autovía A-68, que es paralela en el tramo de Tudela.

La evolución de los tráficos no ha sido homogénea en las distintas vías del corredor. Mientras que la Autopista AP-15 ha registrado incrementos moderados, entre el 3,5% y el 5%, la N-121 ha crecido con tasas superiores al 20% en algunos tramos, llegando al 23%. En la N-113 el aumento del tráfico ha sido mayor, con máximos próximos al 40% y nunca inferior al 20%. Si bien el incremento relativo es muy importante, numéricamente no ha significado tanto al ser, apenas, 6.500 veh./día la intensidad máxima registrada en la N-113.

#### CORREDOR TUDELA-TARAZONA (N-121C):

La conexión entre Tudela y Tarazona realizada por la carretera N-121-C ha crecido con incrementos constates entre el 3,3% y el 4,6% entre el año 2000 y el 2007. Los tráficos, en el tramo de máxima intensidad, han evolucionado desde los 6.731 veh./día hasta los 8.420 veh./día.

#### CORREDOR DEL EBRO (A-68):

Paralelas al Ebro discurren la Autopista AP-68 y la Autovía A-68. En la A-68 los incrementos de tráfico han sido muy importantes, tanto numérica como porcentualmente. Se ha evolucionado de un tráfico cercano a los 12.000 veh./día hasta casi los 20.000 en 2007, lo que supone un incremento máximo del 7%.

La Autopista AP-68 no forma parte de la Red de Carreteras de la Comunidad Foral al ser de competencia estatal.

#### CORREDOR PAMPLONA-LOGROÑO (A-12, NA-112):

La Autovía A-12 y la carretera NA-112 forman el corredor que lleva desde Pamplona a Logroño, siguiendo con el esquema radial con origen en la capital.

En la Autovía se han producido incrementos de tráfico muy significativos, cercanos al 15% (de media), pero pudiendo llegar a casi al 20% para tráficos que oscilan entre los 22.000 veh./día y los 6.000 veh./día en los tramos más cercanos a Logroño.

En la carretera NA-112 el fenómeno ha sido el opuesto. Los tráficos se han reducido hasta en un 46% como consecuencia de la captación de medio y largo recorrido que ha tenido la Autovía.

#### CORREDOR PAMPLONA-ALTSASU (AP-15 Y A-10):

El itinerario de Pamplona a Altsasu articula el oeste de la Comunidad Foral, conectando la capital con el País Vasco. El primer tramo discurre por la Autopista AP-15 hasta Irurtzun, donde comienza la Autovía A-10 hasta el límite de la provincia.

El tráfico ha crecido moderadamente en el primer tramo (la AP-15), con incrementos menores al 5% en todos sus tramos. En la A-10 el incremento ha sido menor si cabe, con menos del 3% de aumento y volúmenes de 17.000 veh./día.

#### CORREDOR IRURTZUN-SAN SEBASTIÁN (A-15)\*:

Desde el final de la Autopista AP-15, en Irurtzun, comienza el ramal formado por la A-15 que conecta con San Sebastián. La evolución del tráfico en este itinerario ha sido muy irregular. Existen tramos que apenas han crecido, con un 0,55 de incremento, mientras

que otros lo han hecho con tasas superiores al 8%, siendo el tráfico en todos ellos homogéneo (entre los 12.000 veh./día y los 15.000 veh./día).

#### RONDAS DE PAMPLONA Y VIARIO DE PENETRACIÓN EN PAMPLONA:

La red de la Comarca de Pamplona está compuesta por la Ronda Este, recorrida por la PA-30, la Ronda Norte, formada también por la PA-30 y la Ronda Oeste, que la integran pequeños tramos de la PA-31, PA-34 y, básicamente, la A-15.

Las intensidades registradas en todas ellas son muy importantes, como sucede en los entornos de las grandes poblaciones, donde el tráfico de agitación se mezcla con el de largo recorrido. Varían de los 54.026 veh./día registrados en una estación de la PA-31 a valores menores a 10.000 en tramos de la PA-30 o la PA-34.

Los incrementos de tráfico durante los últimos años también son irregulares.

En algunos puntos de la PA-34 el tráfico se ha mantenido casi constante (con tasas del 0,3%) mientras que en la PA-30 se ha llegado al 15,1% de aumento con una intensidad en 2007 de 41.599 veh./día.

En general, se aprecian crecimientos cercanos al 5% en la Ronda Oeste (A-15) y algo superiores en la Ronda Este (PA-30), aunque con mayores variaciones también (entre el 4,4% y el 15,1%).

#### 3.1.5 Seguridad vial.

El Gobierno de Navarra ha definido sus objetivos en materia de Seguridad Vial en dos documentos: Estrategia de Seguridad Vial y Datos de Accidentes y Tráfico para el año 2007. Los objetivos son los siguientes:

- Reducción de la siniestralidad y fomentar la seguridad vial
- Reducción del 50% de las víctimas para el año 2010

Tal y como ha recogido en su documento de Estrategia Navarra de Seguridad Vial 2005-2012 editado por el Departamento de Presidencia, Justicia e Interior.

Como consecuencia de la entrada en vigor de la Ley Foral 5/2007, de 23 de Marzo de Carreteras de Navarra en la que se modificó el catálogo de carreteras, no se ha podido realizar un estudio comparativo de las redes, teniéndose que limitar al conjunto.

Estudiando la evolución del tráfico y la accidentalidad en los últimos años se observa una mejora tanto en los índices de accidentalidad como de mortalidad en el conjunto de la Red y en cada una de ellas por separado.

Se ha pasado de una intensidad media de 2.858 veh./día en 1998 a 3.954 veh./día en 2007, lo que supone un incremento del 38,3%.

A pesar del aumento constante de tráfico desde el año 1998, los accidentes con víctimas y con víctimas mortales se han reducido de forma constante.

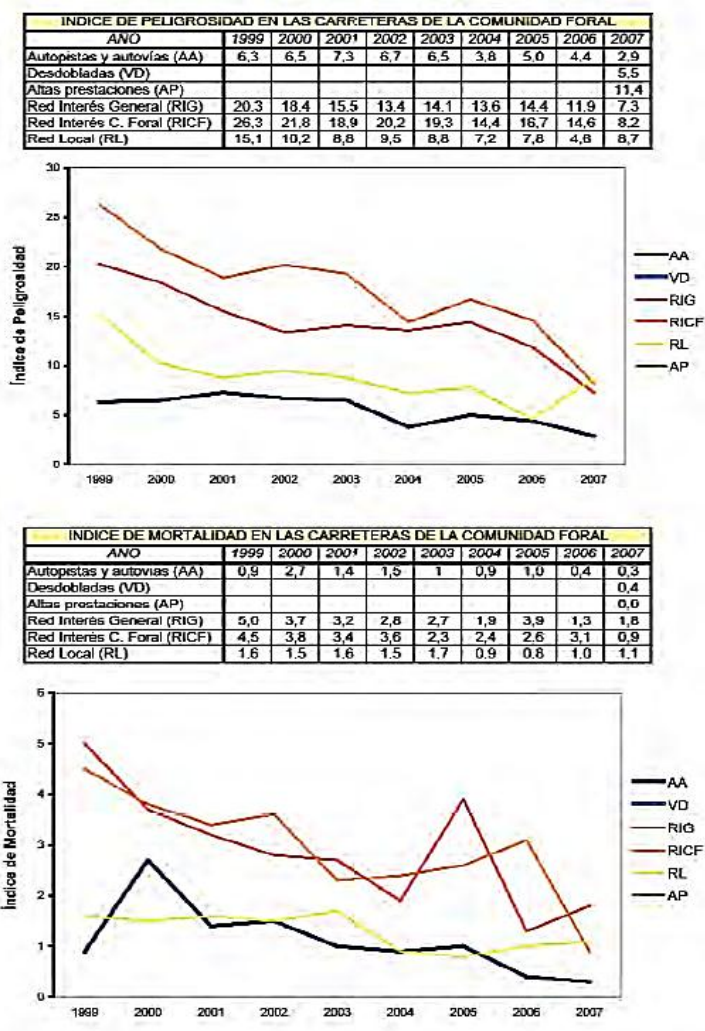
También se ha estudiado la evolución de los índices de peligrosidad (IP) y de mortalidad (IM) en el mismo periodo, definiéndose como:

$$IP = \frac{NAV \times 10^8}{IMD \times 365 \times L}$$

Siendo NAV el Número de Accidentes con Víctimas, IMD la Intensidad Media diaria y L la Longitud del Tramo.

$$IM = \frac{VM \times 10^8}{IMD \times 365 \times L}$$

Siendo VM la Víctimas Mortales, IMD la Intensidad Media Diaria y L la Longitud del tramo.



**Ilustración 13: Tablas y gráficos de Índices de peligrosidad y mortalidad en carreteras de la Comunidad foral.**

Ambos índices tienen una tendencia descendente desde 1998 con algunos aumentos puntuales como el que se observa en la Red Local en el periodo de 2006 a 2007. No existen series históricas de las Vías Duplicadas y de las carreteras de Altas Prestaciones, por lo que no están reflejadas en los gráficos.

El Índice de Peligrosidad ha descendido en el conjunto de la Red de carreteras un 68,9% desde 1998 hasta 2007. El Índice de Mortalidad ha registrado una reducción equivalente, 76% de descenso en el mismo periodo.

Estudiándolo por redes, los índices más bajos, tanto de peligrosidad como de mortalidad, se registran en las Autopistas y Autovías, seguidas muy de cerca por la Red Local. En el extremo opuesto se encuentran la Red de Interés General y la Red de Interés de la Comunidad Foral, con unos superiores y muy similares entre ellos. En estas dos redes, a pesar de su mayor

peligrosidad, se observa un mayor descenso de los accidentes y las víctimas que en las Autopistas, Autovías y en la Red Local.

Al no existir datos de las Vías Desdobladas y de las Carreteras de Altas Prestaciones, no es posible llevar a cabo el análisis de la evolución en la última década.

La estrategia del Gobierno Foral para conseguir los objetivos marcados (reducción de la siniestralidad y fomentar la seguridad vial y reducción del 50% de las víctimas para el año 2010) se centra en la reducción de los Tramos de Concentración de Accidentes (TCA) y los Tramos Potencialmente Peligrosos (TPP). Se van a sustituir, como experiencia piloto y en tramos puntuales, los postes metálicos de sujeción de paneles direccionales y señales, por postes fabricados con fibra de vidrio cuyo comportamiento, en caso de impacto de un vehículo o de una persona, puede resultar menos lesivo.

### 3.2 Diagnóstico de la situación actual.

Sobre la base del análisis efectuado de la Red de Carreteras de Navarra, se ha realizado un diagnóstico de la situación actual y futura de la misma.

Cada tramo de la red de carreteras queda caracterizado, por tanto, mediante un conjunto de indicadores que representen su adaptación a la función de transporte realizada y los impactos territoriales y medioambientales que ocasiona. La caracterización de los problemas actuales de la red se clasifica de la siguiente manera:

- Problemas de transitabilidad de las carreteras: análisis de sus características geométricas estrictas, por debajo de los mínimos admisibles para cada tramo de carretera y según tipo de red.
- Problemas de tráfico y movilidad, nivel de servicio, congestión, circulación de pesados, mercancías peligrosas, etc.
- Problemas específicos en tramos urbanos, principalmente en las travesías: efectos de la permeabilidad transversal, descoordinación con el planeamiento, etc. Se analiza con particular detalle el caso de la Comarca de Pamplona.
- Problemas derivados de la propia peligrosidad de la carretera manifestados por los Tramos de Concentración de Accidentes.
- Falta de homogeneidad en la accesibilidad proporcionada al territorio con atención especial a Pamplona en su relación con el resto de Navarra.
- Problemas de integración ambiental de la carretera en el medio y sus valores.

La forma de definir las necesidades en el primer apartado es comprobando si las carreteras actuales cumplen con unos estándares mínimos de características geométricas en cuanto a la anchura de calzada y plataforma se refiere. Estas características junto con las del tráfico que soporta cada carretera, y en consecuencia con su nivel de servicio, son las que permitan definir el grado de necesidad existente.

Los problemas específicos en los tramos urbanos y travesías se analizan de una manera pormenorizada detectando los principales tramos en la red de carreteras en los que existe una necesidad de intervención, bien mediante la construcción de una variante o mediante el acondicionamiento de la actual travesía.

La peligrosidad se estudia tramo a tramo, y son los TCAs los puntos en los que se concentran las necesidades derivadas de la accidentalidad en la red. Esta puede ser de carácter puntual

(cruce, intersección,...), o estar referenciada a un tramo más largo con lo que los problemas detectados tendrían que ver con la geometría de dicho tramo y no únicamente con el hecho de que se crucen dos carreteras.

Por último, la accesibilidad, estudiada también de manera específica, indica qué zonas del territorio navarro están más "alejadas", tanto de Pamplona como lugar central de la Comunidad Foral, como de la Red de Interés General, carreteras de altas prestaciones, vías desdobladas, y autovías y autopistas.

Los problemas de impacto sobre el medio natural se analizarán a partir de las propuestas de actuación, analizando también los problemas ambientales existentes en la red actual.

Respecto a la integración ambiental de la carretera en el medio, se toma como referencia la Evaluación Ambiental realizada de la red viaria, considerando tramo a tramo sus necesidades en términos de fragmentación de hábitats, riesgo de vertidos contaminantes, recuperación ambiental e integración paisajística o molestias del ruido del tráfico a las personas.

### *3.2.1 Determinación de las necesidades de actuación.*

Los criterios de intervención tienen que ver con la geometría y el tráfico que soporta la red; por ello se actuará en los siguientes casos:

Insuficiencias de capacidad:

- Tramos de la Red de Interés General cuyas intensidades de tráfico actuales superen los 8.000 y 10.000 vehículos/día y no hayan sido objeto de duplicación.
- Red de Interés General con plataformas inferiores a 9 metros y con tráficos comprendidos entre 5.000 y 10.000 vehículos/día.
- Red de Interés de la Comunidad Foral con plataformas inferiores a 8 metros y con tráficos comprendidos entre 2.000 y 5.000 vehículos/día.
- Red de Interés de la Comunidad Foral con plataformas menores de 6 metros, y Red local con plataformas comprendidas entre 5 y 6 metros y con tráficos comprendidos entre 1.000 y 2.000 vehículos/día.
- Red Local con plataformas inferiores a 5 metros.

Peligrosidad de la red:

A continuación, están las necesidades derivadas de la propia peligrosidad de la red: ésta se ha establecido a partir del cruce de los accidentes con víctimas y la intensidad de tráfico en la red, determinando los TCAs como punto de inversión.

Travesías y zonas urbanas:

A estas necesidades hay que añadir las derivadas del análisis de las travesías de población efectuado y que ha determinado dos tipos de déficits: las travesías que precisan de la construcción de una variante, dada su incapacidad para compatibilizar el tráfico de paso con el tráfico interno de la propia travesía, lo cual se establece a partir de un tráfico superior a 2.500 vehículos/día, y las travesías que solamente requieren ser acondicionadas para una mejor canalización de los dos tipos de tráfico.



## Comarca de Pamplona:

También se han analizado las necesidades de intervención en las actuales Rondas de la Comarca de Pamplona en base a dos criterios: capacidad del tronco y funcionalidad de los enlaces.

Así como con las cifras actuales del tráfico el tronco no presenta problemas de capacidad, no sucede lo mismo en diferentes enlaces de la PA- 30 y de la A-15, en los que se registran reducciones de capacidad en las horas punta de mañana y tarde. La concentración de nuevas viviendas y desarrollos comerciales alrededor de algunos enlaces obliga a su ampliación y mejora; el incremento de tráfico futuro obliga por su parte a estudiar y reservar suelo para una futura ronda exterior que venga a complementar la funcionalidad de las actuales Rondas.

## Mantenimiento y conservación:

Las necesidades de intervención se han extendido en su análisis a la inversión necesaria para mantener y conservar la actual Red Foral de acuerdo con las exigencias y garantías que precisa. Por ello el Plan incorpora un análisis de los firmes a reforzar, de mejoras preventivas en la red, de inventarios y estudios a realizar, de maquinaria e informática a renovar, y de la ampliación de los centros de conservación existentes.

## Adecuación normativa:

También se han analizado las necesidades de intervención derivadas de la nueva Directiva Europea sobre Seguridad en túneles de carretera, la aplicación de la Ley de Ruidos a la Red Foral, y como medida preventiva la adaptación ambiental de ciertos tramos de la actual red para evitar atropellos de animales mediante el análisis de los pasos de fauna actuales y de la permeabilidad de las principales carreteras de la Red Foral.

### 3.3 Condicionantes ambientales.

#### 3.3.1 *Características medioambientales generales.*

La Comunidad Foral de Navarra está situada en el Norte de España, en el extremo occidental de los Pirineos, donde mantiene 163 kilómetros de frontera con Francia. Tiene una extensión de 10.421 km<sup>2</sup> y la flanquean, por el Este Aragón,-Huesca y Zaragoza-, por el Sur, La Rioja, y por el Noroeste, la Comunidad Autónoma Vasca –Álava y Guipúzcoa-.

A pesar de ser una comunidad pequeña, confluyen en el territorio de Navarra tres importantes unidades geomorfológicas: el macizo pirenaico al Norte, la cordillera cantábrica al Noroeste y el Valle del Ebro al Sur. Ello da lugar a un territorio de grandes contrastes topográficos y climáticos y a una diversidad de ambientes naturales entre el norte y el sur de Navarra.

Una tercera parte del territorio navarro tiene altitudes entre 600 y 1.000 metros sobre el nivel del mar. Más de la mitad está entre 200 y 600 metros.

Por su situación geográfica, en Navarra existen tres tipos de climas principales: el alpino o de montaña, el oceánico y el mediterráneo continentalizado.

Los dos primeros se delimitan básicamente en la zona de la Montaña de Navarra, al norte, el tercero en la Ribera y la Zona media.

Existen zonas intermedias, como la Cuenca de Pamplona, que participa de todas las influencias.

El clima alpino o de montaña se localiza en las zonas del pirineo oriental.

Se caracteriza por sus bajas temperaturas medias, que no superan los 8°C y las frecuentes nevadas invernales.

El clima oceánico se localiza en las zonas próximas al mar Cantábrico. Las precipitaciones superan los 2.200 mm anuales y están repartidas a lo largo de todo el año. Las temperaturas medias son suaves, en torno a los 14 °C.

El clima mediterráneo continentalizado posee precipitaciones inferiores a los 500 mm., con una estación seca que coincide con el verano. Los inviernos son fríos y los veranos cálidos.

La diversidad biológica es el principal rasgo de la riqueza de la naturaleza de Navarra. Esta elevada biodiversidad se debe en buena medida a su peculiar ubicación, en la que confluyen tres regiones biogeográficas: la alpina, la atlántica y la mediterránea. Pero también es fruto de la escasa densidad de población (50 h/km2 frente a los 77 de España), de un desarrollo armónico que ha conjugado el crecimiento económico y social con el respeto a la naturaleza, de la alta sensibilidad medioambiental de sus habitantes y de una avanzada política de gestión de los hábitats.

Navarra es pues un mosaico de paisajes que albergan innumerables especies de animales y vegetales. Se pueden distinguir nueve ecosistemas principales: sistemas alpinos, áreas fluviales y zonas húmedas, masas forestales, matorrales mediterráneos, pastizales no esteparios y brezales, roquedos, estepas, turberas y tobas, además de los saladares y las lagunas endorreicas. Estos ecosistemas acogen a especies tan variadas como el oso pardo, el visón europeo, el urogallo, el pico dorsiblanco, la nutria, el quebrantahuesos, el águila, el alimoche, el buitre o el avetoro, por citar algunos ejemplos.

La variedad orográfica y climática de Navarra, desde los valles cantábricos y las cumbres pirenaicas a las llanuras desérticas de la Reserva Mundial de la Biosfera de las Bardenas Reales, convierten al territorio en un completo muestrario de la naturaleza.

El territorio de Navarra se caracteriza por la importancia de sus recursos naturales que pueden resumirse en los siguientes puntos:

De los terrenos forestales 363.000 Ha están arboladas, siendo el 65% frondosas y particularmente hayedos (lo que supone el 33% de los hayedos españoles) y el 35% de coníferas.

Las superficies cultivadas representan el 33,5 % del territorio. De estas superficies cultivadas, el 73% corresponde al secano intensivo y el 15% al regadío.

Los recursos hídricos con aportaciones efectivas de 5.000 hm3/año de agua. La montaña Navarra, además de mantener la integridad de los sistemas hídricos, suministra agua limpia al resto del territorio. Gracias a ello, puede satisfacer sus necesidades y exportar más de 3.000 Hm3 al año a la cuenca del Ebro, lo que supone el 25% de su caudal en Navarra.



### 3.3.2 *Protección de los recursos naturales en Navarra.*

#### 3.3.2.1 *Red de Espacios Naturales Protegidos.*

Navarra cuenta con una Red de Espacios Naturales Protegidos formada por:

- 3 Parques Naturales (64.933 Ha)
- 3 Reservas Integrales (487 Ha)
- 38 Reservas Naturales (9.178 Ha)
- 28 Enclaves Naturales (931 Ha)
- 2 Áreas Naturales Recreativas (459 Ha)
- 17 Zonas de Especial Protección para las Aves, también llamadas ZEPAS (79.950 Ha)
- 14 Áreas de Protección de la Fauna Silvestre (2.815 Ha)

Destaca también la presencia de dos Humedales de Importancia Internacional: la Laguna de Pitillas y la Laguna de las Cañas (Viana).

Además, el Gobierno ha propuesto 42 LICs (Lugares de Interés Comunitario) para su integración en la Red Natura 2000, creada por la Unión europea para la conservación de la diversidad biológica.

#### ESPACIOS PROTEGIDOS POR LA LEY FORAL 9/1996

La Ley Foral de Espacios Naturales de Navarra cumple dos objetivos, por un lado, establece un marco jurídico propio para Navarra, con la finalidad de proteger, conservar y mejorar las partes de su territorio dotadas de valores naturales dignos de protección. Este marco legal se articula teniendo en cuenta las previsiones de la legislación básica del Estado, pues incorpora las categorías de espacios naturales y los instrumentos de planificación de la Ley estatal de 1989, y de las Directivas Comunitarias Medioambientales, en especial de la 92/43, de 21 de mayo, relativa a la conservación de los hábitats naturales, aplicable desde mediados de 1994.

Por otro, integra y armoniza la normativa sobre espacios naturales con el extenso entramado jurídico urbanístico-territorial y medioambiental que, en los últimos años, ha promulgado la Comunidad Foral, especialmente con las determinaciones de las Leyes Forales de Protección y Gestión de la Fauna Silvestre y sus Hábitats, de Ordenación del Territorio y Urbanismo y de Protección y Desarrollo del Patrimonio Forestal de Navarra.

A la hora de clasificar los Espacios Naturales de Navarra, esta Ley Foral mantiene las categorías propias de la Ley Foral de Normas Urbanísticas Regionales para protección y uso del territorio, y añade al catálogo de espacios los monumentos naturales y los Paisajes Protegidos, figuras proveniente de la normativa básica estatal.

Para cada una de estas clases de Espacios Naturales, la Ley Foral relaciona las actividades y usos permitidos, autorizables y prohibidos, en sintonía con el régimen legal urbanístico operante en el suelo no urbanizable de Navarra.

Por su extensión y su importancia, destacan los tres Parques Naturales declarados: el Señorío de Bértiz, Urbasa-Andía y las Bardenas Reales.

#### Señorío de Bértiz:

El Parque Natural Señorío de Bértiz tiene una superficie de 2.040 Ha y está situado en el término municipal de Bertizarana, en el Norte de Navarra, a orillas del río Bidasoa. El parque constituye un conjunto singular por su paisaje, siendo uno de los pocos valles del entorno que dispone de una cubierta arbórea completa y continua. Presenta un alto gradiente altitudinal, pues en tan sólo seis kilómetros de distancia se superan los 700 metros de desnivel entre las orillas del Bidasoa y el pico de Aizkolegi. Su vegetación y su fauna son representativas de los valles prepirenaicos de influencia atlántica, aunque no existen especies endémicas.

#### Urbasa y Andía:

Las Sierras de Urbasa y Andía (21.408 Ha de Parque Natural) se configuran como un espacio natural dotado de un amplio conjunto de valores geológicos, biológicos, ecológicos, estéticos, paisajísticos, arqueológicos y socioculturales. Están situadas al Oeste de Navarra, en una posición intermedia entre la llamada Navarra Húmeda del Noroeste y la Navarra Media Occidental o Tierra Estella. Se trata de un altiplano en el que confluyen el mundo atlántico, que penetra por la cara norte, y el mediterráneo, que lo hace por el Sur. Todo ello conforma un sugestivo paisaje de robles, hayas, quejigos, encinas y pastizales en el que habita una fauna valiosa por su diversidad.

El parque es un modelo de paisaje kárstico y en este territorio se preserva buena parte de los recursos hídricos de Navarra, pues constituye un gran embalse subterráneo, cuyo drenaje natural fluye al exterior a través de nacaderos tan espectaculares como el del Urederra.

#### Las Bardenas Reales:

Las Bardenas Reales (40.000 Ha. de Parque Natural) constituyen un extenso territorio del Sudeste de Navarra caracterizado climatológicamente por sus escasas y torrenciales precipitaciones, veranos cálidos e inviernos bastantes fríos. La vegetación es de carácter estepario y mediterráneo.

El interés botánico de la flora y la fauna bardeneras está relacionado con la singularidad climática de la depresión del Ebro, y ha merecido figurar en el Inventario Nacional de Hábitats, elaborado al amparo de la Directiva 92/43, CEE, de 21 de mayo, de Hábitats. Este parque fue declarado en 2000 Reserva Mundial de la Biosfera.

Además de estos tres Parques Naturales, cabe destacar:

- 3 Reservas Integrales.
- 38 Reservas Naturales.
- 28 Enclaves Naturales.
- 2 Áreas Naturales Recreativas.

## ESPACIOS PROTEGIDOS POR LA LEY FORAL 2/1993

En Navarra se han creado las Áreas de Protección de la Fauna Silvestre en aplicación de la Ley Foral 2/1993 de protección y gestión de la fauna silvestre y sus hábitats (con sus modificaciones recogidas en las Leyes Forales 8/94 y 5/98).

Dentro de los condicionantes genéricos de esta Ley Foral destaca la obligatoriedad de realizar estudios ambientales de todas las obras de carreteras, salvo las desarrolladas dentro de los núcleos urbanos.

Existen catorce Áreas de Protección de la Fauna Silvestre.

## ESPACIOS PROTEGIDOS POR LA LEY FORAL 13/1990: MUP

La Ley Foral 13/1990, de protección y desarrollo del patrimonio forestal de Navarra, concibe los Montes de Utilidad Pública como montes públicos dotados de una innegable función ecológica, al punto de que al menos un 5% de su superficie debe conservarse sin actuación humana, sometida a su evolución natural.

Entre otras consideraciones, esta Ley Foral recoge que en los proyectos de construcción de infraestructuras de interés general en los que se produzca disminución de la superficie forestal, se obliga a la inclusión de un proyecto de reforestación o de restauración forestal en la zona afectada de una superficie no inferior a la ocupada. Además, en aquellos proyectos públicos cuyo ámbito de actuación límite con los cauces fluviales, se respetará una banda lineal continua al cauce, no inferior a cinco metros de anchura, cuyo fin será constituirse en formaciones naturales de ribera.

## ESPACIOS PROTEGIDOS POR EL DECRETO FORAL 4/1997: INVENTARIO DE ZONAS HÚMEDAS

El Gobierno de Navarra ha elaborado un Inventario de Zonas Húmedas (Decreto Foral 4/1997), con el que persigue dos objetivos:

- identificar aquellos humedales de mayor importancia para su conservación.
- establecer las medidas más adecuadas para su protección.

Se reconocen a los humedales inventariados algunos de estos valores: ser una escala importante para las aves migratorias o invernantes; ser el hábitat de especies nidificantes; y poseer valores limnológicos, botánicos e hidrogeológicos.

El Embalse de las Cañas y la Laguna de Pitillas están incluidos además en la lista de Zonas Húmedas de Importancia Internacional del Convenio Ramsar. La primera, por albergar un alto número de parejas de martinetes y garzas imperiales, así como del avetoro con algún caso de nidificación.

La segunda, por la presencia regular del avetoro en período de nidificación, de la polluela chica, del 6,4% de la población invernante del aguilucho lagunero de España, por la importancia creciente de las colonias de garza real e imperial, y por ser zona de paso obligado y escala de descanso regular de diversas aves acuáticas migratorias del frente occidental pirenaico.

## ESPACIOS PROTEGIDOS POR LA DIRECTIVA 79/409/CEE: ZEPAS

El objetivo de esta Directiva es la conservación y la adecuada gestión de todas las aves que viven en estado silvestre en el territorio de la Comunidad Europea. Para ello define

unas reglas generales de protección, limita la relación de especies que pueden ser cazadas y los métodos de captura, y regula su comercialización.

Además, la Directiva da soporte legal en su articulado a uno de los principios más elementales de la conservación de la vida silvestre: la necesidad de proteger los hábitats para garantizar la protección de las especies.

Así, los Estados miembros tienen la obligación de conservar los territorios más adecuados, en número y superficie suficiente para garantizar su supervivencia.

Estos territorios son las ZEPAS, lugares en los que se han de adoptar las medidas apropiadas para evitar la contaminación o el deterioro de los hábitats, y las perturbaciones que afecten a las aves. Estas zonas juegan un papel muy destacado en la constitución de la Red Natura 2000.

En Navarra se han determinado 17 Zonas de Especial Protección de Aves.

## ESPACIOS PROTEGIDOS POR DIRECTIVA 92/43/CEE: RED NATURA 2000

### *Lugares de Importancia Comunitaria*

Navarra ha propuesto 42 Lugares de Importancia Comunitaria (LICs) para su integración en la Red Natura 2000, creada por la Unión Europea para la conservación de la diversidad biológica. Estas 42 zonas suponen más del 24% del total del territorio navarro.

La Red Natura 2000 es la concreción Europea de la Cumbre de Río (1992), en la que se creó el Día Internacional de la Diversidad Biológica. Esta Red, amparada por la Directiva 92/43/CEE, tiene como objetivo el mantenimiento, en un estado de conservación favorable, de todos los tipos de hábitats y especies de flora y fauna declaradas de interés comunitario en los anexos I y II de dicha Directiva; igualmente, quiere interiorizar, junto a los criterios meramente ecológicos, también los económicos sociales, culturales y territoriales para alcanzar el desarrollo sostenible.

En concreto, Navarra ha propuesto más de 250.000 hectáreas de su territorio para integrarlas en la Red Natura 2000.

Estas zonas se establecen en espacios de gran tamaño donde se puede actuar eficazmente dentro de una gestión sostenible y de integración de la conservación con usos tales como la agricultura, selvicultura, actividades recreativas, caza, pesca, industria e infraestructuras de transporte. La superficie estimada en Navarra con interés natural es de 465.996 hectáreas, por lo que la propuesta de los 42 LIC integra el 54,07% del territorio declarado como de interés natural. La planificación de la Red Natura 2000 en Navarra es novedosa ya que se están elaborando planes de gestión específicos para cada uno de los LICs. En el proceso de selección se han utilizado hasta siete indicadores ecológicos; se ha utilizado un análisis multivariable a través de sistemas de información geográficos; y se ha desarrollado una detallada cartografía de cada LIC.

### *Hábitats Naturales*

La Directiva Hábitats (Directiva 92/43 CEE), en su Anexo I, recoge 226 tipos de hábitats de interés comunitario, para cuya conservación es necesario designar las correspondientes zonas. Estos hábitats se caracterizan por estar amenazados de desaparición en su área de distribución natural, porque sea reducida o lo esté debido a

alguna causa que provoque su regresión, o por constituir un ejemplo representativo de características típicas de alguna de las cinco regiones biogeográficas europeas.

De estos hábitats, 121, es decir, el 54%, se encuentran presentes en territorio español.

Igualmente, la Directiva establece dentro de estos hábitats naturales de interés comunitario, algunos “prioritarios”, que son definidos como aquéllos amenazados de desaparición cuya conservación supone una especial responsabilidad, habida cuenta de la proporción de su área de distribución natural incluida en el territorio de la Unión Europea. La diversidad biológica en cuanto a hábitats naturales en Navarra es la siguiente:

- Región alpina: 4 hábitats prioritarios y 26 de interés especial (19.303 Ha)
- Región atlántica: 7 hábitats prioritarios y 27 de interés especial (106.139 Ha)
- Región mediterránea: 8 hábitats prioritarios y 29 de interés especial (92.689 Ha)

En total, Navarra presenta 52 hábitats de interés comunitario:

- 10 tipos de hábitats prioritarios con 28.483 Has.
- 42 tipos de hábitats de interés especial en 189.647,5 Has.

Este conjunto de hábitats supone el 23% de todos los espacios con algún tipo de interés europeo, sin duda la mayor proporción regional. A su vez, España es el país de la Unión Europea con mayor biodiversidad, albergando el 43% de toda la existente en el continente europeo.

### 3.3.2.2 *Especies de fauna y flora amenazadas.*

Elaborar catálogos sobre flora y fauna amenazada no sólo es una opción estratégica sino un imperativo legal. En la Ley 4/89 de Conservación de Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres, se establecen las categorías de protección según el grado de amenaza a que están sometidas las especies.

El instrumento que permite establecer el estatus de protección de cada especie es el Catálogo de Especies Amenazadas. Navarra ha sido una de las ocho Comunidades Autónomas que ha elaborado parcialmente el catálogo, ajustándose a las categorías establecidas en la ley básica, a diferencia de otras que han incorporado nuevas categorías.

La fauna amenazada de Navarra:

La elaboración del Catálogo de Especies de Fauna Amenazadas se basó en el Decreto Foral 563/1995, de 27 de noviembre. Recoge un total de 105 especies de vertebrados, 3 de ellas extinguidas y 17 catalogadas como en peligro de extinción. El grupo de las aves es el más amenazado en cuanto al número de especies incluidas en alguna de las categorías descritas, 83 de las 235 registradas, aunque en términos porcentuales los anfibios encabezan la lista, con un 41% de sus especies amenazadas (ver tabla inferior).

En el año 1996, en el Decreto Foral 142/1996, se incluyó en el Catálogo el primer, y hasta la fecha único invertebrado, el cangrejo de río autóctono, catalogado como “en peligro de extinción”. Sin embargo, cabe destacar la presencia en Navarra de 10

taxones incluidos en el anexo II de la Directiva Hábitats, que se elevan hasta 17, si consideramos todos los invertebrados protegidos por convenios internacionales.

En la actualidad hay aprobados cuatro planes de recuperación: Decreto Foral 15/1996, de 18 de septiembre, del águila perdicera; Decreto Foral 95/1995, de 10 de abril, por el que se aprueba el II Plan de Recuperación del quebrantahuesos, el Decreto Foral 143/1996, de 11 de marzo, por el que se aprueba el Plan de Recuperación del cangrejo de río autóctono y el Decreto Foral 268/1996, de 1 de julio, por el que se aprueba el Plan de Recuperación del oso pardo.

#### ESPECIES DE VERTEBRADOS PROTEGIDOS Y SUS CATEGORÍAS

	Total	Autóctona	Alóctona	P.E.	S.	V.	I.	Ex.	%
Peces	27	21	6	-	-	-	6*	-	22
Anfibios	17	17	-	-	2	-	5	-	41
Reptiles	26	26	-	-	1	-	6	-	27
Aves	236	234	2	11	12	12	48	-	35
Mamíferos	78	75	3	5	1	5	12	3	33

*Tabla: Especies de vertebrados protegidos y sus categorías*

\* El gobio, sólo en la vertiente cantábrica

P.E.: En Peligro de Extinción. S: Sensibles a la alteración de su hábitat.

V: Vulnerables. I: De Interés especial. Ex: Extinguidas

**Tabla 4: Tabla de especies de vertebrados protegidos y sus categorías.**

#### La Flora Amenazada de Navarra:

En el Decreto Foral 94/1997, de 7 de abril, se ha recogido el catálogo de flora amenazada basada en la prohibición de su destrucción, mutilación, corta o arranques intencionados, la prohibición de su posesión, naturalización, transporte, venta y exposición y la vigilancia discreta y el seguimiento periódico de la evolución de sus poblaciones.

En el catálogo se han recogido las especies de la flora silvestre vascular que requieren de un estatus protector más inminente. Se han considerado 16 “sensibles a la alteración de su hábitat” y 37 “vulnerables”. Para más adelante ha quedado la catalogación de especies “de interés especial”, 59 especies, según el estudio previo que sirvió de base a la realización del catálogo, que cuentan con poblaciones escasas, se hayan en el límite de su área de distribución o son endémicas. Los conocimientos sobre plantas inferiores son todavía insuficientes como para adoptar criterios de gestión.

Cabe constatar la presencia en Navarra de una especie incluida en el anexo II de la Directiva Hábitats.

#### 3.3.2.3 Protección de El Camino de Santiago.

Las peregrinaciones a Santiago de Compostela comenzaron a raíz del oportuno hallazgo del sepulcro del apóstol Santiago y sus discípulos en Compostela el año 813. La Cristiandad y los reinos cristianos, embarcados en el espíritu de Cruzada contra los musulmanes, se lanzan en peregrinación a visitar la tumba del apóstol. Así se crea el Camino Jacobeo-la calle Mayor de Europa- que recibe la influencia cultural y religiosa de toda Europa, que va haciendo caminos que confluyen en los dos principales que cruzan el Pirineo por Roncesvalles y Somport.



También en Navarra las rutas fueron varias en un principio. Aparte de las dos citadas, tuvieron importancia la de la Barranca, la del Baztán, la de Mauleón a Roncal y Lumbier, la de la Ribera, la del Val de Aibar y la que atravesaba la Valdorba. El rey navarro Sancho III el Mayor (1004-1035), que ejerció un dominio efectivo sobre todos los reinos cristianos hispanos, fue quien fijó el trazado definitivo del Camino y quien introdujo la influencia cluniacense y el nuevo arte románico, que se extendió por toda la ruta jacobea, cuyo esplendor habría de durar hasta el siglo XVI.

Prácticamente olvidado desde entonces, comienza a renacer con la creación de las primeras asociaciones de Amigos del Camino de Santiago, primero en París, y luego, en 1962, en Estella, y después por toda Europa.

Su labor se ve reconocida con la declaración del Camino en 1987, por el Consejo de Europa, como «Itinerario Cultural Europeo». Desde entonces, por razones religiosas, culturales o turísticas, hacen el Camino gentes de todo el mundo.

En Navarra, El Camino de Santiago se encuentra delimitado y protegido mediante la promulgación de los siguientes Decretos Forales:

- Decreto Foral 324/1993, de 25 de octubre, por el que se fija y delimita definitivamente el ámbito territorial del Camino de Santiago, a su paso por Navarra, al efecto de complementar la declaración como conjunto histórico-artístico efectuada por Decreto 2224/1962, de 5 de septiembre.
- Decreto Foral 290/1988, de 14 de diciembre, por el que se delimita definitivamente el Camino de Santiago a su paso por Navarra y se establece su régimen de protección, indicándose en este Decreto el régimen de protección urbanística así como los pasos a seguir en el caso de ocupación o afección por parte de una infraestructura.

### 3.4 Evaluación ambiental estratégica.

#### 3.4.1 *Consideraciones generales.*

Los Planes y Programas desarrollados en el ámbito territorial de la Comunidad Foral de Navarra, deben someterse a Evaluación Ambiental Estratégica en cumplimiento de la Ley Foral 4/2005, de 22 de marzo, de intervención para la protección ambiental.

La aprobación de la Directiva 2001/42/CE, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente, supuso un importante hito en el desarrollo de la evaluación ambiental en las herramientas de planificación.

La Directiva, que entró en vigor oficialmente el 21 de julio de 2004, ha sido transpuesta al derecho interno de España mediante la aprobación de la Ley 9/2006, de 28 de abril sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente. Ésta recoge esencialmente el espíritu de la Directiva acogiendo el procedimiento de evaluación propuesto en ella y adaptándolo al caso español, cuyos procedimientos de evaluación de impacto ambiental de planes ya poseen algunos años de experiencia.

El principal objetivo de estos textos legales es integrar los aspectos ambientales desde las primeras fases de decisión, para lo cual proponen un procedimiento de evaluación que se pone en marcha desde el mismo momento de la concepción y preparación de los documentos de planificación y programación. Al mismo tiempo, proponen, aunque sea de forma indirecta, nuevos conceptos ambientales, tales como la sostenibilidad y el desarrollo sostenible, a los cuales, tanto la Directiva como la Leyes mencionan como metas más importantes.

Con este fin se desarrolla como documento complementario al III Plan Director de Carreteras, un Estudio de Incidencia Ambiental, que permite identificar y evaluar los posibles efectos que sobre el medio ambiente pueda tener su aplicación.

El desarrollo y contenido de este Estudio de Incidencia se ajusta tanto a las recomendaciones realizadas por el Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente de la Comunidad Foral de Navarra en la fase previa de consultas, como a las indicaciones recogidas en la Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.

La evaluación ambiental estratégica del III Plan Director de Carreteras de Navarra 2010-2018, se concibe como un ejercicio integrado en el proceso de elaboración del Plan Director, atendiendo a los objetivos ya relacionados en la generalidad del documento de planificación y en los capítulos sectoriales en él incluidos.

En una evaluación ambiental estratégica de planes o programas, es importante considerar el factor escala. La consideración de la sostenibilidad y el desarrollo sostenible, como expresión de viabilidad física y ambiental de los sistemas socioeconómicos, obliga a aumentar las escalas de la evaluación.

Si bien el estudio del impacto físico directo de las infraestructuras propuestas en el Plan Director revisten una indiscutible importancia, siempre hay que tener en consideración que estas actuaciones se desarrollarán posteriormente mediante la redacción y aprobación de los oportunos Estudios Informativos y Proyectos de Construcción, figuras que, por su nivel de definición, permiten la redacción de los correspondientes Estudios de Impacto Ambiental o documentos análogos, dónde se realiza una evaluación exhaustiva y a una menor escala de los potenciales impactos producidos.

Por tanto, será importante a este nivel de escala, la consideración conjunta del impacto de las infraestructuras simultáneamente consideradas.

De ese modo, se podrán analizar aspectos tales como la fragmentación total del territorio, los grandes cambios de uso del suelo inducidos o los efectos sinérgicos que el sistema de infraestructuras pueda causar en conjunción con otros aspectos económicos y sociales.

Las estrategias de actuación generales para cada uno de los ámbitos territoriales del área de estudio, se concretan en una serie de propuestas de actuación.

La identificación de la incidencia que estas propuestas producirán sobre las principales variables ambientales será desarrollada de forma exhaustiva en el Estudio de Incidencia Ambiental, realizándose previamente un inventario ambiental de la situación actual a la escala adecuada para un Plan Director de ámbito autonómico como es el Plan Director de Carreteras de Navarra, y después un análisis cruzado de los valores ambientales y los impactos esperados.

El análisis de la legislación aplicable desde el punto de vista medioambiental genera una serie de condicionantes medioambientales a la hora de definir y evaluar las propuestas de actuación que serán contempladas en el Plan Director. Se tendrán en consideración todas las disposiciones legales vigentes de carácter medioambiental aplicables a un documento de concepción global como es el Plan Director de Carreteras de Navarra, desde el nivel más genérico, como es la Unión Europea, hasta las legisladas por la propia Comunidad Foral de Navarra. La legislación de carácter más específico, será recogida dentro de la Evaluación Ambiental Estratégica con el fin de tenerla en consideración a la hora de establecer las prescripciones generales consideradas en el diseño y construcción de las infraestructuras programadas.



No obstante, en el desarrollo de la evaluación ambiental no se tienen únicamente en cuenta estas prescripciones legales. El análisis en detalle del ámbito de estudio permite identificar los recursos ambientales más valiosos, determinando las áreas relevantes desde el punto de vista de la conservación, fragilidad, singularidad o especial protección. De este modo, el análisis medioambiental de cada una de las actuaciones propuestas dentro del ámbito en el que se desarrollan, da lugar a una serie de condicionantes ambientales más específicos.

A partir de este análisis ambiental, se elaborará una exhausta identificación de la incidencia que se producirá sobre las principales variables ambientales, tales como el medio ambiente urbano, suelo, hidrología e hidrogeología, flora, fauna, paisaje, etc....

El análisis cruzado de los valores ambientales y los impactos esperados, produce una valoración de las actuaciones sobre el medio, procediendo después a una valoración global de las afecciones detectadas.

El Estudio de Incidencia Ambiental pretende completarse con las Medidas preventivas y correctoras previsibles y necesarias para la correcta ejecución del Plan Director, con la mínima afección posible al medio natural, urbano y social y un Plan Director de Vigilancia Ambiental, que incluye el control sistemático sobre incidencias detectadas, así como sobre la correcta ejecución de las medidas preventivas y correctoras, e incluso, compensatorias, si fuesen necesarias, mediante indicadores de calidad.

Dentro de las Medidas que se recogerán en el Informe, se incluirán una serie de directrices a los respectivos procedimientos de evaluación de impacto ambiental de cada uno de los proyectos, no sólo porque el Plan Director marcará el contexto en el que éstos han de desarrollarse, sino también porque uno de los puntos esenciales del Plan Director será dotar de ligazón a todo el sistema como un conjunto inserto en un territorio concreto y en un contexto ambiental dado.

#### *3.4.2 Tramitación administrativa.*

El III Plan Director de Carreteras se incluye en el Anejo 3A, Apartado C.6 de la Ley Foral 4/2005, de 22 de marzo, de Intervención para la protección ambiental y por lo tanto está sujeto al procedimiento de Evaluación Ambiental Estratégica.

Con objeto de iniciar el procedimiento de Evaluación Ambiental Estratégica, El Departamento de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones presenta con fecha 30 de julio de 2008 la Propuesta del III Plan Director de Carreteras de Navarra 2009 – 2016, de acuerdo con lo previsto en la citada Ley Foral. Con fecha 27 de octubre de 2008, a efectos del trámite de consultas previas, el Servicio de Calidad Ambiental informa sobre el alcance y contenido del Estudio de Incidencia Ambiental.

El 11 de noviembre de 2009 se recibe el III Plan Director de Carreteras de Navarra 2009 – 2016, junto con el estudio de incidencia ambiental para informe sobre la suficiencia del mismo, de acuerdo con lo previsto en el artículo 33.2 de la Ley Foral 4/2005, de 22 de marzo. Con fecha 12 de noviembre de 2009, se emitió informe del Director General de Medio Ambiente y Agua concediendo la suficiencia al estudio. Por Orden Foral 103/09, de 24 de noviembre de la Consejera de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones se efectuó el trámite de información pública por un periodo de treinta días. Dicha Orden Foral fue publicada en el Boletín Oficial de Navarra número 149, de fecha 4 de diciembre de 2009. Durante el período de información pública se reciben 46 alegaciones, ninguna de ellas con contenido medioambiental.

El III Plan Director de Carreteras de Navarra 2010-2018 además de cubrir su objetivo principal de conseguir un espacio geográfico equilibrado, seguro y competitivo, basado en el bienestar social de sus habitantes a través de una mejora de la red local, el desarrollo de los ejes

estratégicos y la construcción de las vías de superior categoría, trata de compatibilizar la necesaria mejora de la red viaria con la protección y el respeto al Medio Ambiente.

Para ello, la propuesta realizada propone la integración de los aspectos medioambientales desde las primeras fases de la toma de decisiones, fases en las que se ha definido el conjunto de actuaciones y su prioridad.

Se trata así, de conseguir el máximo nivel de protección del medioambiente promoviendo un desarrollo sostenible de la red de infraestructuras viarias por carretera.

Por Resolución 607/2010, de 8 de abril de 2010, del Director General de Medio Ambiente y Agua, se formula Declaración de Incidencia Ambiental sobre III Plan Director de Carreteras de Navarra 2009-2016, promovido por el Departamento de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones.

### *3.4.3 Contenido de la Declaración de Incidencia Ambiental.*

El Plan Director deberá desarrollarse cumpliendo todas las medidas correctoras y de seguimiento ambiental establecidas en el Estudio de Incidencia Ambiental y además las siguientes condiciones:

#### **AFECCIÓN A ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS:**

En este apartado se incluye la afección de los nuevos proyectos sobre la Red Natura 2000, espacios naturales declarados en base a la Ley Foral 9/1996, de 17 de junio de Espacios Naturales de Navarra, ZEPAS y zonas húmedas de acuerdo al Decreto Foral 4/1997, de 13 de enero.

Los proyectos de todas aquellas actuaciones que puedan afectar a la Red Natura o a Espacios Naturales Protegidos deberán presentar un capítulo específico de valoración de la afección ambiental cuya valoración se medirá a través de indicadores tales como número de kilómetros de carretera que afecten a estos espacios y superficie de ocupación, incluyendo la banda de afección completa de la carretera.

Para ello, se habrá de presentar cartografía con los límites de los espacios protegidos, mapas de vegetación y de los hábitats tal como aparecen identificados en la Directiva 92/43/CEE. Todo ello, a la escala adecuada de Proyecto. Esta escala se puede establecer en 1:5.000, pudiendo, y dependiendo de la sensibilidad ambiental de la zona de actuación, ampliarse a escalas de mayor detalle.

En estas zonas, las obras se planificarán en el espacio y en el tiempo, con el objeto de minimizar sus efectos sobre estos ecosistemas frágiles y valiosos.

Se incorporarán al proyecto el conjunto de actuaciones auxiliares necesarias para la correcta ejecución del mismo (construcción de vados o badenes, ataguías, caminos auxiliares de obra...). En el caso de construcción de estructuras sobre cursos fluviales, se analizarán con detalle los accesos a ambas orillas, con el fin de minimizar el trasiego de maquinaria por los cauces. Se tratará de evitar la construcción de pilas en los cauces fluviales.

#### **AFECCIÓN SOBRE ESPECIES DE FLORA O FAUNA:**

Los proyectos incluidos en el III Plan Director de Carreteras de Navarra deberán evitar la afección a especies de fauna y flora amenazada, y en especial a las especies catalogadas como Prioritarias para la Unión Europea, o en Peligro de extinción o Sensibles a la alteración de su hábitat en la normativa navarra.

Se analizará la presencia o no de estas especies catalogadas dentro de la zona de afección de la carretera. Si existen indicios de su presencia, el estudio de impacto ambiental o de afecciones ambientales incorporará un inventario de detalle de estas especies con el objeto de localizarlas y tomar las correspondientes medidas para su protección.

En áreas con flora o fauna catalogada se habrá de tener en cuenta los períodos de intervención, respetando los períodos sensibles de las especies.

#### FRAGMENTACIÓN DE HÁBITATS Y ALTERACIÓN DE CORREDORES ECOLÓGICOS:

Se localizarán los posibles corredores para la fauna que se puedan ver interrumpidos por la presencia de nuevos trazados de carretera. Los proyectos incorporarán medidas que reduzcan los impactos a este respecto: adecuación de obras de fábrica y drenajes, construcción de pasos de fauna específicos, incorporación de medidas para reducir de forma efectiva la velocidad máxima de circulación en áreas de máximo riesgo de colisión como señalización vertical, colocación de badenes, etc.

Para evitar la fragmentación de hábitats se integrarán, en la medida de lo posible, las prescripciones técnicas establecidas en los “Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transportes”, publicados por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

En el caso de las vías ya existentes el Plan Director incluye un estudio de adecuación de pasos de fauna. Este estudio habrá de seleccionar las vías donde se detecte el mayor número de atropellos y aquellas que atraviesan espacios naturales protegidos.

A partir de los datos de atropellos, presencia de fauna catalogada, análisis de las estructuras transversales existentes en estas vías y de las características geométricas de las mismas se desarrollará una serie de actuaciones encaminadas a la mejora de la permeabilidad de las carreteras y desfragmentación de los hábitats atravesados.

Por otra parte, los nuevos proyectos además habrán de analizar el hecho de la accesibilidad a espacios anteriormente aislados y la consiguiente presión sobre ellos.

#### PRÉSTAMOS Y VERTEDEROS:

En primer lugar se habrá de considerar, a la hora de proyectar cada una de las actuaciones recogidas en el Plan Director, el diseño de las mismas, teniendo como objetivo prioritario la máxima compensación de tierras dentro de la obra.

En el caso de que un Proyecto resulte deficitario en tierras, será preciso planificar la demanda y establecer fuentes de árido, bien utilizando el recurso disponible a través de las empresas comerciales de árido existentes en la zona o bien, localizando áreas de extracción cuya explotación resulte compatible con la conservación de los valores ambientales de las zonas afectadas. Se primarán los emplazamientos que afecten a terrenos de cultivo o praderas de siega o diente, frente los que afecten a superficie con cubierta vegetal natural. Se intentará evitar aquellos préstamos cuyo resultado topográfico final de lugar a un hueco permanente con cota significativamente inferior a la de los terrenos colindantes. En cualquier caso, se tratará de recuperar o imitar la topografía original mediante el relleno de los huecos excavados con los excedentes de la propia obra.

En el caso de que las actuaciones generen excedentes de tierra, se proyectarán con antelación las zonas de vertido, primando aquellos emplazamientos degradados y sobre los que el vertido de tierras suponga su restauración.

Además, se analizará la interacción de estas actuaciones auxiliares con las de otras obras que se proyecten o desarrollen en su entorno inmediato con el objeto de analizar los impactos acumulativos que se puedan generar (Canal de Navarra, puesta en regadío de diferentes sectores de riego ligados al Canal de Navarra, instalaciones fotovoltaicas, subestaciones eléctricas, líneas eléctricas, etc.) y diseñar préstamos o vertederos conjuntos con el objeto de minimizar impactos. La Dirección General de Medio Ambiente y Agua coordinará, en el marco de los procedimientos administrativos pertinentes, la adopción de las soluciones conjuntas que se estimen.

#### REUTILIZACIÓN DE ÁRIDOS, RECICLADO DE FIRMES:

Los proyectos que desarrollen el Plan Director, deberán contemplar la reutilización de áridos procedentes tanto de la demolición de estructuras y firmes de la propia obra como de otras obras que se desarrollen en las inmediaciones y de centros de tratamiento de residuos de construcción y demolición, con el fin de reducir el empleo de recursos naturales, siempre que ello sea viable. Los Proyectos deberán considerar la aplicación de las mejores técnicas disponibles en relación al tratamiento de los residuos, y en especial de los restos de asfalto y hormigón procedentes de tramos abandonados de antiguas carreteras.

En el plazo de un año, se elaborará una propuesta justificada sobre la forma de incorporar, de manera progresiva, los criterios anteriores en las nuevas obras.

#### INTEGRACIÓN ECOLÓGICA Y PAISAJÍSTICA DE LAS VÍAS:

Se valorarán aquellas soluciones o alternativas de trazado cuyo diseño permita una óptima adecuación de la infraestructura en base a los distintos contextos paisajísticos. En el análisis de alternativas se priorizarán aquellas propuestas que consigan la mejor compensación de tierras, incluyan la construcción de túneles o falsos túneles y fijen altura de taludes menores y de menor pendiente.

Se analizará y cartografiará la cuenca visual de las nuevas infraestructuras a construir, se cuantificará la afección al paisaje por los cambios originados en el relieve, y por la presencia de superficies denudadas de desmontes y terraplenes.

Se proyectarán taludes con pendientes tendidas, capaces de soportar una capa de tierra vegetal que facilite su revegetación e integración paisajística siempre que las condiciones orográficas del terreno lo permitan y salvo que se produzca un impacto por la mayor ocupación de superficies que no compense sus ventajas. En caso contrario, se aplicarán las mejores técnicas disponibles para la revegetación de taludes.

Cuando un proyecto afecte a un curso fluvial y una vez finalizadas las obras éste deberá ser restaurado con la recuperación del cauce y revegetación de las orillas hasta su correcta integración ecológica. En estos casos, se planteará la posibilidad del uso de técnicas de bioingeniería.

Los Proyectos en su capítulo de restauración contemplarán la restauración de la zona de préstamo y vertederos.

## RUIDO:

El III Plan Director de Carreteras de Navarra contempla el desarrollo de un Plan de Acción de Aplicación de la Ley del Ruido en infraestructuras en servicio para corregir con las medidas necesarias los puntos de la red que superen los niveles acústicos actuales legalmente establecidos, teniendo en cuenta las zonas de servidumbre acústica y que se encuentran delimitadas en los correspondientes mapas de ruido (Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas).

Los proyectos de nuevas infraestructuras viarias deberán establecer una coordinación con la planificación urbanística aprobada y prevista para delimitar los espacios comprendidos dentro de la huella sonora y los usos más adecuados. Además, deberán adoptar las medidas necesarias para que no transmitan al medio ambiente exterior de las correspondientes áreas acústicas, niveles de ruido superiores a los valores límite de inmisión establecidos en el Real Decreto 1367/2007.

## AFECCIÓN A ZONAS INUNDABLES:

Aquellas actuaciones que se prevea afecten a áreas inundables deberán incluir los mapas de inundabilidad de la zona afectada por el proyecto, justificando la afección a zonas inundables en su caso, junto con las medidas adoptadas para la minimización de los efectos inducidos por la ocupación de llanuras de inundación, análisis de efectos barrera a las aguas, etc.

## CONTAMINACIÓN LUMÍNICA:

Las nuevas infraestructuras viarias deberán utilizar luminarias sólo en los lugares estrictamente necesarios y usando la tecnología de mejor eficiencia energética y que produzca menor contaminación lumínica. Al menos se deberá dar cumplimiento a las determinaciones recogidas en la Ley Foral 10/2005, de 9 de noviembre, de ordenación del alumbrado para la protección del medio nocturno.

## VÍAS PECUARIAS:

En la redacción de todos los Proyectos de carretera que afecten a Vías Pecuarias se deberá solicitar informe previo a la Sección de Planificación y Ayudas del Servicio de Conservación de la Biodiversidad para su conformidad respecto a la viabilidad de las diferentes soluciones propuestas.

Los estudios de impacto ambiental o de afecciones ambientales correspondientes a cada proyecto deberán recoger el conjunto de vías pecuarias afectadas por los mismos, mostrando las soluciones adoptadas de reposición o cruce en su caso. En este último caso, siempre se habrá de considerar el cruce a diferente nivel.

De producirse ocupación longitudinal de la vía, a efectos de expropiación, se deberá considerar una franja de terreno suficiente para su reposición.

En cualquier caso, se deberá dar cumplimiento a la Ley Foral 19/1997, de 15 de diciembre, de Vías Pecuarias de Navarra.

## PATRIMONIO HISTÓRICO Y CULTURAL:

Todo proyecto de infraestructuras viarias deberá contar con informe previo de la Sección de Bienes Muebles y Arqueología sobre la compatibilidad del Plan Director con la conservación del Patrimonio Histórico Cultural.

### 3.4.4 *Ejemplo de EIA: Estudio de Incidencia Ambiental de Navarra del III Plan director de carreteras de Navarra.*

Se aporta en el presente proyecto un ejemplo muy interesante de un estudio de incidencia ambiental elaborado para el III Plan Director de Carreteras de Navarra 2010-2018, en el cual podemos apreciar que se adapta perfectamente a lo expuesto y es un documento que lleva fielmente, a la práctica, los pasos que anteriormente se han explicado. Este documento se pone a disposición del lector en la carpeta “materia y documentación adicional” que se encuentra en el CD que acompaña al presente proyecto y no se muestra en este apartado por lo extenso del mismo.

## 4. Descripción del problema y metodología.

En este apartado, se va a proceder a explicar los antecedentes que nos llevan a la elaboración de este trabajo y a dar una visión teórica del contenido del proyecto que tratamos, explicando los pasos que se han de dar y por qué.

Se pretende dar una visión del trabajo que permita comprender sin problemas el desarrollo de los cálculos que en el siguiente tema (5. Tratamiento de datos y solución del problema) se irán exponiendo ya de una manera más práctica.

### 4.1 Origen y descripción del problema.

Como bien se ha explicado en la Introducción de este proyecto, muchos estudios y trabajos preceden a éste. La necesidad de dar importancia al problema medioambiental, además de al mero coste económico, es ya una realidad y en el futuro, probablemente, será una obligación (las directivas europeas están cada vez más sensibilizadas con el tema). Esto hará que las empresas de transporte tengan que preocuparse más por el impacto de su flota en el medio que atraviesan, en detrimento del factor económico (que ha sido, es y será siempre importante).

En España, por ejemplo, podemos ver como se limitan los impactos de la contaminación, tanto para las personas como para el medio ambiente en sendas leyes:

- Ley 37/2003 del ruido (Real Decreto 1367/2007): en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas que pretende mantener a la población dentro de un rango de confort sonoro aceptable, definiendo unos umbrales que son perjudiciales para la salud y el confort de las personas.
- Ley 34/2007 de calidad del aire y protección atmosférica: que pretende establecer las bases de prevención, vigilancia y reducción de la contaminación atmosférica, con el fin de aminorar los daños que de ésta puedan derivarse para las personas, el medioambiente y demás bienes de cualquier naturaleza.

En Europa, existen ya ciertas directrices, como el principio de responsabilidad ambiental (quien contamina paga). Es el caso de la directiva comunitaria 2004/35CE cuya transposición es obligatoria para los estados miembros desde 2007 y que parece un claro ejemplo para poder penalizar económicamente en las autopistas, el impacto ambiental del negocio del transporte (en este caso vía impuestos).

De esta manera toma importancia el estudio que se elabora en este proyecto. Poco a poco la responsabilidad ambiental pasa a ser un factor importante a tener en cuenta para los negocios del sector.

A continuación, se analiza el transporte en los Pirineos y las alternativas que se tienen en consideración en este trabajo, dando información de ambos temas y explicando el porqué de éstas y no otras alternativas existentes.



#### 4.1.1 El transporte por carretera en los pirineos.

Hay un total de 27 enlaces por carretera, de diferentes categorías, entre España y Francia a través de los Pirineos, uno de los cuales enlaza los dos países atravesando el principado de Andorra. Las vías principales de conexión son las autopistas costeras (A8-A63 por el lado atlántico y A7-A9 por el lado mediterráneo) por las que circula el 35% del tráfico transfronterizo.



**Ilustración 14: Red estructural de carreteras en la zona pirenaica. Fuente: (Observatorio hispano-francés de tráfico en los Pirineos – Documento nº 5 – actualización del Mapa 7 página 34)**

El intercambio de mercancía que realiza la península ibérica (España y Portugal) a través de los Pirineos mantiene una tendencia clara hacia el uso del transporte por carretera (90% con Francia). El transporte vía ferroviaria es casi inapreciable y el transporte marítimo si llega a ser comparable e incluso superior a medida que la distancia se hace más grande en Europa (como se puede apreciar en tabla 5).

El número de camiones que cruzaron la frontera hispano-francesa diariamente en 2007 fue de 21.100 vehículos, mientras que durante el 2008 lo hicieron 20.400. De ellos, un 84% cruzaron por las autopistas litorales, el 8% por las carreteras costeras y el 9% por las carreteras interiores, durante el año 2007. Estos porcentajes se conservan prácticamente idénticos para el 2008. El tráfico de vehículos pesados en 2008, incluyendo los autobuses, se ha reducido un 3,2%.

A lo largo de los últimos años, el número de vehículos pesados destinados al transporte de mercancías que han cruzado los Pirineos ha seguido una evolución irregular. Durante el 2006 fueron un total de 20.060 vehículos. Aumentaron alrededor del 2,3% en el 2007, alcanzando los 20.500. Mientras que para el año 2008 el número de camiones fue de 19.800, lo que supuso una reducción del 3,3% respecto el año anterior.

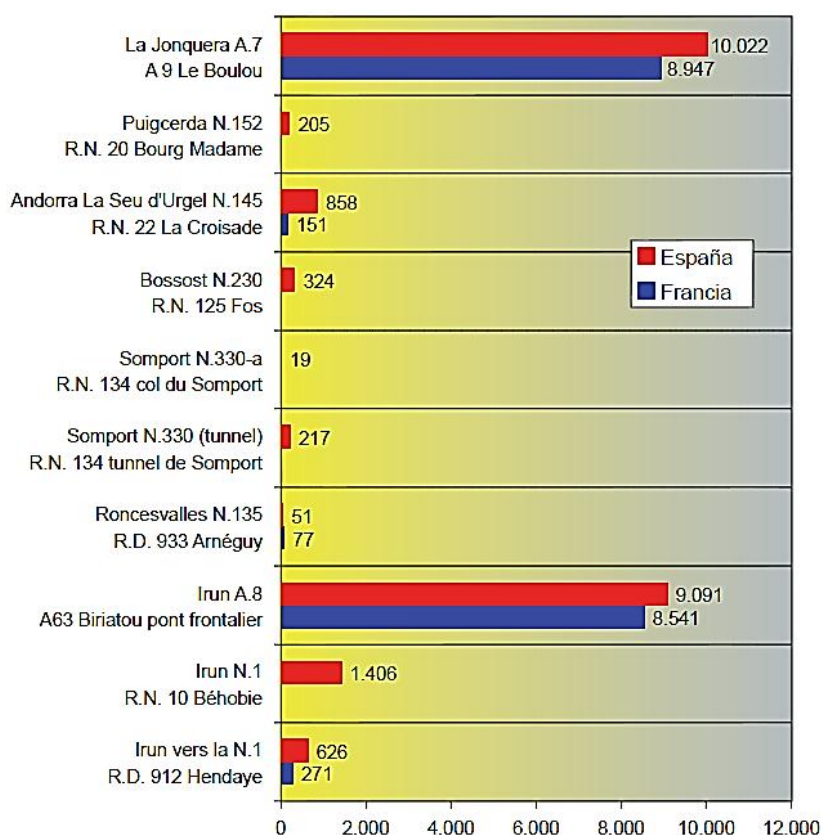


Hay que destacar también un importante descenso del uso de las rutas interiores por parte de los vehículos de transporte de mercancías durante el 2007, alrededor del 20%.

Modo de transporte	Francia	Resto de la UE-15 (menos Francia)	Países ingresados en 2004	Países ingresados en 2007	Resto de Europa*	Total
Carretera	55,0	46,6	3,9	0,0	2,3	107,8
Ferrocarril	0,7	2,5	0,0	0,0	0,0	3,1
Vía marítima	10,2	68,5	7,4	2,5	37,8	126,4
<b>Total</b>	<b>65,9</b>	<b>117,6</b>	<b>11,3</b>	<b>2,5</b>	<b>40,1</b>	<b>237,3</b>

\* Resto de Europa: Suiza, Noruega, Albania, Bielorrusia, Bosnia-Herzegovina, Croacia, Macedonia, Moldavia, Serbia y Montenegro, Rusia, Turquía, Ucrania.

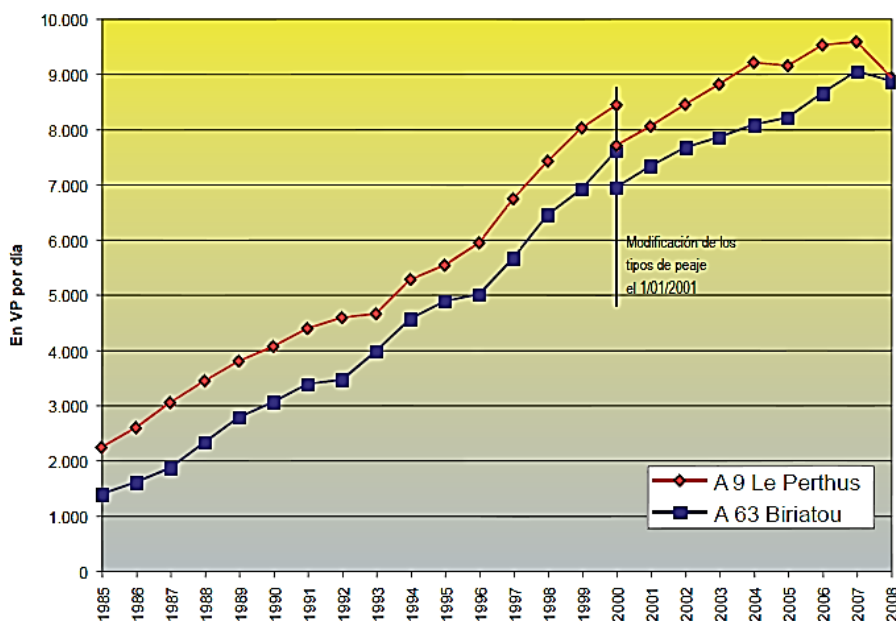
**Tabla 5: Intercambios a través de los Pirineos (en millones de toneladas/año, 2008) Fuente: (Observatorio hispano-francés de tráfico en los Pirineos – Documento nº 5 – actualización de la Tabla 21 página 89).**



**Ilustración 15: Intensidad Media Diaria de camiones en 2008. Fuente (Observatorio hispano-francés de tráfico en los Pirineos – Documento nº 5 – actualización del Gráfico 22 página 74)**

Podemos apreciar en la ilustración anterior, además de lo comentado en el párrafo anterior, la importancia de las dos vías costeras principales (A8-A63 por el lado atlántico y A7-A9 por el lado mediterráneo). Concretamente en España, nos interesa para el Proyecto, la A8, puesto que es una de las opciones posibles como alternativa y además, como se puede apreciar en el gráfico, una de las más importantes como vía transpirenaica global.

Al ser estas dos las más importantes, puede ser interesante hacer una comparación entre ambas a lo largo del tiempo. En la siguiente ilustración podemos ver IMD de vehículos pesados en las autopistas A63 y A9 en territorio francés (comparable a territorio español).



**Ilustración 16: Evolución del tráfico de vehículos pesados en las autopistas fuente: (Observatorio hispano-francés de tráfico en los Pirineos – Documento nº 5 – actualización del Gráfico 24 página 78)**

Para poder obtener más alternativas a nuestro trabajo, sería interesante saber ahora, más concretamente en Navarra, las rutas que son mayoritariamente utilizadas por las empresas de transporte en sus rutas transfronterizas con Francia.

De este modo, resultaría esencial saber los planes de ambos países al respecto.

#### PLANIFICACIÓN DE CARRETERAS EN ESPAÑA Y FRANCIA A LARGO PLAZO

Francia organizó en el segundo semestre 2007 una asamblea general sobre medio ambiente llamada Grenelle de l'Environnement que reunió a los actores políticos, asociativos y económicos implicados en el desarrollo sostenible. A raíz de este proceso, Francia adquirió un compromiso fuerte para conseguir un cambio drástico de estrategia en el ámbito del transporte: se trata de un cambio radical de planteamiento desde el principio de recuperación de autopista hacia un desarrollo a gran escala de los transportes alternativos. El paradigma actual basado en la prioridad dada a las infraestructuras de carreteras y autopistas, y sobre el desarrollo separado de los modos de transporte debe ser abandonado por una lógica de desarrollo integrada, multimodal, en la cual la carretera y el avión se conviertan en el último recurso por cuestiones tecnológicas o geográficas. La capacidad viaria global no debe crecer más, salvo para eliminar puntos de congestión o por problemas de seguridad o de interés local. Este

principio deberá aplicarse con sentido común. También se tratará de reducir la intensidad energética de los transportes (para rebajarlos a los niveles de 1990).

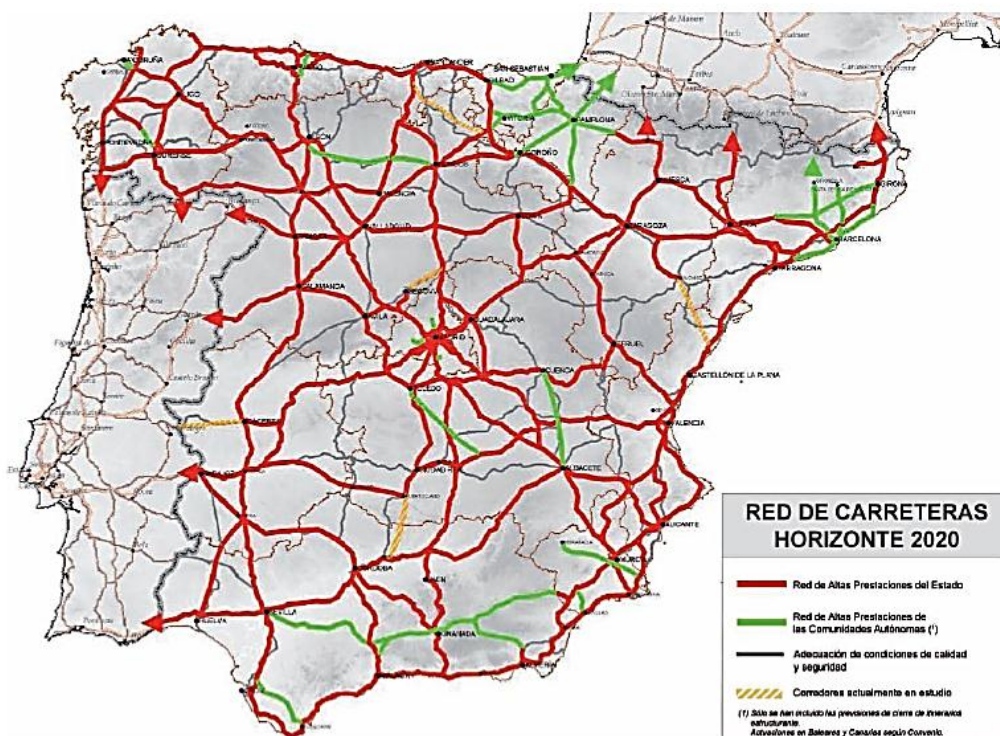
Un nuevo plan nacional de infraestructuras de transporte será elaborado. Fijará las orientaciones del Estado en materia de mantenimiento, reducción de los impactos medioambientales, modernización y desarrollo de las redes de su competencia, y en materia de ayudas prestadas a las entidades locales para el desarrollo de sus propias redes.

Procurará favorecer las condiciones de cambio hacia los modos de transporte más respetuosos para el medio ambiente, persiguiendo simultáneamente los tres objetivos siguientes:

- a) A escala europea y nacional, seguir con la construcción de un sistema de transporte ferroviario de altas prestaciones para viajeros y mercancías.
- b) A escala regional, reforzar la multipolaridad de las regiones.
- c) A escala local, mejorar los desplazamientos en las áreas metropolitanas.

Velará por la coherencia global de las redes de transporte y evaluará su impacto para el medio ambiente y la economía. Será la referencia del Estado y de las entidades locales para armonizar sus inversiones respectivas en infraestructuras de transporte.

En España estas actuaciones podemos resumirlas en la siguiente ilustración, donde podemos ver además, como en Navarra surgen dos nuevas vías importantes (En el apartado siguiente las identificaremos como alternativas 4 y 5) además de la ya mencionada A8 (nuestra alternativa designada como 1).



**Ilustración 17: Planificación de actuaciones en la red de carreteras de España. Fuente: (PEIT 2005-2020 de España).**



#### 4.1.2 Descripción de las alternativas.

Este trabajo continúa con los estudios de un proyecto de investigación, elaborado conjuntamente por los departamentos de Economía y de Estadística e Investigación Operativa de la Universidad pública de Navarra, elaborado para el Ministerio de Educación y Ciencia.

Es por esto, que la elección de las alternativas es algo que ya se produjo con anterioridad y que en este proyecto se retoma. Así se analiza el transporte sostenible de forma paralela pero diferente para ampliar y enriquecer el continuo estudio que mantiene el equipo de investigación con el que colaboro.

A pesar de ello, en el apartado anterior ya hemos discernido tres de las alternativas que se van a estudiar, por pertenecer al PEIT 2005-2020 de España (alternativas 1, 4 y 5 que a continuación se desarrollan) y las otras dos son vías directas desde Pamplona a Francia que no podían faltar por ser de las que menos kilómetros distan hasta llegar a la frontera del País vecino.

Las principales vías transpirenaicas de la Comunidad Foral de Navarra, cuya localización estratégica así como el buen estado de sus numerosos ejes viarios, ha convertido a Navarra en uno de los pasos fronterizos más utilizados por el sector transporte en la actualidad. Han sido seleccionadas, desde autopistas con un elevado tráfico, hasta carreteras de interés local con un tráfico moderado, con el fin de poder sacar conclusiones en función del tipo de vía y de la función que desempeñe cada una de ellas. A continuación se explicarán los ejes seleccionados para el estudio. Todos ellos parten del límite urbano de Pamplona, y terminan en el límite administrativo de la propia Comunidad Foral. A continuación se muestra un mapa representativo.

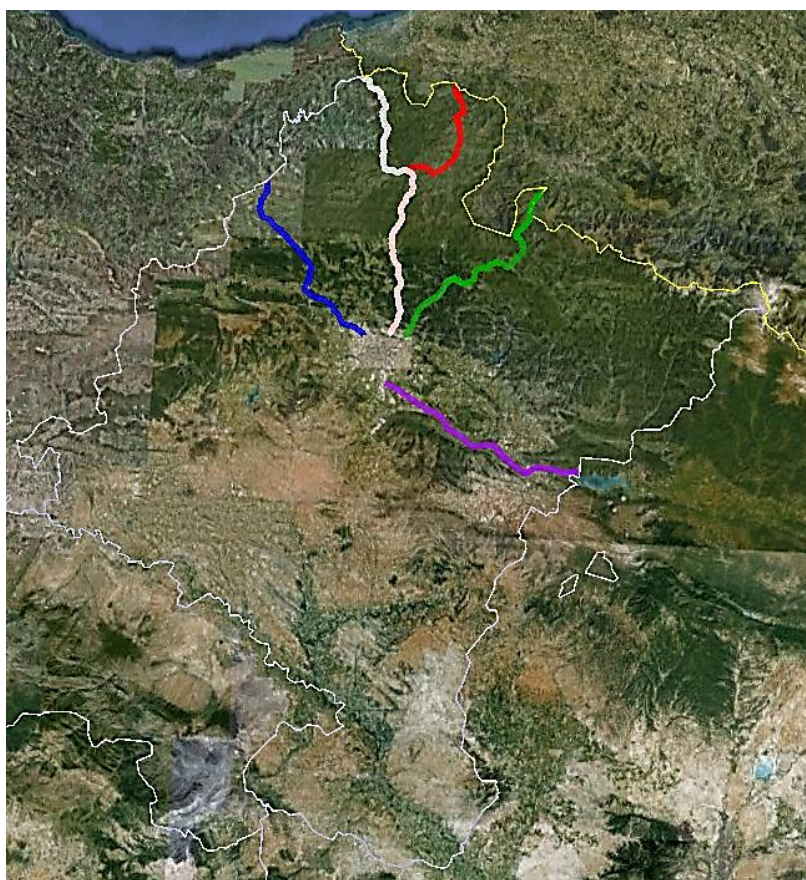
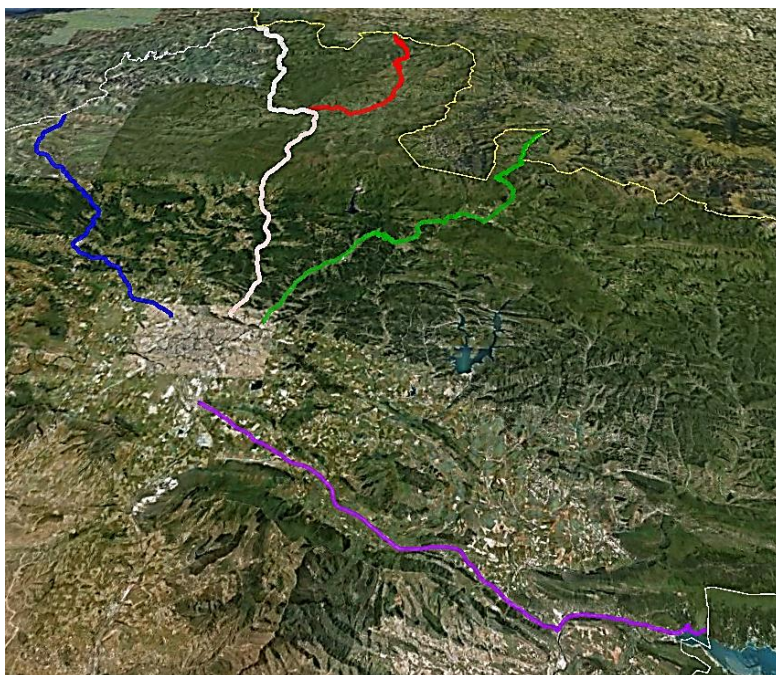


Ilustración 18a: Mapa de alternativas. (Visa de Navarra) Fuente: Elaboración propia.



#### Alternativas

1. AP-15 y A-15.
2. N-121A.
3. N-121B.
4. N-135.
5. A-21 y N-240.

**Ilustración 18b: Mapa de alternativas. (Visa en perspectiva) Fuente: Elaboración propia.**

Tras estudiar detenidamente los aforos de tráfico registrados, los datos de Intensidades Medias Diarias de cada uno de los corredores (Datos recopilados en el Anexo 1 de este proyecto) y buscar información de las diferentes alternativas. Se exponen a continuación los datos más relevantes de las cinco vías que nos interesan en el presente trabajo.

**ALTERNATIVA 1 (Azul): AP-15 y A-15, autovía de Leitzaran.**

La Autovía del Leitzaran (A-15) constituye uno de los ejes estratégicos de carretera de Navarra, el de “Eje Pamplona - San Sebastián - Francia”. Con una longitud de 44 kilómetros fue construida entre los años 1989 y 1995. La construcción de esta obra, que sustituyó el paso por el puerto de Azpirotz y el corredor del río Araxes por un nuevo trazado a través del Valle de Leitzaran fue de gran complejidad. Esta Autovía tiene su origen en la Autopista AP-15 a la altura de Irurtzun y recorre 28 kilómetros por territorio navarro. Tras discurrir otros 16 kilómetros por territorio guipuzcoano, conecta en Andoain con la Autovía A-I hasta Irún.



Si analizamos los valores de Intensidad Media Diaria (IMD de 2010) en las cinco estaciones de aforo del tramo navarro, observamos que en la AP-15, correspondiente al comienzo de la vía, se aprecia un IMD (25.000 veh./día y 6500 veh pesados./día) y que en la A-15 que continua disminuye el flujo de vehículos registrándose un IMD (14.000 veh./día y 3500 veh pesados./día). Así pues, se puede considerar al corredor como un auténtico eje transpirenaico por su afluencia de tráfico. Además los mayores

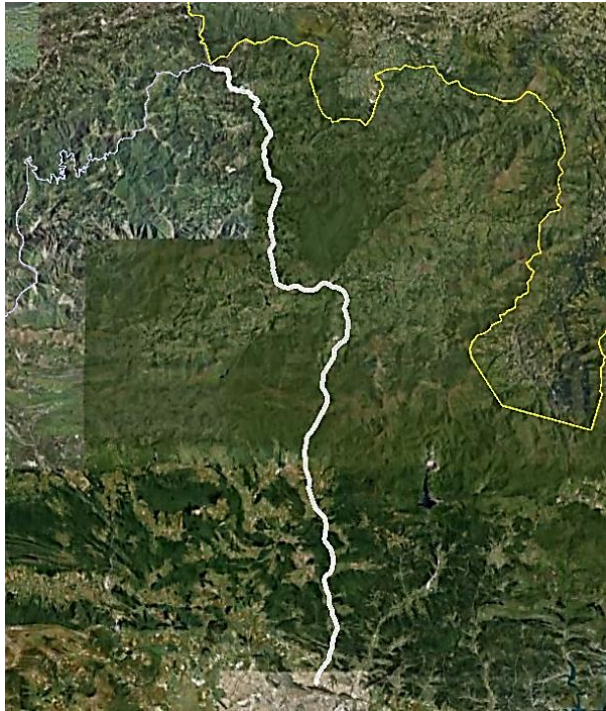


IMD que se aprecian en la parte cercana a Pamplona se justifican porque el tráfico interno de la ciudad y de los pequeños recorridos inflan esta parte de la vía, algo que sucederá en la totalidad de las alternativas, por las características de estas de salir desde el límite urbano de la ciudad.

#### ALTERNATIVA 2 (blanco): N-121A.

La conexión de mayor intensidad se realiza a través de la Frontera de Irún; la longitud total entre Pamplona e Irún es de 88 Km. de los cuales 72 Km., corresponden al territorio de Navarra, si bien los últimos 6 Km. de carretera tienen la peculiaridad de ser un tramo de carretera de Navarra, en territorio de Guipúzcoa.

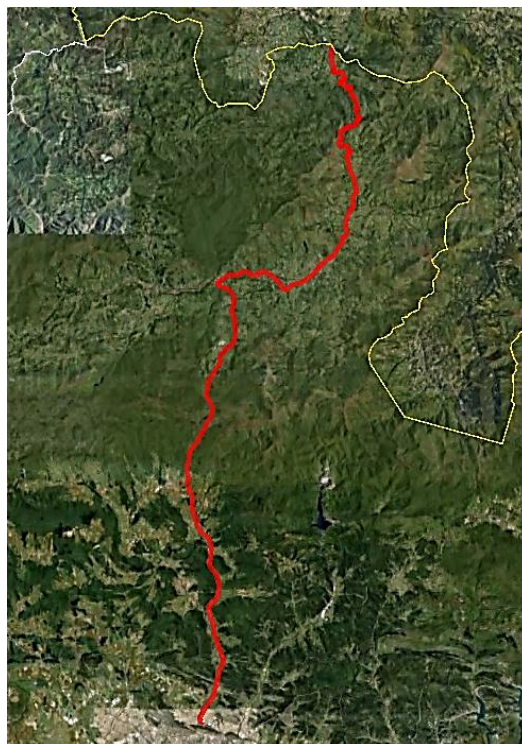
El diseño de este Eje Estratégico se concibió en su momento como una Vía de Gran Capacidad, en base a amplios parámetros de diseño, pero sin considerar su transformación en Autovía. En base a ello se lleva actuando en dicho eje desde el año 1990, habiéndose llevado a cabo la reforma de gran parte del trazado, abriendo los túneles de Belate y Almandoz, rodeando los diferentes núcleos urbanos, y hace algunos años con la apertura del último tramo con nuevos túneles y viaductos al paso del Río Bidasoa por Navarra justo antes de la frontera con Francia.



El tráfico por la carretera N-121A durante 2010, fue de un IMD bastante constante de (10.000 veh./día y 4250 veh pesados./día) en el tramo de Pamplona al límite provincial con Guipuzcoa. Un verdadero eje transpirenaico por el número de vehículos que lo atraviesan. Consultando los Aforos de los últimos años podemos observar también cómo el porcentaje de vehículos pesado ha ido aumentando a lo largo de los años en esta vía, en detrimento de la A-15. El adecentamiento de esta vía en los últimos años, ha hecho que aumente el tránsito de vehículos. Además, la prohibición del Tribunal Superior de Justicia del País Vasco a circular por la vía A-15 durante los fines de semana, ha derivado en un aumento del tráfico pesado en la N-121A.

### ALTERNATIVA 3 (Rojo): N-121B.

La N-121B desde Mugaire hasta Dantzarinea, tiene una longitud de 32 km por el territorio navarro. El tráfico registrado en la N-121B durante 2010 es alto en la parte que comparte con la alternativa anterior, pero después reduce su IMD desde (3800 veh./día y 230 veh pesados./día) en el tramo a la altura de Erratzu, disminuyendo notablemente el aforo de tráfico hasta (2000 veh./día y 600 veh pesados./día) en su frontera con Francia. Se puede apreciar por el aumento significativo de vehículos pesados que las empresas de transporte del lugar si eligen esta vía, por otro lado ya lógico por la cercanía con Francia. Podemos considerar por tanto a este corredor como una vía de servicio, de interés local.



Como alternativa completa se ha tomado el tramo de la N-121A hasta Mugaire, y su continuación por la N-121B hasta el límite con Francia. Es por ello que ambas alternativas serán muy similares en los diferentes análisis que se irán realizando a lo largo del proyecto. Diferenciándose por el tramo propio de cada una tras bifurcarse la N121A.

### ALTERNATIVA 4 (Verde): N-135

Actualmente, esta es la vía que une España y Francia por Navarra a través de los Pirineos Atlánticos. No obstante, desde el año 1998 se ha intentado avanzar en el desarrollo de la iniciativa llevada a cabo entre el Gobierno de Navarra y el Departamento Francés de Pirineos Atlánticos para la construcción de un Eje de Gran Capacidad Navarra-Francia a través de la frontera común.

En Navarra, debido a las travesías urbanas afectadas por el paso de la actual N-135 sería factible la realización de una vía de nuevo trazado en la totalidad del recorrido. Durante 1998 y 1999 se llevó a cabo un detallado y amplio Estudio de alternativas que vinieron a confirmar la factibilidad del desarrollo de este nuevo eje de comunicación, siempre dentro de una especial atención al innegable valor ambiental de la zona pirenaica.

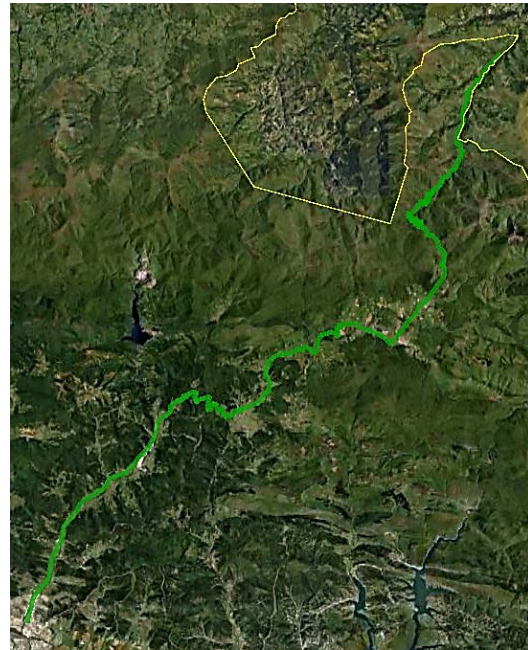
En el caso de optar por una solución de autovía en Navarra y desdoblamiento de carreteras en Francia (2 veces 2 vías) la longitud total sería de 110 Km. aproximadamente, de los cuales 45 Km. corresponden a Navarra y 65 Km. a territorio francés. A su vez la inversión total estimada se cifraba en 752 millones de euros (409 millones de euros en España y 343 millones de euros en Francia).

Esta nueva vía de comunicación es considerada prioritaria en la Declaración de Pau de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos, suscrita el 7 de junio de 2000 por los siete Presidentes de las Regiones Pirenaicas (Aragón, Aquitania, Cataluña, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Navarra y País Vasco) y Andorra. No obstante, la renuncia

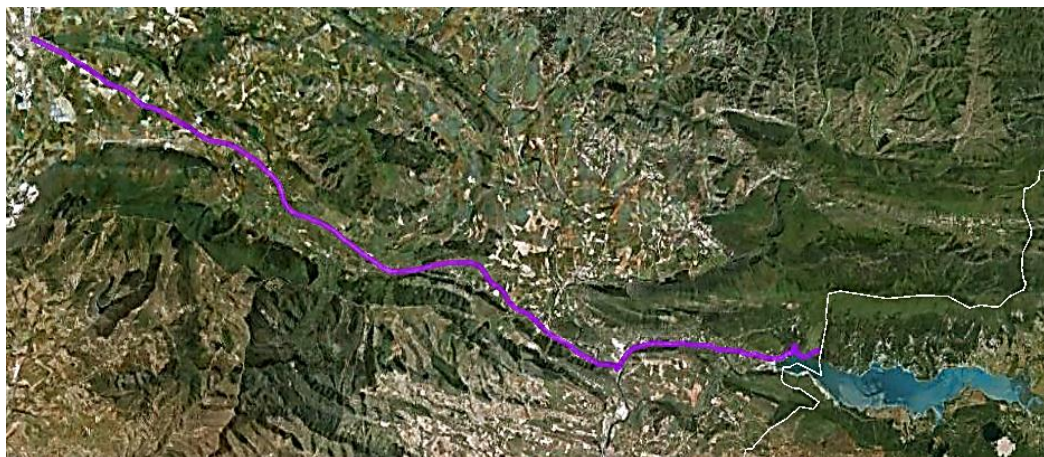


definitiva de Francia en 2007 al proyecto por la falta de apoyo institucional y social ha llevado a Pirineos Atlánticos a renunciar al proyecto. A pesar de ello, en Navarra se aprovechará en la medida de lo posible el trabajo elaborado para no abandonar el segundo objetivo de esta nueva gran vía: mejorar las comunicaciones de los vecinos de los valles pirenaicos de Navarra.

Viendo los datos registrados por las estaciones de aforo, con un IMD hasta Zubiri de (3500 veh./día y 350 veh pesados./día) que se convierten hasta llegar a Francia en un IMD mucho más bajo de (500 veh./día y 50 veh pesados./día), podemos decir que la vía N-135 es de interés local, y no de interés transpirenaico.



ALTERNATIVA 5 (Morado): A-21 (Autovía del Pirineo) y N-240.



Conforman lo que se conoce como el “Eje Pamplona-Jaca-Huesca”, y su objetivo es doble. Por una lado soportar las comunicaciones de la zona oriental de Navarra y por otro forman un eje de comunicación al norte del Valle del Ebro, que junto con la Autovía Huesca-Lérida establezca un nuevo corredor con características de autovía entre el Cantábrico y el Mediterráneo a través de Pamplona y al norte de Navarra. En la actualidad se están construyendo diferentes tramos de la autovía del pirineo A-21, quedando la N-240 como vía de servicio para las diferentes localidades próximas.

En Navarra tiene una longitud total de 45 Km, y en 2010 registró una IMD de (9000 veh./día y 800 veh pesados./día) en el recorrido de la autovía y hasta Liedena, a partir de aquí, el IMD pasa a ser de (3800 veh./día y 350 veh pesados./día) notándose una disminución de tránsito en el recorrido. Hemos de constatar que oscilan mucho las IMDs de las diferentes estaciones de aforo de esta vía, pasando de 10000 veh./día en la zona más próxima a Pamplona, hasta los 3800 veh./día, en la zona más próxima a la frontera de Navarra con Aragón. Por lo tanto podemos considerar a este corredor como un eje transpirenaico secundario.



Una vez construido el nuevo eje transversal, se prevé un notable incremento de tráfico, al igual que sucedió con las autovías del Norte y de la Barranca una vez que se abrieron al tráfico.

#### 4.2 Desarrollo del Proyecto y metodología utilizada.

En este proyecto, pretendemos ponernos en el lugar de una empresa de transporte ya establecida en el sector y que entre sus múltiples trabajos, se debe ocupar de transportar mercancía desde la capital de Navarra, destino al otro lado de los Pirineos.

Siendo así, se le plantea el típico problema de toma de decisiones, para escoger una ruta de trabajo entre las existentes, que sea la mejor para los intereses del negocio. Esta elección es importantísima, puesto que la ruta escogida, se supone, será un recorrido regular de la flota destinada a la mercancía que se envía hacia Francia.

Para realizar esta elección se pueden tomar infinidad de criterios importantes, y hacer prioritarios los que para la empresa y el momento del estudio se consideren mejores.

El propósito del presente proyecto, no es otro que realizar el trabajo de buscar la alternativa que ésta empresa ficticia debería realizar, pero con los criterios que quien elabora esta memoria cree, podrían ser los que la situación y el contexto legal requiriesen en un futuro no demasiado lejano.

De este modo, y tras analizar con detenimiento los puntos tratados al comienzo de este proyecto (Tema 1), se decide que los criterios a tener en cuenta en la toma de decisiones para la elección de la ruta transpirenaica de nuestra empresa, deben estar basados en costes económicos (como en cualquier decisión de una empresa) y medioambientales, tanto para cumplir una posible legislación restrictiva en el futuro o una imposición de tasas relacionados con las emisiones contaminantes, como para mantener o mejorar una responsabilidad social corporativa realmente preocupada por las personas y el medio en que habitan.

Estos dos criterios, el económico y el medioambiental, darán lugar a tres criterios debido a que en la parte medioambiental, se ha estimado conveniente diferenciar la contaminación debida a gases de escape, de la contaminación debida a la emisión acústica que los vehículos producen irremediablemente al circular por las carreteras que conforman sus rutas de transporte.

El estudio económico constará de tres subcriterios (costes directos, velocidad y pendiente) que se analizarán en detalle para poder clasificarlos según las rutas que nos interesan.

Tanto el estudio de contaminación de gases como el de contaminación acústica, se desarrollarán también de forma que se puedan clasificar las alternativas en ellos.

Finalmente se tomarán todos estos resultados para, mediante la toma de decisiones multicriterio y el método AHP (debidamente expuestos en el Tema 2) encontrar la mejor ruta.

En los siguientes apartados de este tema, se va a explicar en detalle la metodología empleada, justificándola y dando la información necesaria, para que cuando el lector, más tarde, se centre en el tema siguiente (5. Tratamiento de datos y solución del problema) pueda comprender sin problemas los cálculos y utilización de los datos que en este proyecto se realizan.

#### 4.2.1 Estudio Económico.

El primer análisis que se realiza en el proyecto se corresponde al tema económico, sobre este tema se aporta gran cantidad de información al comienzo de este trabajo (apartado 1.1.1).

Como se puede apreciar en los ejemplos que se mostraron anteriormente (apartado 1.1.1.2), cuando los vehículos soportan una mayor carga y las rutas son más largas, el coste denominado “kilométrico” (combustible, neumáticos, mantenimiento y reparaciones) se convierte en el más importante. Tal es el caso, que éste llega a ser para vehículos pesados de gran tonelaje, aproximadamente la mitad del gasto en costes directos totales (47,7%). No pasa desapercibido, tampoco, que el coste debido a combustible en estos casos es la mayor parte de los costes totales (37,6%).

Además, la gestión del combustible es muy importante en la estructura de costes de una flota de transporte (apartado 1.1.2). En el gasto de combustible, es muy importante una conducción eficiente (apartado 1.1.2.5) y para ello, las características de cada ruta influyen notablemente. Dos casos identificados y bastante representativos son la velocidad que se puede mantener en cada vía, y las pendientes ascendentes a lo largo del recorrido del vehículo.

Es por este motivo, que se decide estudiar los costes directos debidos al combustible necesario para recorrer cada alternativa. Y como aporte a estos costes, se analizarán también, las velocidades que se pueden alcanzar en cada ruta, así como las pendientes ascendentes que los vehículos se encontrarían al realizar los recorridos escogidos para atravesar los Pirineos desde Pamplona.

Cuando tengamos todos los datos necesarios, se deben agrupar estos tres subcriterios de forma conveniente, para poder obtener el criterio económico, que junto con los dos criterios medioambientales (que obtendremos más tarde) configuraran los criterios de la toma de decisiones final del proyecto.

A continuación se explica la metodología seguida en cada subcriterio y luego podremos saber cómo se agruparan estos para formar el criterio económico que se busca.

##### 4.2.1.1 Costes directos.

Lo primero que se hace en este estudio, es obtener las distancias reales (distintas de las aproximadas en Google Earth) mediante el Mapa Oficial de Carreteras de Navarra 2010, que el Departamento de Obras Públicas actualiza y pone a disposición de todo el mundo, cada año, publicándolo en la web (disponible en Anexo 1 y CD adjunto).

En un principio se pensó en escoger el punto de partida de las cinco alternativas, en el polígono industrial de Ansoáin, pero más tarde, debido a los datos que Obras Públicas me aporta para el estudio de velocidades y pendientes y el hecho de que, de esta forma se influiría en favor de las alternativas con un comienzo más cercano al punto elegido, se cambia ésta decisión.

De este modo, se decide tomar como punto de partida de cada alternativa el límite urbano de Pamplona, donde comienzan las vías principales que conforman cada alternativa y de esa manera, el comienzo de las cinco rutas prácticamente equidistan del centro de la capital navarra. Además, con ello, hacemos coincidir los datos de que disponemos con los tramos escogidos para los estudios posteriores de velocidad y pendiente.

Los recorridos se prolongan hasta los límites administrativos de la Comunidad Foral y a lo largo de todo el trabajo, suponemos siempre el desplazamiento desde Pamplona hacia Francia.

Todas estas distancias se obtienen sumando los tramos según los PK (puntos kilométricos) del Mapa Oficial de Carreteras (Anexo 1) haciendo que los resultados se ciñan bastante a la realidad.

Otro punto importante es el consumo medio de carburante que tienen los vehículos a estudio. Para ello se hace una media entre los vehículos más representativos del transporte de mercancías, datos de consumo medio que se toman de la guía para la gestión del combustible en las flotas de transporte por carretera que elabora el I.D.A.E. Este dato lo utilizaremos en los cálculos del coste directo de cada alternativa.

La única alternativa que consta de autopista en su recorrido, es la número uno, que utiliza parte de la A15. Este uso conlleva un gasto de peaje que se deberá sumar al coste económico de ésta alternativa. Debido a que el coste de ésta tasa depende del tipo de vehículos de carga que la atraviesen, se decide hacer la media ponderada según cantidad de furgonetas y camiones del parque distribuido de vehículos pesados de España (estos datos se tratarán en contaminación de gases), obteniendo el coste de peaje que debería pagar un vehículo híbrido entre los grupos especificados en la autopista.

También necesitamos saber el coste medio del combustible en Navarra en 2010 para poder realizar los cálculos necesarios en este apartado. Para ello, conseguimos los datos correspondientes al coste medio mensual de ese año que proporciona el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (Documentación de cada mes en CD adjunto). Tras obtener los datos de cada mes y agruparlos en una tabla, se realiza la media y se obtiene así el dato que necesitamos. Es importante destacar, que los datos para Navarra son los más bajos de España, siendo el precio del combustible, el más reducido del Estado (incluyendo impuestos). Solo nos centramos en los costes de combustible diesel, que es el que se usa en este proyecto, porque la gran mayoría de vehículos de transporte lo utilizan en la actualidad.

Para calcular el coste directo debido al combustible, se realiza una tabla que lo calcula según los datos anteriores de consumo de combustible, distancia de la ruta y coste mensual del diesel. Luego se hace la media anual, que nos dará el coste del combustible empleado para recorrer cada alternativa.

Se suma el coste de peaje a la alternativa correspondiente, y así se obtiene ya el coste final medio de carburante por alternativa para 2010.

Con estos datos podemos hacernos una idea de que alternativa sería la más económica según la distancia de cada ruta, pero en este proyecto, no es suficiente para analizar los costes económicos, es por ello que se estudiará a continuación tanto la velocidad media permitida, como el desnivel en pendiente ascendente para cada alternativa, puesto que estas características de la carretera influyen de forma importante sobre el incremento de combustible.

#### *4.2.1.2 Análisis de velocidad de las vías.*

Muchos factores influyen en el incremento de combustible de un vehículo, uno de los más importantes es la velocidad. La relación del gasto de combustible con la velocidad es exponencial a partir de ciertos valores que dependen del tipo de vehículo. En cualquier caso, lo que ocurre es que a partir de cierta velocidad (unos 100 km/h en turismos, por ejemplo) el consumo aumenta mucho más rápido que la velocidad. Por este motivo, sería lógico pensar que cuanto mayor sea la velocidad media de una vía, mas consumo requerirá al recorrerla.

El caso de los vehículos de transporte de mercancías es especial, debido a que la velocidad para ellos está limitada y de este modo no deberían entrar en la zona de curva exponencial. Además de esto, a velocidades moderadas (no superiores a 90 km/h en estos vehículos) algo importante para una conducción eficiente (apartado 1.1.2.5) es procurar seleccionar la marcha que permita al motor funcionar en la parte baja del intervalo de revoluciones de par máximo. Siendo así, el caso en el que nos encontramos, prevé un consumo de combustible menor a mayores velocidades (siempre por debajo de las permitidas para estos vehículos).

Se analizarán a continuación las alternativas para poder concluir qué velocidad media se puede mantener en su recorrido. Se procederá, de la siguiente manera.

Los datos que me aporta el Departamento de Obras Públicas del Gobierno de Navarra, me facilitan información detallada de las señales de limitación de velocidad máxima, que un vehículo en su recorrido por las principales vías de cada alternativa, podría encontrarse. Estos datos se relacionan espacialmente con los puntos kilométricos de las carreteras y recopilan las señales incluso del carril contrario, es por esto que se requiere un proceso anterior de selección de señales.

De nuevo, con la ayuda del mapa oficial de carreteras, se clasifican los tramos por velocidades, y se suman las distancias de cada una de las rutas para, después poder obtener una velocidad media total, para cada alternativa. Se deben restringir las velocidades más aun, por la limitación especial a vehículos de transporte de mercancías, como marca la ley. Además de esto, se clasifican en porcentaje los tramos según sean Highway (Autopista o autovía), Rural (carretera no urbana) y Urban (dentro de ciudad o población). Esta última siempre inexistente, debido a los tramos de pueblos que serían despreciables respecto a la longitud de las rutas y a que éstas, como se explicó en el apartado anterior, comienzan ya fuera del límite urbano de Pamplona. Esta clasificación interesará, más adelante, para el estudio de contaminación de gases.

Finalmente, se obtiene una velocidad media permitida para cada una de las alternativas, se agrupan en una tabla y así se posibilita la utilización posterior de estos datos.

#### *4.2.1.3 Análisis de la pendiente de las vías.*

Cuando un vehículo de carga, se dispone a subir una pendiente, le resulta imposible mantener una relación de marchas y un régimen del motor tal que permita una conducción eficiente. Lo que prima en esos casos es que la potencia del motor sea suficiente para mantener ascendiendo el vehículo aun con velocidades bastante bajas.

Nos vamos a centrar en las pendientes ascendentes por ser las que mayor demanda de combustible requieren, pero no está de más apuntar que, lo mejor para estos vehículos es circular con pendientes próximas a cero, puesto que incluso en pendientes descendentes, las bajas velocidades que la carga obliga a mantener no son precisamente beneficiosas para el consumo de los vehículos.

Los datos de que se disponen para las pendientes, que también nos facilita el Departamento de Obras Públicas, se tomaron desde un vehículo que cada 10 metros tomaba registro de datos del PK en el que se encontraba. Entre los datos que tomaba y que interesan para el proyecto constaban, distancia desde el punto de referencia, pendiente porcentual, posición espacial (incluyendo altura), etc...

Estos datos se tratan de forma que puedan ser usados, concretamente se supone la pendiente de cada punto como igual en los diez metros que le continúan hasta la siguiente toma, para poder obtener una media ponderada de la pendiente de los tramos de la vía que son ascendentes. Se realiza para cada vía principal de las alternativas del proyecto y se obtiene

así, una clasificación según el número de metros ascendentes y una media de la pendiente en ellos.

Con estos datos, sería complicado comparar las alternativas, puesto que lógicamente las rutas con mayor longitud, tenderían a tener mayor número de metros ascendentes. Para subsanar este problema, se decide obtener para cada vía, el número de metros totales ascendidos haciendo el porcentaje de la pendiente por el número de metros en los que se da, y lo que se obtiene se divide por los kilómetros totales de la ruta. De este modo, en cada alternativa, se obtiene el desnivel medio en subida por kilómetro recorrido, algo que si nos permite hacer una comparativa fiel a la realidad.

Los datos, en este caso, también se agrupan además por Highway, Rural y Urban, porque del mismo modo que las velocidades se utilizaran en el estudio de contaminación de gases.

#### *4.2.1.4 Método AHP del estudio económico.*

Tras tener todos los estudios económicos terminados, ya disponemos de los tres subcriterios que darán lugar al criterio económico. A pesar de que sería posible trasladar, por ejemplo a porcentajes, las clasificaciones de cada estudio, y darles una ponderación para obtener el criterio económico. Se decide aplicar el método AHP explicado en el Tema 2 de este proyecto, para aprovechar la capacidad de éste de comparar y dar un orden preferente a diferentes medidas de las alternativas.

Se aplica un análisis de jerarquía analítica para escoger la mejor alternativa desde el punto de vista económico según los criterios de Coste directo, velocidad y pendientes de las vías. Se procederá del mismo modo que en el ejemplo de la elección de un piso (apartado 2.8) expuesto en el presente proyecto.

#### *4.2.2 Estudio de la emisión de gases contaminantes.*

Como se explica anteriormente en este trabajo (apartado 1.2.2.3), la contaminación debida a gases que emiten por el tubo de escape los vehículos de transporte de mercancías, es un problema para la salud de las personas y para la conservación del medio en el que habitan. Vamos a tomarlo por tanto, como un criterio importante a tener en cuenta para nuestra elección de una ruta optima desde el punto de vista de respetar el medioambiente y a las personas.

Para ello necesitamos estimar la contaminación que se generaría al recorrer las diferentes rutas propuestas, de forma que se pudiesen comparar entre ellas. Para esto, se decide usar un programa de cálculo de emisión de gases contaminantes (COPERT) que en el siguiente apartado, es debidamente presentado.

Es importante avanzar, que a pesar de que está diseñado para obtener las emisiones anuales totales de desplazamientos por carretera en cada país de la Unión Europea y que los datos a introducir, te los facilitan previo pago. Es posible hacer estimaciones de cualquier territorio, introduciendo los datos que interesan en cada momento. Bien es cierto que, la cantidad de datos requeridos y la calidad de éstos, conlleva un trabajo de búsqueda y tratamiento de información muy importante.

##### *4.2.2.1 Programa para el análisis de gases contaminantes. COPERT.*

#### DEFINICIÓN

Copert 4 es un programa de software de Microsoft Windows que se desarrolla como una herramienta para el cálculo de las emisiones del sector del transporte de carretera Europea. Las emisiones calculadas incluyen como contaminantes regulados CO (monóxido de carbono), NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno), COV (compuestos orgánicos volátiles), PM (partículas sólidas) y

como contaminantes no regulados  $\text{N}_2\text{O}$  (dióxido de nitrógeno),  $\text{NH}_3$  (amoníaco),  $\text{SO}_2$  (dióxido de azufre), COVDM (COV distintos del metano), etc... También es posible calcular el consumo de combustible. Copert 4 es una versión actualizada de Copert 3, incluyendo elementos metodológicos revisados y una interfaz de usuario mejorada con el objetivo de una compilación de los complicados inventarios nacionales que incluyen múltiples países y años, en un único archivo.

Copert 4 es una herramienta de software utilizada mundialmente para calcular emisiones contaminantes de aire y de efecto invernadero del transporte por carretera. El desarrollo de Copert está coordinado por la Agencia Europea de medio ambiente (AEMA), en el marco de las actividades del Centro Europeo para la contaminación del aire y la mitigación del cambio climático. El centro común de investigación de la Comisión Europea gestiona el desarrollo científico del modelo. Copert ha sido desarrollado para la preparación de inventarios de emisión de gases del transporte de carretera, oficial en los países miembros del EEE (Espacio económico europeo). Sin embargo, es aplicable a toda la investigación pertinente, las aplicaciones científicas y académicas.

La metodología de COPERT 4 es parte de la Guía de inventario de emisión contaminante EMEP/EEE de aire para el cálculo de las emisiones de contaminantes de aire y está en consonancia con las directrices del IPCC de 2006 para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero. El uso de una herramienta de software para calcular las emisiones del transporte vial permite unas transparentes y uniformes, por lo tanto coherentes y comparables recogidas de datos y procedimiento de emisiones de informes, de conformidad con los requisitos de las convenciones internacionales, protocolos y legislación de la UE.

## CREADORES

Este programa, está elaborado por Emisia S.A., una empresa especializada en las áreas de inventarios de emisiones, modelado de emisión y estudios de evaluación de impacto de las políticas ambientales. El personal se compone de ingenieros químicos, de software, mecánicos y eléctricos, con una sólida formación en estudios ambientales. Su trabajo no se limita a las emisiones del transporte (carretera, ferrocarril y aviación). Emisia es una empresa spin-off (empresa nacida a partir de otra mediante la separación) de la Universidad Aristóteles de Tesalónica y el laboratorio de termodinámica aplicada que se estableció en febrero de 2008.

El personal de Emisia tiene una sólida formación científica en el área de las emisiones del transporte y la contaminación ambiental. Además, el personal ha estado involucrado en una serie de estudios relacionados con la formulación de la política medioambiental a nivel europeo. Debido a la visibilidad y la naturaleza del negocio. Además de estudios específicos, las herramientas de software que ofrece, se basan en la investigación a lo largo de 30 años y experiencia científica del laboratorio de termodinámica aplicada. Estas herramientas se utilizan oficialmente por los Estados miembros para la notificación de las emisiones del transporte en las organizaciones internacionales (UNECE, CMNUCC).

## HISTORIA Y VERSIONES DEL PROGRAMA

Este programa existe desde 2002, ha estado en continuo desarrollo desde entonces y ha tenido multitud de versiones, cada una de ellas con mejoras concretas frente a la versión predecesora. A continuación se exponen estas versiones, con la información de las fechas en que se pusieron a disposición de los usuarios y con las mejoras frente a la versión que sustituían:

## COPERT II

Se utilizó hasta el 2002 para estimar las emisiones del transporte por carretera. Luego fue sustituido por COPERT III

## COPERT III

Introdujo varias actualizaciones:

- Nuevos factores de emisión en caliente propuestos para Euro turismos.
- Reducción de más factores Euro se implementan para tecnologías futuras, de acuerdo con el enfoque aproximado de Auto Oil 1.
- Se aplica el impacto sobre las emisiones de combustible de las cualidades de algunos combustibles futuros.
- parámetro Beta variable según la tecnología teniendo en cuenta el tipo de catalizador.
- Se actualizan las relaciones de mayor emisión en el arranque en frío para contabilizar el Euro GPC acordes al resultado del método MEET.
- Se implementa la degradación debida al kilometraje en la emisión acorde al método MEET Euro I & II GPC, esta segunda, también tiene en cuenta los resultados obtenidos del proyecto IM.
- Se implementa la prohibición de plomo en el combustible que se da en Europa, aplicable en el programa a partir de los inventarios del año 2000.
- Se incluye metodología alternativa para la evaporación.
- Se incluye la especificación de COVDM detallada, incluyendo HAP, POPs, dioxinas y furanos.
- Actualización de los factores de emisión caliente de contaminantes no regulados.

## COPERT 4

Copert III fue sustituido por Copert 4 en noviembre de 2006. 4 COPERT, con las siguientes mejoras:

### Software

- Un entorno más amigable para el usuario.
- .NET en lugar de acceso (la versión Runtime de Access ya no es necesaria aunque los datos se almacenan en un archivo de acceso para otras ser compatibles).
- Posibilidad de series de tiempo en un solo archivo.
- Posibilidad de más escenarios en un solo archivo.
- Se mejoraran capacidades de importación y exportación (principalmente Excel).
- Configuración de flotas (tecnologías de vehículos locales y regionales).
- Los datos pueden cambiarse a nivel metodológico.

### Metodología

- Factores calientes de emisión de contaminantes regulados, desde PCs convencionales y PTWs.
- Consumo y factores de emisión de vehículos híbridos.
- Factores de emisión de  $N_2O/NH_3$  para PC y LDVs.
- Partículas y factores de emisión de partículas aerotransportadas.



- Correcciones para la degradación de emisión debido a kilometraje.
- Metodología de vehículos pesados (factores de emisión, las correcciones del factor de carga y reducciones por degradado de la carretera).

#### COPERT 4 versión Beta 1.0 - diciembre de 2005

- Interfaz más familiar para el usuario.
- Microsoft Visual Studio.NET 2003 en lugar de Microsoft Access (la versión de Access ya no es necesaria, aunque todavía se almacenan los datos en archivos de base de datos de Access Runtime).
- Posibilidad de varias series de tiempo en un solo archivo.
- Posibilidad de más escenarios en un solo archivo.
- Configuración de la flota (tecnologías de vehículos locales y regionales).
- Los datos pueden cambiarse a nivel metodológico.

#### COPERT 4 Beta versión 2.0.0 - julio de 2006

- Versión completa de COPERT III en esta versión del software.
- Compatibilidad con importar datos de versiones anteriores de Copert.
- Utilización sencilla de asistentes para preparar el inventario.

#### COPERT 4 versión 3.0

Versión oficial de noviembre de 2006 para reemplazar los problemas de metodología de COPERT III:

- Factores calientes de emisión de contaminantes regulados, desde PCs convencionales y PTWs.
- Consumo y factores de emisión de vehículos híbridos.
- Factores de emisión de N<sub>2</sub>O/NH<sub>3</sub> para PC y LDVs.
- Partículas y factores de emisión de partículas aerotransportadas.
- Correcciones para la degradación de emisión debido a kilometraje.
- Metodología de vehículos pesados (factores de emisión, las correcciones del factor de carga y reducciones por degradado de la carretera).

#### COPERT 4 versión 4.0 - octubre de 2007

Se cubren los siguientes capítulos de la Guía de inventario de las emisiones de aire EMEP/CORINAIR:

- B710: transporte por carretera (actividades 070100 – 070500) versión 6.0.
- B760: cuestiones de metodología de evaporación de combustible (actividad 070600) versión 2.1.

Metodología agregada o actualizada en esta versión:

- Emisiones de autobuses de GNC.
- Emisiones con uso de Biodiesel.
- Distinción de principales emisiones de NO<sub>x</sub>, de NO<sub>2</sub> y NO.
- Factores de emisión Euro 4 Diesel para turismos.
- Reducciones para los estándares de emisiones futuras, Euro 5, Euro 6, Euro V y VI Euro
- Revisión de la ecuación de cálculo de CO<sub>2</sub>.
- Biocombustibles relacionados con el CO<sub>2</sub>.



- Revisión de factores de emisión de CH<sub>4</sub>.
- Factores corregidos de emisión de N<sub>2</sub>O corregido y NH<sub>3</sub>.
- \* algoritmo de cálculo revisado para emisiones en frío de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y NH<sub>3</sub> frío.

#### Software

- Proceso de configuración de flota más rápido.
- Cálculo más rápido de las emisiones.
- Informes actualizados.

#### COPERT 4 versión 5.0 - diciembre de 2007

Se cubren los siguientes capítulos de la Guía de inventario de las emisiones de aire EMEP/CORINAIR:

- B710: transporte por carretera (actividades 070100 – 070500) versión 6.0 con factores de emisiones de N<sub>2</sub>O modificados para HDV
- \* B760: combustible evaporación (actividad 070600) Ver 3.0
- \* B770: neumáticos de vehículos de carretera y salto de desgaste cuestiones de metodología de Ver 1.0 (actividad 070700)

Agregado o actualizado en esta versión:

- Determinación de la fracción Elemental y carbono orgánico en escape. PM.
- Nueva metodología para calcular las emisiones de evaporación.
- Factores de emisión de N<sub>2</sub>O actualizado para HDV.

#### COPERT 4 versión 5.1 - febrero de 2008

- Cálculo corregido de N<sub>2</sub>O y emisiones de NH<sub>3</sub> (uso de kilometraje acumulado, en lugar de los anuales).
- Corregido el cálculo de factores de evaporación (eliminación del mensaje de error "Acceso a la ruta de acceso denegado C:\evap.txt").
- Corregido el cálculo de las emisiones de evaporación (cuando las temperaturas eran negativas las emisiones diurnas fueron "No es un número" y durante el error de cálculo de las emisiones de evaporación apareció "el proveedor no puede determinar el valor doble. Por ejemplo, la fila se acaba de crear, el valor predeterminado para la columna doble no estaba disponible y el consumidor todavía no había fijado un nuevo valor doble.")
- Corregido "Importar datos (archivo de Excel)" y el kilometraje anual.
- Corregido temas de ayuda.
- Modificación de las temperaturas, RVP y Beta al importar el formato de Excel para que el usuario puede importar diferentes valores para cada año y en cada país.

#### COPERT 4 versión 6.0 - diciembre de 2008

Metodología:

- Factores de emisión caliente para vehículos híbridos basados en datos más experimentales (se consideran para incluir también las emisiones de arranque en frío)
- Lasas emisiones de metales pesados como metales de desgaste de neumáticos y frenos.

- Se añaden especificaciones del combustible en 2009.

#### Software:

- Función de un archivo XML de CRF Reporter para exportación. Esto permite la exportación directa de Copert, resultados logrados por la Convención.
- Los informes se reagruparon en contaminantes sin emisiones de evaporación, contaminantes con evaporación y metales pesados.
- Etiqueta de información para el cálculo de 'beta' (kilometraje de arranque en frío) en la tabla de "Detalles"
- Introducción del cálculo de especificación de COVDM al presionar el botón de 'Todas las emisiones'.
- Modificación de la importación de estadística de consumo anual de combustible y las especificaciones de combustible en formato Excel para que el usuario puede importar valores diferentes por año y en cada país.
- Corrección del cálculo de factores de emisión de arranque en frío. (Fallo arreglado cuando se selecciona un único vehículo en configuración flota).
- Cálculo de las emisiones de PM10 y PM2.5 corregidas (fallo arreglado cuando las emisiones para las ejecuciones durante varios años resultaron en cero).
- Corregido el NO y cálculo de las emisiones de NO<sub>2</sub>.
- Archivo corregido Corinair DBF para el proceso de exportación (fallo arreglado relativamente, se ejecuta multi-years).
- Fallo arreglado, relativo a las distintas configuraciones regionales (coma frente a formato completo).
- Bug arreglado en cuanto a vida útil, incluyendo más de 18 años.
- Fallo arreglado cuando era igual a la parte superior de la velocidad de emisiones calientes de parámetros de velocidad como factores de carretera.
- Modificación de temas de ayuda.

#### COPERT 4 versión 6.1 - febrero de 2009

- Fallo arreglado cuando el usuario cambia las especificaciones de combustible y el efecto anual del combustible. 'País' > 'Combustible Info' y 'Advanced' forma respectivamente. Un mensaje de error puede aparecer con la versión 6.0.
- Bug resuelto durante la exportación de datos (archivo de Excel) en algunas configuraciones específicas regionales de Windows. Un mensaje de error puede aparecer con la versión 6.0.
- Ahora se permite al usuario introducir parte del kilometraje para autobuses urbanos y ciclomotores, también en las zonas rurales y modos de carretera. En las versiones anteriores, se le permitió compartir sólo zonas urbanas.
- El Euro 5 y 6 de vehículos de pasajeros y los factores de emisión en camiones ligeros de NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, han sido heredados por defecto del Euro 4. Eran cero en la versión anterior.

#### COPERT 4 versión 7.0 - de diciembre de 2009

- Exportar directamente a formato de NFR09.
- Actualizados los factores de emisión para motos.
- Actualizados los parámetros de la degradación por kilometraje.
- Extensión de la metodología de PC a coches de LPG y gasolina.
- Ejecución de todos los cálculos con un solo botón.
- Más clasificaciones/cálculos en los archivos de exportación.

- Actualizaciones de Software y corrección de errores.

#### COPERT 4 versión 7.1 – marzo 2010

- Corrección del proceso de "Exportar a Corinair".
- Corrección del cálculo de metales pesados al aplicar la corrección estadística de combustible.

#### COPERT 4 versión 8.0 - de octubre de 2010

- Actualización de factores de emisión para vehículos pesados.
- Copert 4 puede instalarse con .NET frameworks más recientes que 1.1.
- Parche de software de informes.
- Actualizaciones de Software y corrección de errores.

#### COPERT 4 versión 8.1 - mayo 2011

Copert 4 es la versión oficial de COPERT desde noviembre de 2006. La versión 8.1 del software ha vuelto a estar disponible desde mayo de 2011. Esta versión incluye todas las tecnologías de vehículos hasta 6 Euro para los turismos, Euro VI para vehículos pesados y Euro 3 para motocicletas.

### VENTAJAS

Este programa, tiene una fiabilidad contrastada, que lo corrobora su conformidad con los requisitos de las convenciones internacionales, protocolos y legislación de la UE. Puesto que se desarrolla bajo la supervisión de las normativas europeas y se le da valor oficial, no nos queda duda alguna sobre la validez de los datos obtenidos (siendo los datos de entrada correctos).

A pesar de estar creado por una empresa privada, este programa se pone a disposición pública para que su uso sea aplicable a investigación, aplicaciones científicas y académicas. Es verdad que a la hora de que los países lo utilicen, los datos que la empresa puede aportarnos, son previo pago, pero el programa en si es aprovechable para el estudio de territorios más concretos y vehículos específicos, tal y como se hace en este proyecto. La diferencia es que los datos se deben de escoger según los parámetros que interesan y tratar estos para que el programa los pueda comprender (transformarlos a los datos de entrada del software).

Es interesante el continuo desarrollo y mejora del programa que Emisia lleva a cabo desde que se lanzó la primera versión, tal y como queda de manifiesto en el apartado anterior, y como sus ingenieros se preocupan de solventar los pequeños problemas que los usuarios del programa nos encontramos al utilizarlo.

### FUNCIONAMIENTO

Este punto, quedará perfectamente descrito de forma práctica, en el siguiente tema (apartado 5.2) donde se explicará paso por paso la gran cantidad de datos que solicita este software y la información que nos reporta en base a ella, el programa. Se mostrara el funcionamiento de Copert 4 con un ejemplo de una de las cinco alternativas, puesto que las demás, con los cambios pertinentes se realizan de forma similar.

#### 4.2.2.2 Metodología y datos empleados para importar en COPERT.

Ahora se explicarán los datos que nos requiere Copert, como los decidimos tratar y de donde los hemos obtenido, para que en el siguiente tema se pueda seguir, sin necesidad de hacer estas aclaraciones, el tratamiento de datos para introducir en el programa.

Al principio, el programa pide información del país, año, trayecto y tiempo de la ruta. En este apartado, transformamos el país a la Comunidad Foral, y se toma el año 2010 para el estudio. Como distancias medias de conducción por viaje (promedio durante el año), se utilizan los datos que ya se obtuvieron en el coste directo del estudio económico, y se utiliza el tiempo en recorrerlo que Google maps estima para cada ruta, como la duración media de conducción por viaje (promedio durante el año).

Para completar los datos del país (el territorio navarro, en nuestro caso) hay que aportar información mensual de los máximos y mínimos de temperaturas, así como de la presión Reid mensual permitida en Navarra.

El primer punto conlleva un gran trabajo de localización de las estaciones meteorológicas de Navarra, localizadas en las rutas que nos interesan, tomar los datos máximos y mínimos de éstas y hacer entonces una media de las estaciones contenidas en cada ruta.

Una presión de vapor Reid (Reid vapor pressure) indica la tendencia de un hidrocarburo líquido a volatizarse. Su determinación se basa en los métodos establecidos en las normas ASTM D 323 o D 5191. En la práctica RVP es la presión del vapor de la gasolina cuando la temperatura es de 100°F. Realmente, en este proyecto no sería necesario, ya que nos centramos en el combustible diesel, pero para poder aplicar las temperaturas en el coeficiente beta que usa el programa, se prefiere usar los datos reales para no falsear el mencionado coeficiente. Lo que se hace en Europa es restringir, mediante un intervalo permitido, los valores en gasolina de esta presión. Para estos datos se toma el valor medio del intervalo permitido (según sea verano o invierno) que para España, encontramos en el Anexo 1 del Real decreto RD 61-2006 del 17 de febrero de 2006, que regula este parámetro de las gasolinas.

Copert permite modificar los parámetros de información del combustible en el país o tomar los que contiene de algunos años concretos. En este caso se decide suponer válidos los datos que el propio programa aporta para 2009, supuesta una baja variación para el año 2010 (que tratamos en este proyecto).

En el apartado de introducción de la flota de vehículos del estudio, debemos detenernos en detalle, por el importante trabajo de adecuación a los datos requeridos por el programa. Los datos que obtengo de ANET (Asociación Navarra de empresarios de transporte por carretera y logística), del parque distribuido de vehículos de transporte (camiones y furgonetas) en España a Octubre de 2010, se desglosa por tipo de vehículo (furgoneta, camión rígido y articulado), su peso y año de matriculación. Es una información muy completa, pero el programa pide una diferenciación mucho mayor.

Para empezar, el parque distribuido está separado por tipo de vehículo (furgoneta, camión rígido y articulado) y lo primero que hacemos es juntarlo, manteniendo por separado, solo los camiones articulados, ya que estos siempre son mayores de catorce toneladas. A continuación se debe hacer ciertas aproximaciones, partiendo de separar vehículos ligeros (las furgonetas casi al completo y camiones dentro del peso) se los menores a 3000 kg (en el rango de 3000 a 3500 kg no sería muy lógico escoger un vehículo ligero) y pesados por encima de este peso. Se clasifican los demás lo más parecido a lo que pide el programa, hasta llegar a los vehículos de más de diez toneladas. Los datos de que se dispone junta todos los camiones de más de este peso. El Copert, sin embargo, contiene una clasificación de camiones rígidos y articulados muy precisa. De este modo, para poder repartir de forma fiel a la realidad, se consulta con personal con altos conocimientos del tema (Gerente de ANET) sobre los porcentajes de los pesos de los camiones. Se llega a la conclusión de que los camiones rígidos que pertenecen a estos tonelajes, no constan de un intervalo de peso especialmente abundante y de este modo se decide darles un peso equiparable a todos los intervalos de más de diez toneladas. Los camiones articulados, en cambio sí constan de un intervalo especialmente abundante (34 a 40

toneladas), dándose en este caso a ese intervalo un peso del noventa por ciento del total de los vehículos de más de diez toneladas y articulados, dejando a repartir el restante diez por ciento, de forma equivalente para los intervalos restantes. Cabe destacar que los pesos mayores a cuarenta toneladas se desprecian, por el hecho de que me informan en esta asociación, que en España es la máxima masa autorizada a circular (en países como Alemania se sobrepasa este peso en trenes de carretera).

Todo esta clasificación, tiene la complejidad añadida de que, dentro de cada clasificación anterior, requiere otra que distingue a los vehículos por la norma europea contaminante que entra en vigor a su matriculación, siendo EURO 1,2,3,4,5,6 para los ligeros y EURO I,II,III,IV,V,VI,VII para vehículos pesados. Estos años de entrada en vigor de cada norma, se obtienen de la web del Ministerio de Medioambiente y Medio Rural y Marino.

Para el kilometraje anual de cada subgrupo de vehículos, se toman los datos del observatorio de costes de Julio (Ministerio de Fomento) que me aporta la media estimada de kilómetros al año de algunos de los subgrupos estudiados (furgoneta, camión rígido 18 y 26t, camión articulado 40t). Tras repartir estos tipos, se ve como hay una relación bastante estrecha de aumento de kilómetros con el peso del vehículo, que hace posible dar valores aproximados al resto de subgrupos de manera sencilla.

Para estimar los años de antigüedad de los vehículos, se hace una estimación para cada subgrupo según la norma EURO que se le aplica, dándole una antigüedad media entre el intervalo de años de las normas en que se comprende, un año de antigüedad para los que tiene la norma más reciente y el año 1991 todos los que se cuentan como matriculados antes. De este modo, podemos calcular también, la distancia media recorrida por cada subgrupo desde su introducción en el mercado, multiplicando el año estimado anteriormente por el kilometraje anual que también se ha calculado, para introducir el dato requerido por el programa.

Estos últimos datos, Copert los utiliza para calcular el factor de degradación de las emisiones que dependen de los años del vehículo y su kilometraje total acumulado.

La información requerida por el programa tras los datos de población de vehículos, se refieren al tipo de vía (highway, rural y urban) recorrida expresando el porcentaje de la misma en la ruta, así como para cada una de ellas la velocidad promedio que se mantiene recorriéndolas. Esta información, la tenemos ya adaptada del estudio de velocidades que se elaboró anteriormente y que como ya se dijo, se añadía la clasificación correspondiente para utilizarla en este apartado.

Además de los datos anteriores que el programa solicita, como mínimo, para poder hacer los cálculos correspondientes, existen más, que lo que hacen es mejorar la exactitud de los resultados. Es el caso de los datos que se explicarán en adelante.

Se puede dar un porcentaje de la carga que llevan los subgrupos (pesados) escogidos en el programa, esta información se aporta por medio de un porcentaje de carga, que se decide será del noventa por ciento, debido a que se supone que se transporta ésta desde Pamplona hacia Francia, siendo poco lógico que los vehículos no estuviesen totalmente cargados o que dejaran la carga antes de atravesar los Pirineos.

El número de ejes de los vehículos (pesados), que en un principio se pueden modificar, se decide mantener el que el programa estima por defecto según pesos, debido a que sería complicado hacer una clasificación mejor con los datos de que se disponía en esos momentos.

Es posible dar una pendiente en porcentaje de los tramos divididos para las velocidades (highway, rural y urban), de forma que se penalice la emisión contaminante a mayor porcentaje.

En este apartado, se usan los datos que a tal efecto fueron clasificados en el punto del análisis de pendientes del estudio económico, de manera similar a como se hizo con las velocidades.

El programa pide validar algunos parámetros más para el cálculo de los contaminantes, pero no requiere introducción de datos hasta llegar a los de los parámetros de factores de emisión en caliente y en frío. En estos dos apartados, pide introducir los límites de velocidad tanto máximos como mínimos para cada tramo de tipo de vía en la ruta (highway, rural y urban). Para introducir estos límites, se utilizan los que en ANET se toman como referencia del Manual Policial (codificado tráfico-CIR).

Al finalizar la introducción de datos al programa, éste te propone el cálculo de emisiones por diferentes emisiones, el total o incluso con el cálculo de los parámetros, existe la posibilidad de utilizar un interfaz sencilla del programa, para buscar por tipo de contaminante o de emisión, o exportar los datos a una base de datos (como Access) o a hojas de cálculo (como Excel). En este trabajo se decide hacerlo con el segundo método, debido a que se deberán tratar los datos elegidos y lo mejor, en nuestro caso, es esa vía.

La cantidad de información que aporta el programa es inmensa, a pesar de que se puede escoger la que interesa y la que no. En el caso de este proyecto se exportan, para cada alternativa, los componentes más interesantes, pero aun así se deben escoger los más representativos, de forma que podamos hacer comparaciones de las cinco rutas tratadas.

Se decide tener en cuenta tres documentos importantes en temas de contaminación ambiental. Por un lado, la recopilación de teoría sobre este tipo de contaminación, que en el presente proyecto se realizó anteriormente (apartado 1.2.2.3). Otro documento a tener en cuenta, son los informes del Servicio de Calidad Ambiental del Gobierno de Navarra (Datos de las estaciones navarras en CD adjunto), que mediante unas estaciones de análisis del aire, controlan que las concentraciones de ciertos contaminantes no excedan los niveles perjudiciales para el ser humano. El último documento examinado es el tema 9, denominado “Contaminación en M.C.I.A.”, del Manual de Maquinas Térmicas (Carlos Sopena Serna) estudiado en la asignatura correspondiente de Ingeniería Técnica Mecánica.

Tras comparar los componentes en que se centran más estos tres documentos, se llega a la conclusión de que los más importantes y, por tanto, los que se van a tener en cuenta en el proyecto serán: CO (monóxido de carbono), NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno), Partículas sólidas (PM10 y PM2.5), COV (Compuestos orgánicos volátiles que acaparan hidrocarburos, benceno y la proliferación de ozono) y CO<sub>2</sub> (Dióxido de carbono), este último no por ser tomado como contaminante, sino por su influencia en el deterioro de la capa de ozono.

Aunque en un primer momento se pretenden tomar datos de SO<sub>x</sub>, se termina por despreciar su uso, debido a que el propio programa lo estima como cero. Seguramente la prohibición de contenido en azufre para los combustibles impuesto desde hace tiempo en la UE, ha llevado a que este contaminante ya no se produzca, en condiciones normales.

Se aprovecha el hecho de que todos estos contaminantes se expresan en toneladas, y nos dan la posibilidad de ser sumados. Para poder hacer posteriormente una comparativa y que la diferente distancia por alternativa no influya en ello, se decide dividir esta suma por kilómetro de ruta y además, para minorar las cantidades, se dividen también por el número total de vehículos del estudio. De este modo, se obtiene un ranking de lo que contamina por kilómetro un vehículo híbrido atravesando cada alternativa, a lo largo de un año.

Finalmente mostraremos una tabla que nos proporciona la clasificación según el criterio de contaminación de gases, emitidos por los vehículos para cada una de las alternativas estudiadas.



#### 4.2.3 Estudio de contaminación acústica.

El tercer y último de los criterios que se van a tratar en este proyecto es el relacionado con la contaminación acústica que se emite debido al tráfico rodado que atraviesa las rutas elegidas. Como se planteaba anteriormente (apartado 1.2.2.4) en este trabajo, lo que realmente aumenta los niveles de ruido sufrido por las personas, es que a cierta distancia de los focos emisores, se unen varias longitudes de onda que producen un ruido realmente molesto, frente al mero sonido del paso de un vehículo junto a la carretera, que sería solo por un instante.

De este modo, para analizar este impacto negativo del transporte, tendremos en cuenta dos aspectos. Por un lado, se analizarán unos estudios sonoros realizados profesionalmente y bajo encargo del grupo de trabajo en el que colaboro en la Universidad Pública de Navarra, coincidentes con poblaciones de paso en las rutas estudiadas en el presente proyecto, debido a que como ya se ha apuntado, uno de los estudios en que se enmarca este equipo es el de rutas transpirenaicas sostenibles. Por otro lado, se aprovechará un estudio previo de parte de uno de los proyectos que se realizó en este mismo grupo de investigación, que recopila la cantidad de población afectada por el paso de vehículos (para ruido y emisión de gases) en las cinco alternativas que nos interesan, mediante el rastreo de trescientos metros a ambos lados de las vías.

Con estos dos aspectos debidamente tratados, conseguiremos clasificar las rutas, para obtener así los datos del criterio de contaminación acústica.

##### 4.2.3.1 Aspectos utilizados para el estudio de contaminación acústica.

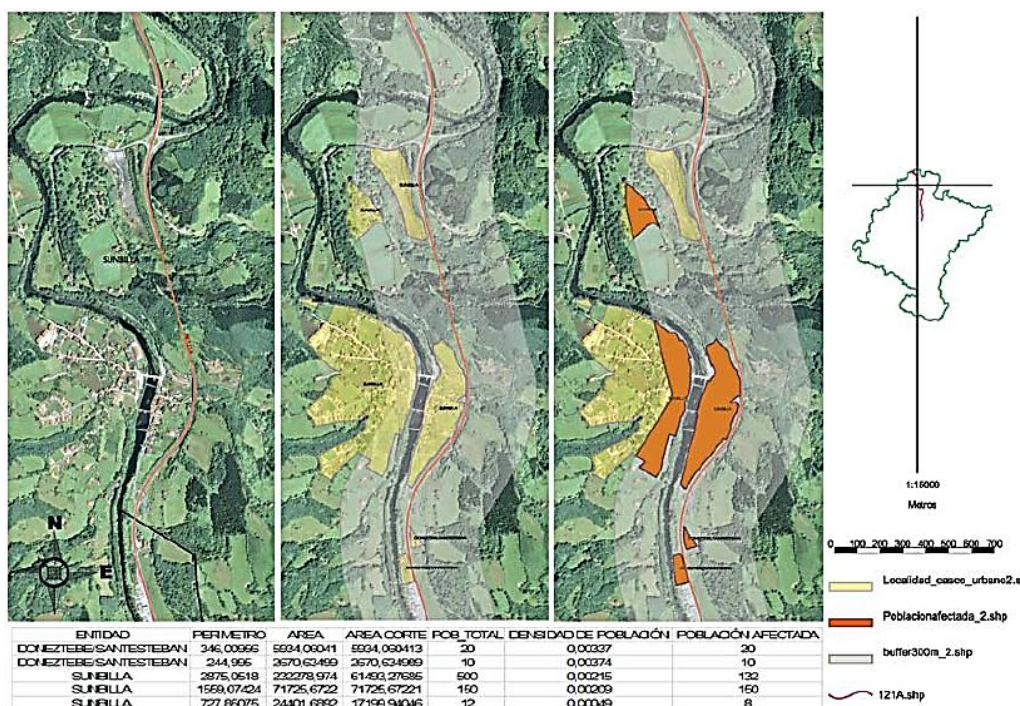
#### INFORME DE ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA INGENIEROS S.A.

Esta empresa desarrolla una serie de mediciones por encargo, seleccionando poblaciones características de las cinco rutas transpirenaicas que se estudian en el presente proyecto, hacen varias mediciones acústicas (a distintas distancias de la carretera) en estas poblaciones seleccionadas y eliminan las interferencias no deseadas mediante programas informáticos adaptados a ello. A continuación recopilan las mediciones y aplican los filtros necesarios para al final presentar unas Leq (longitudes de onda equivalentes) que nos darán una visión sobre el nivel acústico soportado en los distintos puntos de medida. (El estudio se puede consultar al completo en CD adjunto)

#### NÚCLEOS URBANOS. UNA ESTIMACIÓN DE LAS PERSONAS AFECTADAS

La metodología utilizada para estimar el número de personas afectadas por los efectos del transporte por carretera, fué la siguiente:

A partir de la capa original de polígonos con información de los núcleos urbanos de todo Navarra, se calculó el área en uno de los campos de la tabla de atributos, mediante la calculadora de campos, y en otro campo nuevo, se añadió manualmente el número de personas que están registradas en cada núcleo urbano, según el nomenclátor del año 2008 del Instituto de Estadística de Navarra. Para el reparto de la población de la localidad, entre los diferentes elementos o polígonos, se utilizaron las ortofotografías de 2008 publicadas por el Gobierno de Navarra, y en función del número de casas existentes en cada uno de los elementos de la capa núcleos urbanos, se fue repartiendo el número de habitantes entre los diferentes polígonos que formaban cada una de las localidades. Si aparentemente, uno de los polígonos no contenía ninguna casa, se ponía en su campo de población el valor cero, o incluso se podía eliminar dicho elemento. Así pues en la segunda de las vistas, se pueden observar los diferentes elementos o polígonos urbanos que constituyen la localidad de Sunbilla.



**Ilustración 19: metodología llevada a cabo para cuantificar el área de los núcleos urbanos afectados por el buffer de 300m. Una estimación de las personas afectadas. Fuente: (Evaluación ambiental de alternativas del transporte de mercancías por carretera mediante SIG y técnicas multicriterio. Esteban De paz Asín).**

Una vez actualizado nuestro banco de datos, se creó otro campo nuevo en la tabla de atributos para calcular la densidad poblacional en cada uno de los elementos de la capa, de modo que dividiendo, mediante la calculadora de campos de gvSIG, el campo población entre el campo área, obtenemos la densidad poblacional en habitantes/m<sup>2</sup>. Una vez que se crearon las áreas de influencia de 300metros a los márgenes de las diferentes vías o alternativas, se realizó un recorte de la capa núcleos urbanos, con el buffer o área de influencia de cada alternativa.

De la capa resultante obtenida tras el algoritmo de corte entre las dos capas de polígonos, se creó un nuevo campo llamado área\_afectada para posteriormente, volver a calcular mediante la calculadora de campos, la nueva área de los polígonos incluidos en el buffer de 300 metros. Tal y como se puede interpretar en la última vista de la Ilustración 19, las áreas naranjas representan la porción de los núcleos urbanos influenciada por la carretera, y una de las áreas amarillas influenciada por la carretera, no queda representada como afectada, ya que mediante las ortofotos no se localiza ninguna residencia ocupada por personas. Una vez calculada la nueva área del corte de los polígonos, se multiplica en un nuevo campo creado en la tabla de atributos dicha área, por la densidad poblacional, de modo que obtendremos la población afectada.

La tabla inferior de la ilustración 19, pertenece a la tabla de atributos de la capa poblacionafectada de color naranja, procedente del corte entre el buffer300 de la carretera, y las Localidad\_casco\_urbano, y se puede observar la metodología utilizada con la tabla de atributos de la capa, y los resultados finales obtenidos en el último campo o columna de la tabla.

Para simplificar el proceso, se utilizaron las áreas recortadas de los núcleos urbanos, y así de esta manera, resulta mucho más sencillo, ya que se homogeneizan las unidades de los diferentes elementos que conforman la población afectada. Así pues, se procede a sumar el



campo del área cortada, para cada una de las alternativas, y obtenemos toda la superficie influenciada por el buffer.

En el Anexo 6 y en el CD adjunto del presente proyecto, podemos visualizar a modo de resumen los resultados obtenidos para cada alternativa según atraviesan las vías las poblaciones de paso. Los resultados obtenidos se expresan en número de personas afectados.

#### *4.2.3.2 Análisis, evaluación y estudio de los registros acústicos.*

Tenemos las poblaciones de paso y su población afectada, de manera que por un lado se clasifican las poblaciones por el número de personas afectadas en ellos. Por otro lado, contamos con poblaciones, que llamaremos de referencia, de las que contamos con varios puntos en ellas con las intensidades de ruido soportadas en ellos, mediante la longitud de onda equivalente. Estas poblaciones de referencia se clasifican según sean atravesadas por la carretera, tangencialmente cruzadas por su frontera o a distancia de esta. Esta clasificación la llamaremos Tipo 1. Las personas afectadas darán lugar también a una clasificación, llamada tipo 2 que se formara según unos intervalos concretos de número de personas afectadas. Además, se tendrá en cuenta el IMD medio de las diferentes rutas para la clasificación de las poblaciones de paso que no son de referencia.

Para clasificar las poblaciones que no son de referencia, en tipo 2 bastará con darles el intervalo correspondiente. Para el tipo 1, se deberán observar en el mapa (se realizará con Google Maps) la configuración espacial que nos permita hacer la clasificación en uno de los tres tipos de distancias a la carretera (tipo A, B, C o un intermedio, siempre con un tipo preferente).

Cuando toda esta clasificación se concluye, damos paso a tomar los datos de Leq de la población de referencia más similar acorde al siguiente orden de preferencias. Se busca, en la misma ruta, una población de referencia con el mismo tipo 1 que la población a clasificar. Si hubiese que escoger entre dos, se utilizaría el tipo 2 para escogerlas. Si por casualidad no encontrásemos el mismo tipo 1 en la alternativa (algo deseable para mantener un IMD uniforme) se usaría la clasificación de IMD medio de las rutas para buscar la población de referencia en una ruta lo más cercana posible en IMD, para no falsear los datos. El último paso, es tomar el punto concreto de la población de referencia, que más se aproxime al punto más céntrico de la población a clasificar, puesto que como hemos dicho antes, las poblaciones de referencia, reciben medidas en varios puntos de la población.

De esta manera conseguimos tener, para cada una de las poblaciones por las que pasan las rutas estudiadas, el número de personas afectadas por la contaminación acústica, y una estimación bastante fiel del nivel de ruido que soportan. De este modo, para poder hacer una clasificación que contenga estas dos características, se decide multiplicar cada población afectada por su Leq y hacer la suma correspondiente en cada alternativa, para poder tener una idea aproximada de la afectación de ruido total en cada ruta.

De este modo, concluimos así el tercer criterio que se tiene en cuenta en este proyecto, recopilando la información de contaminación acústica en una tabla, que permita hacer comparaciones entre las alternativas, de forma similar a como se ha hecho con los demás criterios.

#### *4.2.4 Método AHP económico y medioambiental.*

Ahora que ya tenemos los tres criterios estudiados y con las correspondientes clasificaciones de las alternativas, nos disponemos a realizar la elección de la alternativa más interesante desde el punto de vista económico y medioambiental. Para este problema, se va a realizar, igual que cuando necesitábamos clasificar el criterio económico, el desarrollo de un método de

jerarquía analítica, que consiga, mediante los cálculos correspondientes y el método de comparación por pares, encontrar un orden de preferencias para elegir la mejor alternativa. De este modo, se procederá, al igual que en el ejemplo del Tema 2 del proyecto (apartado 2.8) a realizar los cálculos correspondientes, manteniendo las alternativas del estudio económico, pero modificando, la meta y los criterios considerados, en esta ocasión son el económico, la contaminación de gases y la contaminación acústica.

## 5. Tratamiento de datos y solución del problema.

En este tema, nos disponemos a mostrar al lector, cómo se realizan los cálculos de forma práctica, mostrando preferiblemente, el trabajo para una de las alternativas (reducir cantidad de información) siempre que estas no conlleven diferencias o particularidades susceptibles de ser explicadas, suponiendo un desarrollo similar para las demás, del mismo modo pero con datos diferentes para cada una.

Al final de cada estudio, se expondrán los resultados de la alternativa desarrollada y de las restantes rutas (que se realizan con la misma metodología) para que se puedan apreciar los resultados y que estos sean comparables entre sí.

El último apartado de este tema, finaliza con la solución al problema que se planteó al principio de este proyecto. Pero esto no significa que se termine de trabajar en el presente proyecto, pues aun quedarán por exponer en el siguiente tema (Tema 6), la interpretación de los resultados para cada una de las clasificaciones, y expresar las conclusiones a las que nos llevan estos rankings.

### 5.1 Estudio económico.

#### COSTES DIRECTOS

Los primeros datos necesarios son de distancia de las alternativas:

Distancia según PK del Mapa Oficial de Carreteras de Navarra					
Alternativa	1	2	3	4	5
Distancia (km)	43,5	62,5	67,5	58	46,1

El gasto medio de combustible para los vehículos de transporte de mercancías, que se utiliza es:

Consumo medio camión híbrido (l/100km)	25
--	----

Para obtener los costes de autopista de la alternativa cinco, según la siguiente tabla de precios:



**AUTOPISTAS  
DE NAVARRA**

### Peajes en vigor a partir del 1 de ENERO de 2010

TABULACION, IVA Y GRUPOS TARIFARIOS

	TAB	IVA	GRUPO	TIPO DE VEHICULO	Marcilla Tronco	Marcilla Enlace	Tiebas	Sarasa
	1	16%	1-2	Motos				
	3	16%	1-2	Turismos				
	4	16%	1-2	Vehiculos industriales, 2 ejes sin doble rueda (*) y microbus, 2 ejes sin doble rueda	4,85	2,40	3,20	1,90
	5	16%	1-2	Vehiculos industriales, 2 ejes sin doble rueda (*) y remolque de 1 ó 2 ejes				
	8	16%	1-2	Turismo con remolque, 3 ejes y sin doble rueda				
	10	16%	1-2	Turismo con remolque, 4 ó más ejes y sin doble rueda				
	6	16%	2-2	Camiones y autobuses, 2 ejes y doble rueda	2,55	1,30	0,95	0,95
	7	16%	2-2	Turismo con remolque, 3 ejes y doble rueda				
	9	16%	2-2	Camiones y autobuses, 3 ejes y doble rueda				
	2	16%	3-2	Turismo con remolque, 4 ó más ejes y doble rueda				
	11	16%	3-2	Camiones con 4 ejes ó más				

\* CARACTERISTICAS Distintivos de "Rombos", "Círculos", "Rectángulos", etc.  
No llevan cristales en las ventanillas laterales traseras

### Ilustración 20: tarifas autopista A15 de 2010. Fuente: (AUDEMASA).

Se hace la ponderación de precios según el 44% para furgonetas (1,90 euros) y el 56% para camiones (0,95 euros), de forma que el coste para un vehículo híbrido es:

<b>Coste peaje calculado para vehículo híbrido (€)</b>	<b>1,37</b>
--	-------------

El coste medio de carburante diesel en España y Navarra según el mes expresadas en € es:

	Navarra	España
<b>Medias mensuales</b>		
<b>Enero</b>	97,19	99,56
<b>Febrero</b>	97,16	99,37
<b>Marzo</b>	100,73	103,11
<b>Abril</b>	105,14	107,53
<b>Mayo</b>	106,87	109,06
<b>Junio</b>	106,23	108,47
<b>Julio</b>	106,01	108,42
<b>Agosto</b>	105,58	108,64
<b>Septiembre</b>	106,22	109,17
<b>Octubre</b>	106,86	109,57
<b>Noviembre</b>	108,59	111,45
<b>Diciembre</b>	112,68	115,92
<b>Media anual</b>		
	104,94	107,52

Ahora según la ruta y mes, el coste que acarrearía recorrer las alternativas:

Coste de carburante por alternativa y mes en Navarra (€)					
Alternativa	1	2	3	4	5
Distancia	43,5	62,5	67,5	58	46,1
Enero	10,57	15,19	16,40	14,09	11,20
Febrero	10,57	15,18	16,40	14,09	11,20
Marzo	10,95	15,74	17,00	14,61	11,61
Abril	11,43	16,43	17,74	15,25	12,12
Mayo	11,62	16,70	18,03	15,50	12,32
Junio	11,55	16,60	17,93	15,40	12,24
Julio	11,53	16,56	17,89	15,37	12,22
Agosto	11,48	16,50	17,82	15,31	12,17
Septiembre	11,55	16,60	17,92	15,40	12,24
Octubre	11,62	16,70	18,03	15,49	12,32
Noviembre	11,81	16,97	18,32	15,75	12,51
Diciembre	12,25	17,61	19,01	16,34	12,99

Obteniendo una media anual para cada alternativa:

Coste carburante medio por alternativa para 2010 en Navarra					
Alternativa	1	2	3	4	5
Distancia	43,5	62,5	67,5	58	46,1
Media anual Navarra por alternativa (€)	11,41	16,40	17,71	15,22	12,09

Para obtener los datos finales, solo debemos sumar los costes de peaje a la alternativa cinco:

Coste final carburante medio por alternativa para 2010 en Navarra(€)					
Alternativa	1	2	3	4	5
Distancia	43,5	62,5	67,5	58	46,1
Media anual Navarra por alternativa	12,78	16,40	17,71	15,22	12,09

## VELOCIDADES

Debido a que cada alternativa tiene particularidades, se describirán cada una por separado. Quedan a disposición del lector, muestras de los datos de velocidades de todas las vías (Anexo 2) y la totalidad de los datos en el CD adjunto de este proyecto.

### *Alternativa 1. AP-15 y A15:*

El Departamento de Obras Públicas del Gobierno de Navarra, dispone de datos de la A15, pero no dispone de datos de la AP-15 debido a que es competencia del Estado y de capital privado. Por este motivo, se decide estudiar el tramo correspondiente a la A15, del que si disponemos de datos y trasladar este mismo resultado al recorrido de la AP-15. Esta aproximación, no debería distar demasiado de la realidad, debido a que ambas autopistas son de similares características.

	Highway	Rural	Urban	
<b>Alternativa 1</b>	<b>Autopista autovia</b>	<b>Rural</b>	<b>Urbana</b>	<b>Velocidad media final (km/h)</b>
	100%	0%	0%	86,9

### *Alternativa 2. N121A:*

Como se puede apreciar en el Mapa de carreteras, esta vía, es en su mayor parte de altas prestaciones, es por esto que los límites de velocidad que se le aplican son menos restrictivos que para carreteras convencionales, como más adelante se puede comprobar en la ilustración 21. Los tramos convencionales en esta carretera, son los comprendidos entre en (PK 8-PK 13), (PK 15,5-PKPK 17,75) y (PK 21,25-26) donde no aumentaremos el límite de velocidad en diez km/h. Aunque la carretera de altas prestaciones permite un mayor límite de velocidad, como no puede considerarse autovía, pertenece pues a camino rural en nuestra clasificación, pero quedará incorporado en los correspondientes límites de circulación del estudio.

	Highway	Rural	Urban	
<b>Alternativa 2</b>	<b>Autopista autovia</b>	<b>Rural</b>	<b>Urbana</b>	<b>Velocidad media final (km/h)</b>
	0%	100%	0%	71,5

### *Alternativa 3. N121B:*

Es carretera convencional en todo su recorrido.

	Highway	Rural	Urban	
<b>Alternativa 3</b>	<b>Autopista autovia</b>	<b>Rural</b>	<b>Urbana</b>	<b>Velocidad media final (km/h)</b>
	0%	100%	0%	66,55

### *Alternativa 4. N135:*

Es carretera convencional en todo su recorrido.

	Highway	Rural	Urban	
<b>Alternativa 4</b>	<b>Autopista autovia</b>	<b>Rural</b>	<b>Urbana</b>	<b>Velocidad media final (km/h)</b>
	0%	100%	0%	47,5

### Alternativa 5. A21 y N240:

Esta ruta, comienza en la autovía A21 y continúa en la N240. Cuando se realizó la toma de datos se estaban abriendo al tráfico ciertos tramos de la autovía, y esto hace que antes de los mismos se ralentice por señalizaciones temporales la velocidad permitida. Para evitar esto y sabiendo que se han ido abriendo más y más tramos de la A21 con el tiempo, se decide tomar el tramo en cuestión (entre PK 32 y el PK 40) como autovía igualando la velocidad media a los datos de la A21.

	Highway	Rural	Urban	
Alternativa 5	<b>Autopista autovia</b>	<b>Rural</b>	<b>Urbana</b>	<b>Velocidad media final (km/h)</b>
	77,55%	22,45%	0%	69,1

Se debe aclarar, que a los datos de Obras Públicas, se les introduce la restricción correspondiente a las velocidades máximas permitidas para vehículos de transporte de mercancías que se presentan en la ilustración siguiente. Es por este motivo, por el que se diferencia en la alternativa dos, los diez kilómetros más en los tramos de altas prestaciones.

150

VELOCIDADES MÁXIMAS / MÍNIMAS.	Vías esp- Autopista y autovia.	Carreteras con 1.º de categoría o más de un carril.	Resto de vías.	Vía Urbana.
<b>Vehículos 0</b>				
Turismos	120	100	90	50
Motocicletas	60	50	45	25
Derivados de turismo.				
Vehículos Mixtos.	100	90	80	50
Autobús.	60	45	40	25
Autocaravanas (1)				
Camiones.	90	80	70	50
Tractocamiones.	60	40	35	25
Turismos con remolque ligero.				
Furgones y Articulados.	80	80	70	50
Autocaravanas (2)	60	40	35	25
Autobuses con viajeros a pie.	80	80	70	50
Vehículos con remolque.	60	40	35	25
Tte. escolares o menores.	10 km menos que la genérica de la vía.			
Mercancías Peligrosas.	10 km menos que la genérica de la vía.			
Veh. de tres ruedas.	70	70	70	50
Cuatriciclos.	60	35	35	25
Vehículos especiales. (Que desarrollen + 60 km en hora.)				
Resto de Vehículos Especiales.		40	40	40
Vehículos Especiales: Con remolque.				
Motocultores.		25	25	25
Sin señal de frenado.				
Ciclomotores.		45	45	45
Cuadriciclos Ligeros.				
Ciclos. (3)	45	45	45	45

**Velocidades mínimas:** Se prohíbe la circulación en autopistas y autovías de vehículos a motor a una velocidad inferior a 60 km por hora y en las restantes vías a una velocidad inferior a la mitad de la genérica señalada para cada una de ellas.

(1) Las que figuren en su tarjeta de ITV, el código 3148, 3200 y 3248.

(2) Las que figuren en su tarjeta de ITV, el código 3300, 3348 y 3448.

(3) Podrán superar estos límites cuando por la vía puedan desarrollar una velocidad superior.

Manual Policial - Codificado Tráfico. (CTR)

Ilustración 21: Límites de velocidad según tipo de vía. Fuente: (ANET).

Los datos finales se muestran a continuación:

Velocidad final media de las alternativas (km)					
Alternativa	1	2	3	4	5
Velocidad	86,9	71,5	66,5	47,5	69,1



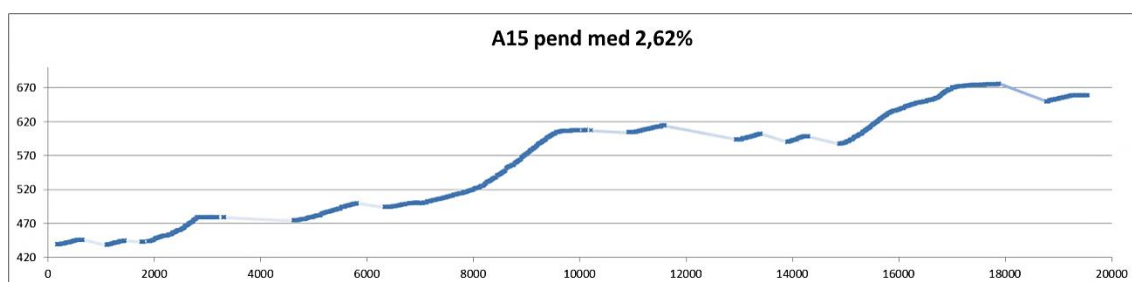
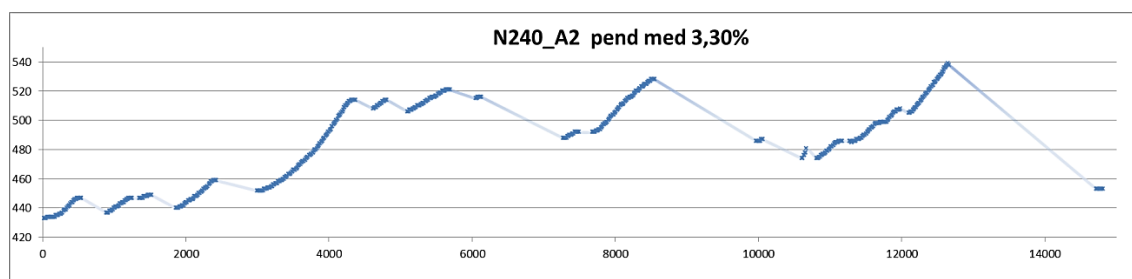
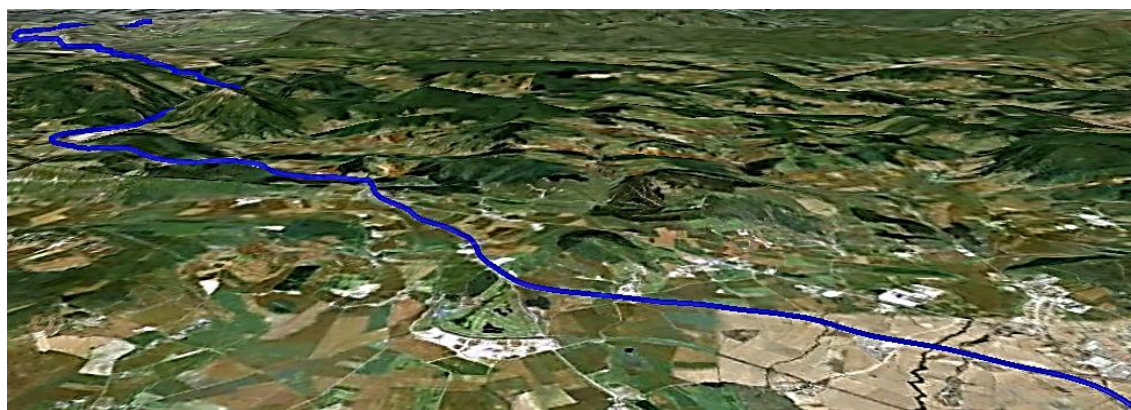
## PENDIENTES

Debido a que cada alternativa tiene particularidades, se describirán cada una por separado. Quedan a disposición del lector, muestras de los datos de pendientes de todas las vías (Anexo 3) y la totalidad de los datos en el CD adjunto de este proyecto.

### Alternativa 1. AP-15 y A15:

Del mismo modo que sucedía con las velocidades, no disponemos de datos para la AP-15, y además, en este caso no podemos tomar como similares los datos de la A15, porque no tienen por qué ser de iguales características. De esta manera lo que se decide, con el consejo del personal del Departamento de Obras Públicas, es tomar los datos (de los que si disponemos) de una carretera (tramo PK 6 a PK21 de N240\_A2) que prácticamente es paralela en todo su recorrido a la AP-15. De este modo, si podemos trasladar los datos de la carretera N240\_A2, a los que podría tener la AP-15. Igual que se realizará para todas las alternativas, a continuación se mostrarán, por este orden, los datos de la alternativa, su vista en perspectiva (elaborados en Google Earth) y los perfiles de altura longitudinales por metros (de elaboración propia) que se elaboraron para cada carretera perteneciente a la ruta.

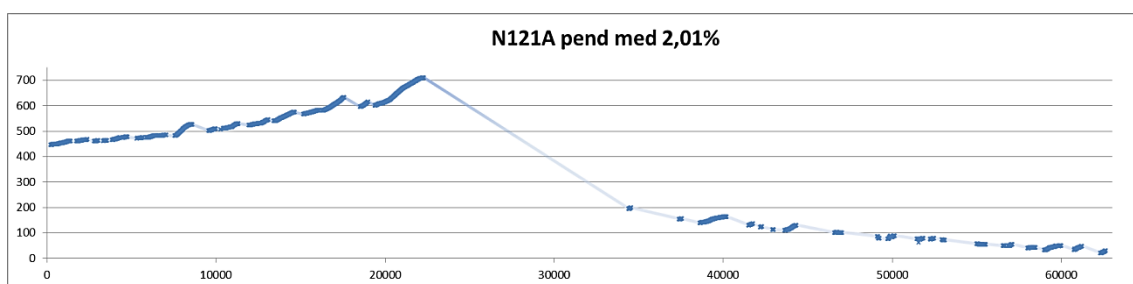
	Highway	Rural	Urban	Pendiente media final %	
Alternativa 1	Autopista autovia	Rural	Urbana	2,83	
	100%	0%	0%	Distancia (m)	
				21610	



### Alternativa 2. N121A:

Es durante todo el recorrido la misma carretera, en su mayor parte designada como de altas prestaciones (como se explicó en velocidades).

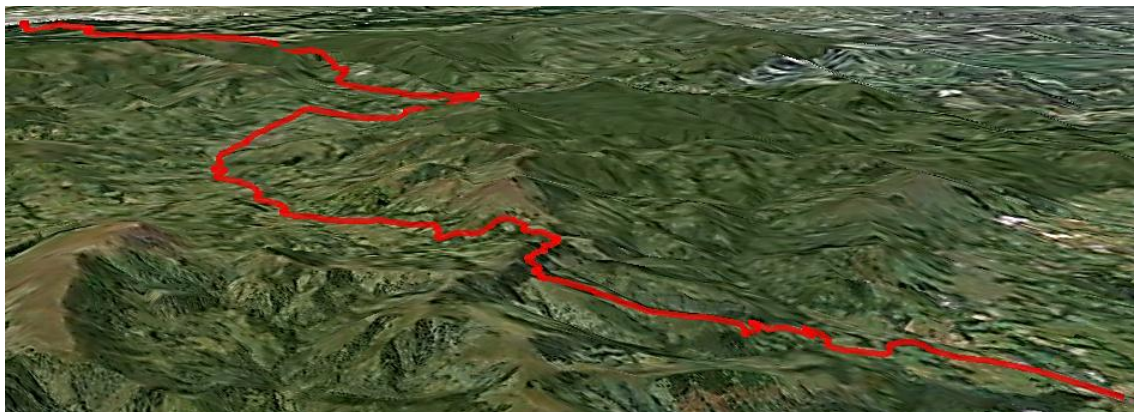
	Highway	Rural	Urban	Pendiente media final %	
Alternativa 2	Autopista autovia	Rural	Urbana	2,01	
	0%	100%	0%	Distancia (m)	
				22860	

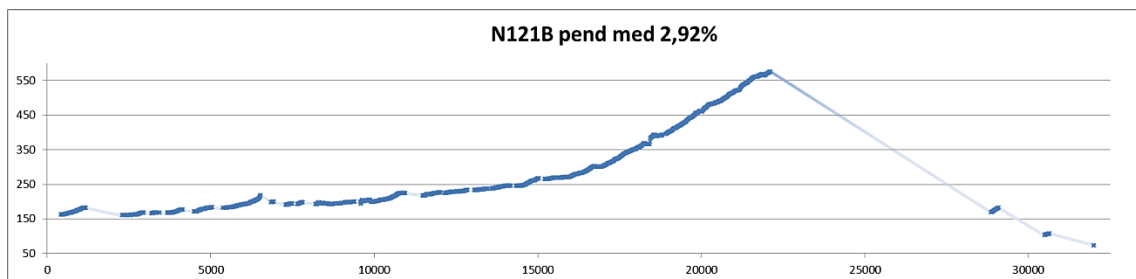
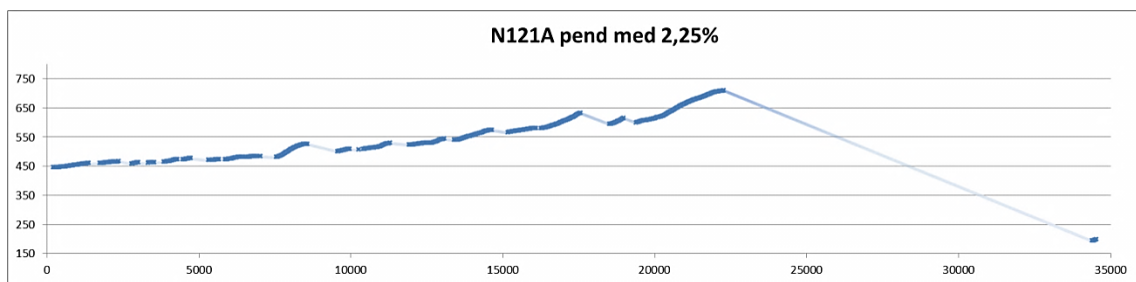


### Alternativa 3. N121B:

Esta alternativa, tiene la particularidad de compartir parte de su recorrido con la alternativa anterior, por este motivo, su primer tramo, se corresponde con la N121A, mientras a partir de ahí, se compone de la propia N121B.

	Highway	Rural	Urban	Pendiente media final %	
Alternativa 3	Autopista autovia	Rural	Urbana	2,60	
	0%	100%	0%	Distancia (m)	
				31560	

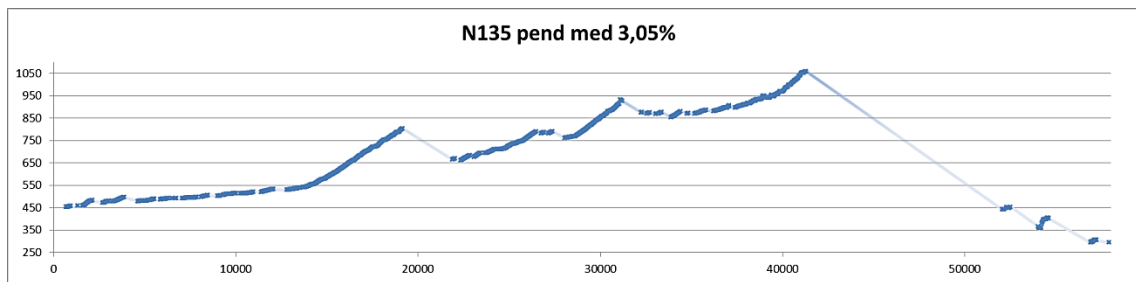
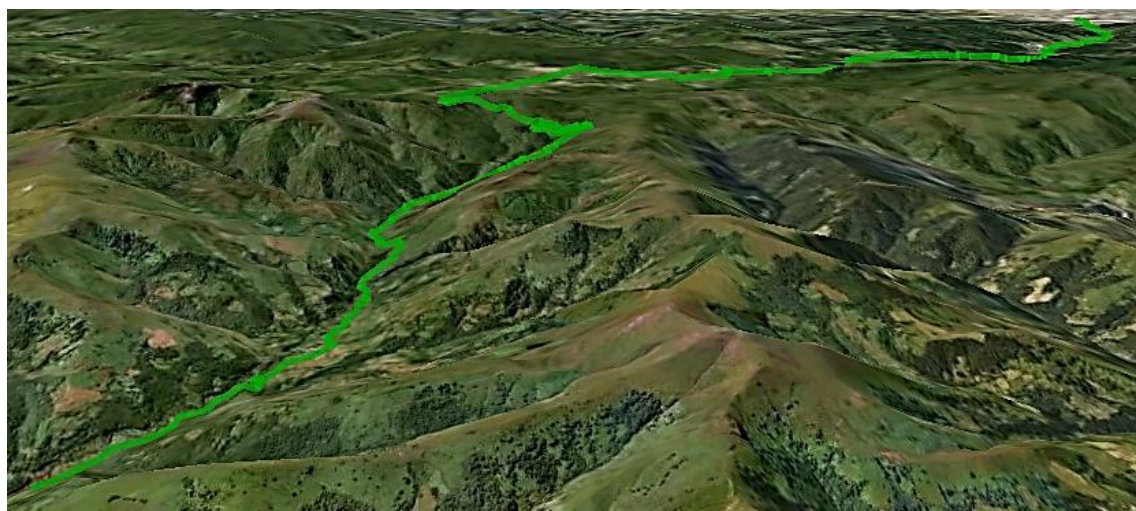




*Alternativa 4. N135:*

Carretera rural en todo su recorrido.

	Highway	Rural	Urban	Pendiente media final %
Alternativa 4	Autopista autovia	Rural	Urbana	3,05
	0%	100%	0%	
	Distancia (m)			28590

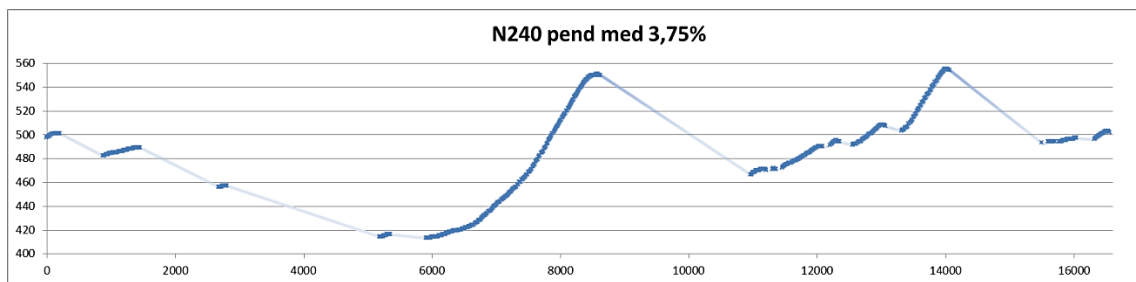
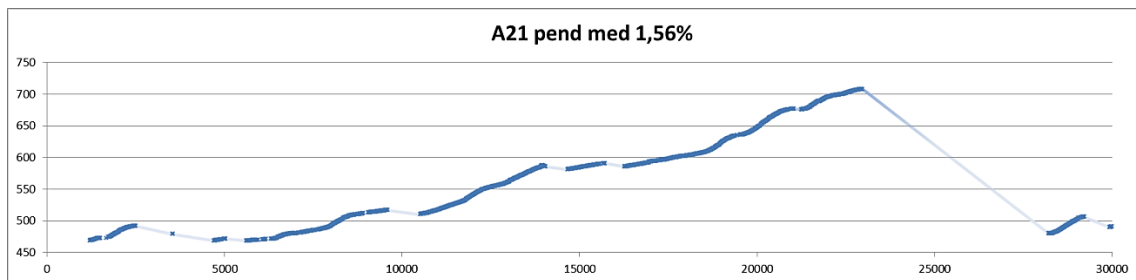
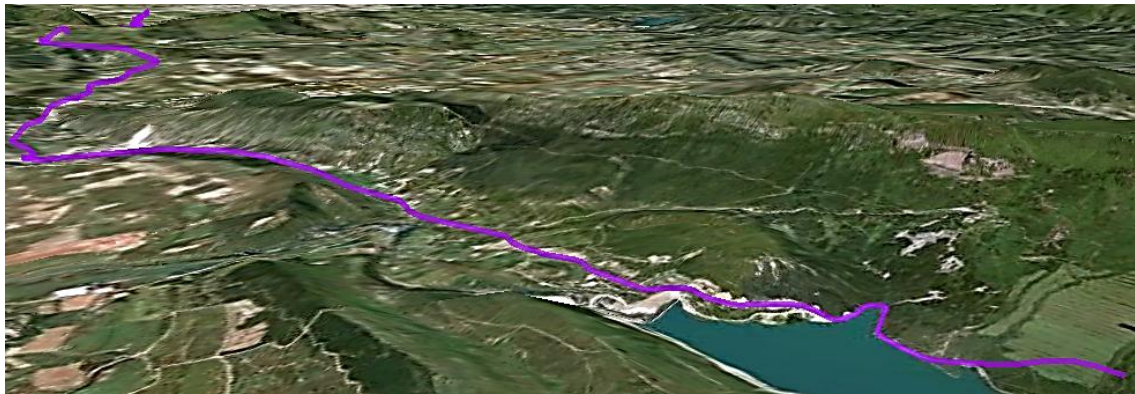




#### Alternativa 5. A21 y N240:

En este caso, se toma el tramo de autovía A21 tal cual fue registrado al tomar los datos, debido a que la pendiente necesita de continuidad. La ruta continúa en la carretera N240. Se puede apreciar como los datos de porcentajes de autovía y carretera rural distan de los de velocidades, esto se debe a que la toma de los datos se produjo en años diferentes frente a los del registro de velocidades.

	Highway	Rural	Urban	
Alternativa 5	Autopista autovia	Rural	Urbana	Pendiente media final %
	64%	36%	0%	2,20
				Distancia (m) 23210



Tras realizar los cálculos correspondientes, para que sean comparables los resultados de las cinco alternativas, obtenemos en desnivel medio que deberían sufrir por cada kilómetro los vehículos de transporte, para cada una de las rutas.

Desnivel medio en subida por kilómetro					
Alternativa	1	2	3	4	5
Desnivel /km	14,50	7,36	12,45	15,23	11,26

### 5.1.1 AHP económico y datos totales.

Los resultados obtenidos mediante los tres estudios anteriores, nos permitirán comparar las diferentes alternativas por medio del método AHP, sustentando dichas comparaciones en un estudio real calculado empíricamente, y no bajo juicios de valor subjetivos. Estos valores resultan bastante heterogéneos y dispares entre sí.

Para utilizar el método AHP, y realizar comparaciones entre las diferentes alternativas, deberemos acondicionar los valores calculados, y transformarlos a otros que nos permitan equiparar alternativas mediante la escala de comparación por pares. Para ello analizaremos los valores máximos obtenidos para cada criterio, y dividiremos todos los valores de cada alternativa entre el valor máximo (factor de escala) para ese criterio. De esta forma, obtendremos todos los valores de ese criterio normalizados y escalados, desde cero (mejor resultado) a uno (peor resultado), para todas las alternativas.

Posteriormente, dado que la escala de comparación por pares para la preferencia de alternativas del método AHP, va desde el 1 hasta 9, se procede a invertir la escala de valores, y se transforman mediante la expresión de la última columna de las tablas. De esta manera, se obtienen los valores de preferencia para realizar las comparaciones por pares del método AHP, haciendo que el peor de los valores de cada criterio, tenga una preferencia de 1 (igualmente preferida) respecto a las demás alternativas. Quedan a disposición del lector, muestras de los cálculos del método (Anexo 4) y la totalidad de los cálculos en el CD adjunto de este proyecto.

A continuación aparecen los valores de preferencia de cada una de las alternativas para cada uno de los tres criterios considerados, de forma que cuando sea necesario realizar la comparación entre estas, no haya más que dividir el valor entre el correspondiente con el que se compara, y colocar el resultado (redondeando a entero) por encima de los valores de la diagonal principal de la matriz de comparación por pares. Como ya se ha explicado anteriormente, debajo de la diagonal de la matriz se colocarán los respectivos recíprocos.

COSTE			
ALTERNATIVA	VALOR TOTAL CRITERIO	VALOR ESCALADO de 0 a 1	PREFERENCIA EN LA ESCALA DE COMPARACIÓN POR PARES DEL MÉTODO AHP
		Factor de escala: (S=1/17,71)	
A1	12,78	0,72	3
A2	16,40	0,93	2
A3	17,71	1,00	1
A4	15,22	0,86	2
A5	12,09	0,68	4

Como ya se explicó en el apartado correspondiente, en el criterio de velocidad, cuanto mayor es esta (dentro de los límites para vehículos de transporte de mercancías) más se reduce el consumo de carburante, es por este motivo, que en el criterio de velocidades, tras calcular las preferencias, debemos invertirlas para que coincidan con la realidad.

VELOCIDAD				
ALTERNATIVA	VALOR TOTAL CRITERIO	VALOR ESCALADO de 0 a 1	PREFERENCIA EN LA ESCALA DE COMPARACIÓN POR PARES DEL MÉTODO AHP	AJUSTE A LA INVERSA DE LA ESCALA
		Factor de escala: (S=1/86,90)		
A1	86,90	1,00	1	9
A2	71,50	0,82	2	8
A3	66,50	0,77	3	7
A4	47,50	0,55	5	5
A5	69,10	0,80	3	7

PENDIENTE			
ALTERNATIVA	VALOR TOTAL CRITERIO	VALOR ESCALADO de 0 a 1	PREFERENCIA EN LA ESCALA DE COMPARACIÓN POR PARES DEL MÉTODO AHP
		Factor de escala: (S=1/15,23)	
A1	14,50	0,95	1
A2	7,36	0,48	5
A3	12,45	0,82	2
A4	15,23	1,00	1
A5	11,26	0,74	3

Una vez preparados los valores para el método AHP, se procede a aplicarlo para elegir la alternativa más apropiada, la que menos coste de combustible, y por consiguiente, menos dinero requiera.

El Análisis Jerárquico o método AHP (Proceso de Jerarquía Analítica), desarrollado por Thomas L. Saaty, está diseñado para resolver problemas complejos de decisión multicriterio. Dicho método requiere que el agente decisor tome juicios de importancia sobre cada uno de los criterios y especificar la preferencia por las diferentes alternativas usando cada uno de los criterios. El resultado final de dicho método, sería la clasificación ordenada, según las preferencias del agente decisor, de las diferentes alternativas (Romero, 1996).

Las jerarquías quedan reflejadas a continuación:

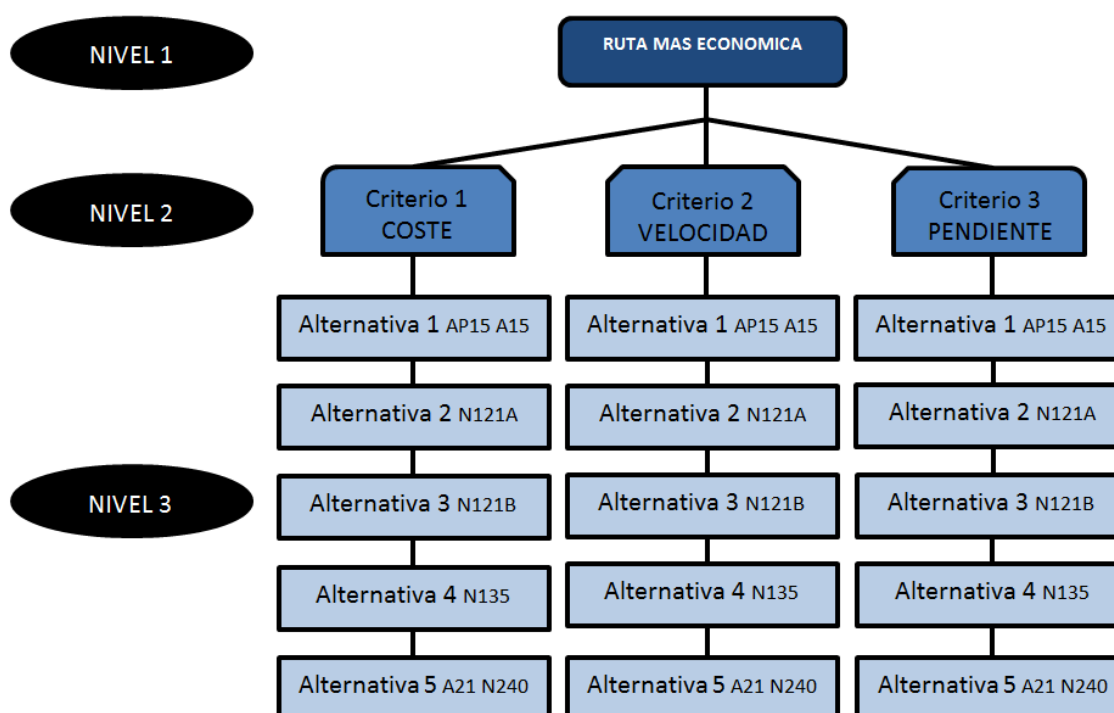


Ilustración 22: Jerarquía para el método AHP.

Para establecer las prioridades del agente decisor en el modelo AHP, se utiliza la comparación por pares, desarrollada por Saaty al igual que el propio método AHP. Tanto para establecer el peso de los diferentes criterios entre si y determinar cómo contribuyen cada uno de ellos a alcanzar el objetivo, como para comparar las diferentes alternativas entre sí, en función de cada uno de los criterios considerados. El orden a la hora de realizar las comparaciones en los diferentes niveles, no es importante ya que los resultados no varían si se calculan antes los pesos de los criterios, o las preferencias de las alternativas.

Así pues, para determinar cuál de los diferentes criterios tiene mayor peso que el otro, el modelo utiliza una escala para realizar comparaciones por pares que va del 1 al 9 en función de la importancia que se le quiera otorgar a cada uno de los criterios que influyen o afectan en mayor o menor medida a la resolución del problema y el cumplimiento del objetivo propuesto. En la siguiente ilustración se puede encontrar nuevamente la escala de comparación por pares para la asignación de importancias entre diferentes criterios utilizada para el método AHP.



ESCALA DE COMPARACIÓN POR PARES	IMPORTANCIA DE CRITERIOS
<u>JUICIO VERBAL</u>	<u>VALORACIÓN NUMÉRICA</u>
Extremadamente más importante	9
	8
Sumamente más importante	7
	6
Fuertemente más importante	5
	4
Moderadamente más importante	3
	2
Igualmente más importante	1

**Ilustración 23: Escala de comparación por pares de Saaty. Importancia de los criterios.**

Se comparan dos a dos cada uno de los criterios, y se va rellenando la matriz en función de la escala de comparación por pares. Al compararse los diferentes criterios entre sí, en la diagonal principal solo puede aparecer el valor 1. Mientras que en las demás casillas de la matriz se van rellenando según la importancia de un criterio respecto al otro, utilizando una escala con valores desde 1 (igual de importante) hasta 9 (extremadamente más importante que el otro). Lógicamente la matriz es recíproca de manera que si un criterio ha recibido la importancia de 3 respecto al otro, este último será  $1/3$  de importante respecto al primero. Se considera que el criterio coste, es un poco más importante (valor = 2) que los criterios de velocidad y pendiente, mientras que la velocidad se considera igualmente importante (valor = 2) que el criterio de la pendiente.

	COSTE	VELOCIDAD	PENDIENTE
COSTE	1,00	2,00	2,00
VELOCIDAD	0,50	1,00	1,00
PENDIENTE	0,50	1,00	1,00
(a)	2	4	4

A continuación se suman los valores en cada columna de la matriz (a) y se divide cada elemento por el total de su columna (b), quedando normalizados cada uno de los elementos. Finalmente se calcula la media de cada fila de la matriz normalizada (c). Estos valores medios serán los pesos que se asignarán a cada criterio.

(b)	COSTE	VELOCIDAD	PENDIENTE	PESOS (c)
COSTE	0,50	0,50	0,50	0,50
VELOCIDAD	0,25	0,25	0,25	0,25
PENDIENTE	0,25	0,25	0,25	0,25

Seguidamente se realiza una estimación de la consistencia, para ver si ha habido alguna incongruencia a la hora de valorar la importancia entre los pares de criterios. Si el ratio de consistencia tiene un valor inferior a 0.1 el nivel de consistencia se considera razonable. De lo

contrario se entiende que los juicios de valor subjetivos han sido inconsistentes por lo que habrá que repetir la valoración entre los elementos de la matriz.

Para el cálculo de la consistencia, se multiplica cada columna, por su peso. Para finalmente sumar los valores respectivos de las filas y obtener el vector. Posteriormente se dividen los elementos del vector obtenido por el correspondiente peso de cada criterio, se realiza la media de los valores calculados anteriormente y esta media se denota  $\lambda_{max}$ . Se calcula el Índice de Consistencia (Consistency Index - CI), siendo n el número de criterios a comparar. Por último se computa el ratio de consistencia (CR). El valor de RI depende del número de ítems que están siendo comparados, que aparece en la tabla del margen derecho inferior. Como ya sabemos, un ratio de consistencia del 0.1 o menor es considerado aceptable, y se entiende que no existe una incongruencia a la hora de efectuar comparaciones en la matriz de comparación por pares.

CONSISTENCIA																				
		1		2		2														
	0,50	0,50	0,25	1	0,25	1														
		0,50		1,00		1														
		0,50		0,50		0,50														
		0,25	+	0,25	+	0,25														
		0,25		0,25		0,25														
						1,50														
						0,75														
						0,75														
Soc-cult.		3,00																		
Espacios Naturales		3,00																		
Productivo		3,00																		
			$\lambda_{max} =$	3,000																
			CI =	0,000	n dependiente															
			CR =	0,000		0,1														
				0,000000																
						<table><tr><th>n</th><th>RI</th></tr><tr><td>3</td><td>0,58</td></tr><tr><td>4</td><td>0,9</td></tr><tr><td>5</td><td>1,12</td></tr><tr><td>6</td><td>1,24</td></tr><tr><td>7</td><td>1,32</td></tr><tr><td>8</td><td>1,41</td></tr></table>	n	RI	3	0,58	4	0,9	5	1,12	6	1,24	7	1,32	8	1,41
n	RI																			
3	0,58																			
4	0,9																			
5	1,12																			
6	1,24																			
7	1,32																			
8	1,41																			

Una vez que se han obtenido los pesos de cada uno de los criterios que se han considerado en el modelo, para la elección de la carretera menos costosa, se procede a realizar comparaciones por pares de las alternativas en función de los diferentes criterios, y los vamos comparando en función de las preferencias de las alternativas ya obtenidas mediante los análisis que se realizaron anteriormente. De este modo, en esta fase resultarán tres matrices de comparación por pares de m x m alternativas, habiendo una matriz por cada criterio.

La escala de comparación por pares de preferencias entre alternativas es similar a la que se ha utilizado para los criterios (ilustración 23) como ya se vio anteriormente (ilustración 10).

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
Alternativa 1	1,00	1,50	3,00	1,50	0,75
Alternativa 2	0,67	1,00	2,00	1,00	0,50
Alternativa 3	0,33	0,50	1,00	0,50	0,25
Alternativa 4	0,67	1,00	2,00	1,00	0,50
Alternativa 5	1,33	2,00	4,00	2,00	1,00
	4,00	6,00	12,00	6,00	3,00

Una vez que hemos conseguido rellenar toda la matriz de comparación por pares calcularemos, las preferencias (pesos) para cada una de las alternativas para ese criterio, y su ratio de consistencia.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	PESOS
Alternativa 1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Alternativa 2	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Alternativa 3	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Alternativa 4	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Alternativa 5	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33

CONSISTENCIA																																																								
	<table><tr><td></td><td>1,00</td><td></td><td>1,50</td><td></td><td>3,00</td><td></td><td>1,50</td><td></td><td>0,75</td></tr><tr><td>0,25</td><td>0,67</td><td>0,17</td><td>1,00</td><td>0,08</td><td>2,00</td><td>0,17</td><td>1,00</td><td>0,33</td><td>0,50</td></tr><tr><td></td><td>0,33</td><td></td><td>0,50</td><td></td><td>1,00</td><td></td><td>0,50</td><td></td><td>0,25</td></tr><tr><td></td><td>0,67</td><td></td><td>1,00</td><td></td><td>2,00</td><td></td><td>1,00</td><td></td><td>0,50</td></tr><tr><td></td><td>1,33</td><td></td><td>2,00</td><td></td><td>4,00</td><td></td><td>2,00</td><td></td><td>1,00</td></tr></table>		1,00		1,50		3,00		1,50		0,75	0,25	0,67	0,17	1,00	0,08	2,00	0,17	1,00	0,33	0,50		0,33		0,50		1,00		0,50		0,25		0,67		1,00		2,00		1,00		0,50		1,33		2,00		4,00		2,00		1,00					
	1,00		1,50		3,00		1,50		0,75																																															
0,25	0,67	0,17	1,00	0,08	2,00	0,17	1,00	0,33	0,50																																															
	0,33		0,50		1,00		0,50		0,25																																															
	0,67		1,00		2,00		1,00		0,50																																															
	1,33		2,00		4,00		2,00		1,00																																															
	<table><tr><td></td><td>0,25</td><td></td><td>0,25</td><td></td><td>0,25</td><td></td><td>0,25</td><td></td><td>0,25</td><td>1,25</td></tr><tr><td>+</td><td>0,17</td><td>+</td><td>0,17</td><td>+</td><td>0,17</td><td>+</td><td>0,17</td><td>+</td><td>0,17</td><td>= 0,83</td></tr><tr><td></td><td>0,08</td><td></td><td>0,08</td><td></td><td>0,08</td><td></td><td>0,08</td><td></td><td>0,08</td><td>0,42</td></tr><tr><td></td><td>0,17</td><td></td><td>0,17</td><td></td><td>0,17</td><td></td><td>0,17</td><td></td><td>0,17</td><td>0,83</td></tr><tr><td></td><td>0,33</td><td></td><td>0,33</td><td></td><td>0,33</td><td></td><td>0,33</td><td></td><td>0,33</td><td>1,67</td></tr></table>		0,25		0,25		0,25		0,25		0,25	1,25	+	0,17	+	0,17	+	0,17	+	0,17	+	0,17	= 0,83		0,08		0,08		0,08		0,08		0,08	0,42		0,17		0,17		0,17		0,17		0,17	0,83		0,33		0,33		0,33		0,33		0,33	1,67
	0,25		0,25		0,25		0,25		0,25	1,25																																														
+	0,17	+	0,17	+	0,17	+	0,17	+	0,17	= 0,83																																														
	0,08		0,08		0,08		0,08		0,08	0,42																																														
	0,17		0,17		0,17		0,17		0,17	0,83																																														
	0,33		0,33		0,33		0,33		0,33	1,67																																														
Alternativa 1	5,00																																																							
Alternativa 2	5,00																																																							
Alternativa 3	5,00																																																							
Alternativa 4	5,00																																																							
Alternativa 5	5,00																																																							
$\lambda_{max} =$	5																																																							
CI =	0																																																							
CR =	0 0,1																																																							

n	RI
3	0,58
4	0,9
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41

Ahora para el criterio de **velocidad**, se siguen los mismos pasos:

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
Alternativa 1	1,00	1,13	1,29	1,80	1,29
Alternativa 2	0,89	1,00	1,14	1,60	1,14
Alternativa 3	0,78	0,88	1,00	1,40	1,00
Alternativa 4	0,56	0,63	0,71	1,00	0,71
Alternativa 5	0,78	0,88	1,00	1,40	1,00
	4,00	4,50	5,14	7,20	5,14

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	PESOS
Alternativa 1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Alternativa 2	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Alternativa 3	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Alternativa 4	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Alternativa 5	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19

CONSISTENCIA											
		1,00		1,13		1,29		1,80		1,29	
	0,25	0,89	0,22	1,00	0,19	1,14	0,14	1,60	0,19	1,14	
		0,78		0,88		1,00		1,40		1,00	
		0,56		0,63		0,71		1,00		0,71	
		0,78		0,88		1,00		1,40		1,00	
			0,25		0,25		0,25		0,25		1,25
		+	0,22	+	0,22	+	0,22	+	0,22	+	0,22 = 1,11
			0,19		0,19		0,19		0,19		0,97
			0,14		0,14		0,14		0,14		0,69
			0,19		0,19		0,19		0,19		0,97
Alternativa 1	5,00										
Alternativa 2	5,00										
Alternativa 3	5,00										
Alternativa 4	5,00										
Alternativa 5	5,00										
		$\lambda_{max} = 5$									
		CI = 0									
		CR = 0 0,1									
				n	RI						
				3	0,58						
				4	0,9						
				5	1,12						
				6	1,24						
				7	1,32						
				8	1,41						

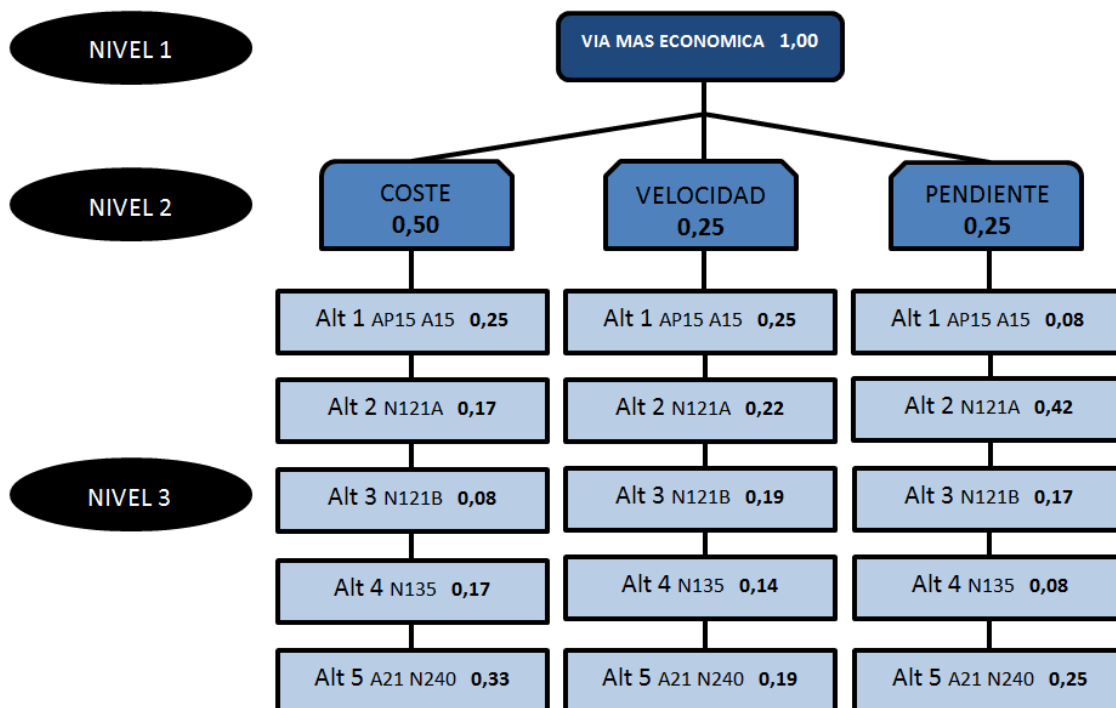
Por último, los datos para el criterio de la **pendiente**, quedarán:

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
Alternativa 1	1,00	0,20	0,50	1,00	0,33
Alternativa 2	5,00	1,00	2,50	5,00	1,67
Alternativa 3	2,00	0,40	1,00	2,00	0,67
Alternativa 4	1	0	1	1	0
Alternativa 5	3	0,6	1,5	3	1
	12,00	2,40	6,00	12,00	4,00

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	PESOS
Alternativa 1	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Alternativa 2	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
Alternativa 3	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Alternativa 4	0	0	0	0	0	0
Alternativa 5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

CONSISTENCIA											
		1,00		0,20		0,50		1,00		0,33	
	0,08	5,00	0,42	1,00	0,17	2,50	0,08	5,00	0,25	1,67	
		2,00		0,40		1,00		2,00		0,67	
		1,00		0,20		0,50		1,00		0,33	
		3,00		0,60		1,50		3,00		1,00	
			0,08		0,08		0,08		0,08		0,42
		+	0,42	+	0,42	+	0,42	+	0,42	+	0,42 = 2,08
			0,17		0,17		0,17		0,17		0,83
			0,08		0,08		0,08		0,08		0,42
			0,25		0,25		0,25		0,25		1,25
Alternativa 1	5,00										
Alternativa 2	5,00										
Alternativa 3	5,00										
Alternativa 4	5,00										
Alternativa 5	5,00										
		$\lambda_{max} = 5$									
		CI = 0									
		CR = 0 0,1									
				n	RI						
				3	0,58						
				4	0,9						
				5	1,12						
				6	1,24						
				7	1,32						
				8	1,41						

Llegados a este punto y sirviendo de resumen, se presenta la jerarquía del modelo con los pesos de cada componente (meta, criterios y alternativas).



**Ilustración 24: Jerarquía del modelo con sus pesos.**

La matriz decisional, finalmente se elabora colocando las columnas de los pesos de las alternativas como filas de su criterio.

MATRIZ DECISIONAL					
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
<b>COSTE</b>	0,25	0,17	0,08	0,17	0,33
<b>VELOCIDAD</b>	0,25	0,22	0,19	0,14	0,19
<b>PENDIENTE</b>	0,08	0,42	0,17	0,08	0,25

Para concluir, debemos multiplicar los valores de preferencia de cada alternativa, por los valores de importancia de los criterios, y sumar los resultados para cada una de las alternativas. De esta forma obtendremos los resultados que ofrece el método para cada alternativa.

$$\text{Alternativa 1} = 0,25 \cdot 0,50 + 0,25 \cdot 0,25 + 0,08 \cdot 0,25 = 0,208$$

$$\text{Alternativa 2} = 0,17 \cdot 0,50 + 0,22 \cdot 0,25 + 0,42 \cdot 0,25 = 0,246$$

$$\text{Alternativa 3} = 0,08 \cdot 0,50 + 0,19 \cdot 0,25 + 0,17 \cdot 0,25 = 0,130$$

$$\text{Alternativa 4} = 0,17 \cdot 0,50 + 0,14 \cdot 0,25 + 0,08 \cdot 0,25 = 0,090$$

$$\text{Alternativa 5} = 0,33 \cdot 0,50 + 0,19 \cdot 0,25 + 0,25 \cdot 0,25 = 0,275$$

RESULTADOS AHP	
Alternativa 1	0,208
Alternativa 2	0,246
Alternativa 3	0,130
Alternativa 4	0,090
Alternativa 5	0,275

Los resultados otorgan, como mejor opción, a la alternativa nº 5, seguida de cerca por la Alternativa nº 2, y bastante más lejos las nº 1, 3 y 4 por este orden. Según este primer resultado utilizaríamos la alternativa número 5, pero es aquí donde empezaremos a realizar pequeñas modificaciones en los pesos de los criterios, para ver cómo varían los resultados finales a pequeñas modificaciones de los pesos de los criterios. Por ello realizaremos a continuación, los análisis de sensibilidad que nos permitirán revisar las preferencias, las importancias y los criterios, para finalmente, tomar la decisión que creamos más idónea para la resolución del problema.

Dado que las alternativas 5 y 1 se encuentran relativamente cercanas en los resultados finales, se han utilizado pequeñas oscilaciones en los criterios considerados, para ver de esta manera si dichas modificaciones alteraban el resultado.

Para el criterio de coste se consideraron oscilaciones aleatorias de  $(0,5 \pm 0,15)$ , de forma que mediante la expresión  $(0.35 + \text{ALEATORIO} \cdot 0.3)$ , se consiguen valores aleatorios en un intervalo de  $(0.40 - 0.60)$ . Para el criterio de las velocidades se consideraron oscilaciones aleatorias de  $(0,25 \pm 0,15)$ , de forma que mediante la expresión  $(0.1 + \text{ALEATORIO} \cdot 0.3)$ , se consiguen valores aleatorios en un intervalo de  $(0.10 - 0.40)$ . Para el criterio de pendientes, se hizo exactamente lo mismo dado que se había considerado que ambos tenían la misma importancia. Posteriormente a la obtención de estos valores aleatorios se optó por realizar una normalización de los pesos de cada criterio, para conseguir que la suma de todas las importancias de los criterios resultara siempre la unidad.

Después de realizar una muestra de 5.000 experimentos en los que se utilizaban las oscilaciones anteriores en las importancias de los criterios, se observa que la alternativa nº 5 es el mejor resultado en un 92% aproximadamente, de los casos.

Por esta razón, consideramos la alternativa 5 como la mejor solución y la alternativa que mejor satisface nuestras necesidades de generar un menor coste económico mediante el ahorro de combustible. Los resultados del análisis de sensibilidad se muestran a continuación. Es posible observar una muestra de los cinco mil ensayos (muestra en Anexo 4 y en su totalidad en CD adjunto) al final del presente proyecto, debido a la extensión del documento, que hace imposible mostrarlo completo. De todos modos, quedan a disposición del lector, los cálculos hechos mediante hojas Excel en la información adicional recopilada que se aporta en el CD que acompaña a esta memoria.

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5		Nº de veces Alternativa 5
0,208	0,244	0,130	0,140	0,275		4621
3º	2º	5º	4º	1º	0,9208	Probabilidad



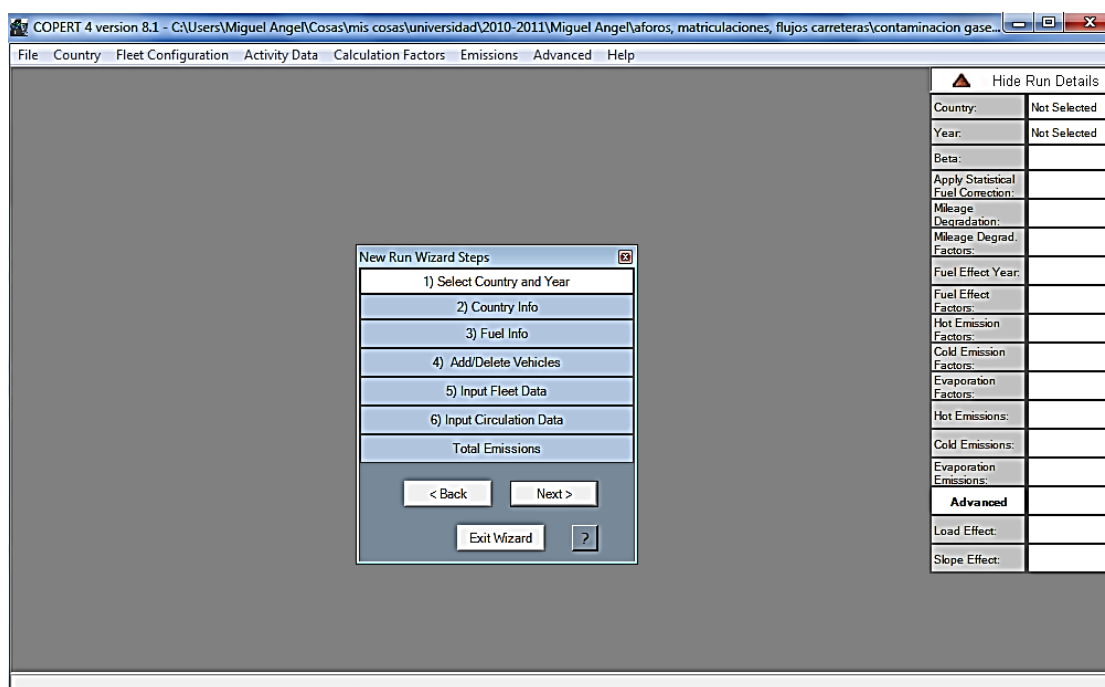
## 5.2 Estudio de la emisión de gases contaminantes y datos totales.

En este apartado, se exponen los pasos que seguimos para la utilización del Copert 4, los datos ya tratados para su implementación en él y los resultados que nos aporta. Para que no resulte excesivamente largo, se decide mostrar en los ejemplos el estudio realizado sólo para la alternativa 1, y se supone la realización del resto de alternativas, de modo similar (con los datos propios de cada ruta). Quedarán a disposición del lector, las bases de datos de utilización del programa, así como los resultados de cada una de las alternativas, en la información adicional recopilada que se aporta en el CD que acompaña a este proyecto.

Tras mostrar el trabajo realizado para esta alternativa, se recopilan los resultados de todas las alternativas estudiadas, de forma que se pueda hacer una comparación entre todas ellas.

### ALTERNATIVA 1 (Estudio con Copert 4 ver 8.1)

Se Crea un nuevo archivo y comenzamos un asistente de pasos que el programa contiene y conviene utilizar para que el orden de entrada de datos sea el correcto.



Los primeros datos que requiere el programa, son el País (se denomina Spain-Navarra-A1), año, distancia y tiempo de la ruta. Introducimos los correspondientes a la alternativa estudiada.

Para introducir los datos de temperaturas y presiones Reid que completan la información del lugar de estudio, se muestra la relación de estaciones meteorológicas que cruzan en esta alternativa (en Anexo 5 se muestran las de cada ruta) y los datos recopilados para ella a fin de ser utilizados. Para las presiones Reid, se introducen las explicadas anteriormente en el proyecto (apartado 4.2.2.2) (Real decreto consultable en CD adjunto).

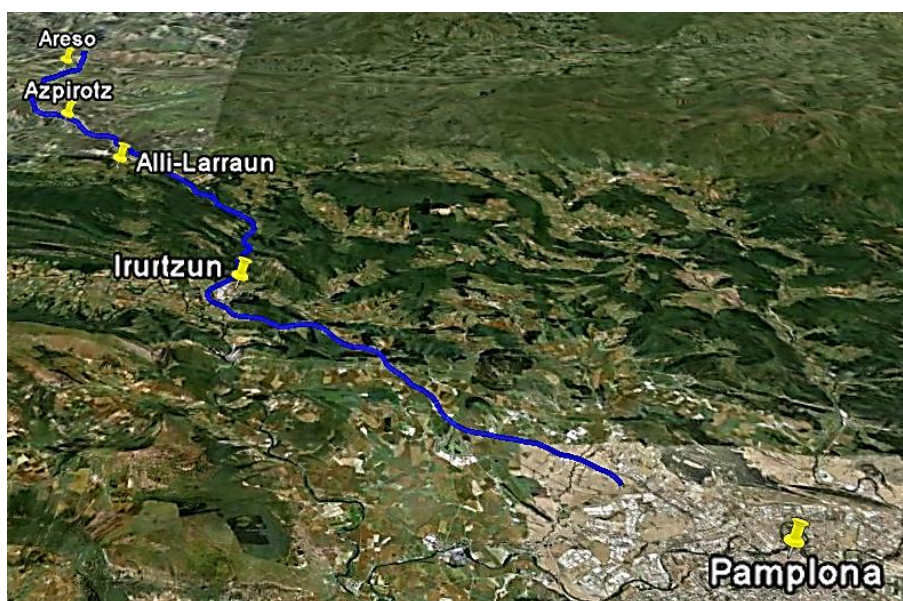


Ilustración 25: Estaciones meteorológicas en Navarra utilizadas en alternativa 1

MAXIMAS	Pamplona	Irurtzun	Alli-larraun	Azpirotz	Areso	Media mensual
Enero	7,0	7,0	4,8	6,3	7,1	6,44
Febrero	8,6	8,5	5,8	7,3	8,2	7,68
Marzo	12,8	12,3	9,4	11,0	11,7	11,44
Abril	18,5	18,0	15,6	16,7	16,8	17,12
Mayo	18,4	17,5	15,1	15,9	16,1	16,60
Junio	23,4	22,4	19,9	19,8	20,3	21,16
Julio	28,3	26,8	24,0	23,6	23,6	25,26
Agosto	27,3	26,4	23,4	23,6	23,8	24,90
Septiembre	24,3	23,4	20,9	21,6	22,1	22,46
Octubre	18,4	17,8	14,3	15,8	16,7	16,60
Noviembre	11,2	10,8	8,1	9,6	10,3	10,00
Diciembre	8,5	8,3		7,3	8,5	8,15

MINIMAS	Pamplona	Irurtzun	Alli-larraun	Azpirotz	Areso	Media mensual
Enero	1,7	1,6	1,0	1,5	0,4	1,24
Febrero	1,7	1,9	1,2	2,2	0,7	1,54
Marzo	3,7	3,5	3,0	3,7	3,1	3,40
Abril	7,4	6,7	5,7	7,2	6,0	6,60
Mayo	8,7	8,3	6,9	8,0	6,9	7,76
Junio	12,6	12,0	10,7	11,3	10,0	11,32
Julio	16,2	15,1	13,4	14,2	13,0	14,38
Agosto	15,3	14,4	12,6	13,7	12,5	13,70
Septiembre	12,2	11,0	9,8	11,5	9,9	10,88
Octubre	9,3	8,7	7,5	8,9	6,9	8,26
Noviembre	4,8	4,8	4,0	4,9	4,0	4,50
Diciembre	0,7	0,7		1,0	2,3	1,18

Se introduce la información anterior (Datos de muestra de enero obtenidos de Aemet, y resultados en Anexo 5, totalidad de datos de Aemet en CD adjunto al proyecto):

Country Info

Month	Min Temp (°C)	Max Temp (°C)	Month	RVP (kPa)	Beta
Jan	6,44	1,24	Jan	65	-0,43277
Feb	7,68	1,54	Feb	65	-0,42737
Mar	11,44	3,40	Mar	65	-0,40768
Apr	17,12	6,60	Apr	65	-0,37657
May	16,60	7,76	May	52,5	-0,37432
Jun	21,16	11,32	Jun	52,5	-0,34587
Jul	25,26	14,38	Jul	52,5	-0,32079
Aug	24,90	13,70	Aug	52,5	-0,32443
Sep	22,46	10,88	Sep	52,5	-0,34286
Oct	16,60	8,26	Oct	65	-0,37257
Nov	10,00	4,50	Nov	65	-0,40887
Dec	8,15	1,18	Dec	65	-0,42699

Calculate Beta

?

OK

Cancel

Para el apartado de información del combustible

**Fuel Information**

**Annual Fuel Consumption**

Provide Fuel Consumption in...  
 ...tonnes  
 ...TJ

Fuel	Annual Consumption (t)
Gasoline Leaded	0
Gasoline Unleaded	0
Diesel	0
LPG	0
CNG	0
Biodiesel	0

☐ Apply Statistical Fuel Correction

**Fuel Specifications**

Fuel	Sulphur Content (%wt)	Lead Content (g/l)	H:C Ratio (-)	O:C Ratio (-)	Cadmium Content (mg/kg)	Copper Content (mg/kg)	Chromium Content (mg/kg)	Nickel Content (mg/kg)	Selenium Content (mg/kg)	Zinc Content (mg/kg)
Gasoline Leaded	0	0	1.92	0	0.01	1.7	0.05	0.07	0.01	1
Gasoline Unleaded	0	0	1.89	0.016	0.01	1.7	0.05	0.07	0.01	1
Diesel	0	0	1.86	0.005	0.01	1.7	0.05	0.07	0.01	1
LPG	0	0	2.525	0	0	0	0	0	0	0
CNG	0	0	3.9	0	0	0	0	0	0	0
Biodiesel	0	0	1.86	0	0	0	0	0	0	0

Advanced

Dentro de Avanzado, se decide tomar los datos referentes a 2009.

**Improved Fuel Quality Specifications**

**Gasoline**

Year	E100 (%v/v)	E150 (%v/v)	Aromatics (%v/v)	Olefins (%v/v)	Benzene (%v/v)	Sulphur (mg/kg)
1996	52	86	39	10	2.1	150
2000	52	86	37	10	0.8	0
2005	52	86	33	10	0.8	0
2009	52	86	33	10	0.8	0

**Diesel**

Year	Density (kg/m3)	PCA (% v/v)	CN	T95 (oC)	Sulphur (mg/kg)
1996	840	9	51	350	400
2000	840	7	53	330	0
2005	835	5	53	320	0
2009	835	5	53	320	0

Fuel considered for the calculations:

En el siguiente paso se debe escoger los vehículos que se usarán en el estudio, de entre una infinidad de tipos que contiene el programa. Se muestra la parte escogida en vehículos de carga ligera, debido a que los pesados no pueden ser mostrados completamente por el gran número de estos.

**Add/Delete Vehicles for the 'Activity Data' forms**

☐ Show all Sectors

Passenger Cars  
**Light Duty Vehicles**  
 Heavy Duty Trucks  
 Buses  
 Mopeds  
 Motorcycles

Types of vehicles

☒ All  
☐ COPERT's Default  
☐ User Defined

Apply this Fleet Configuration to the following years:

Select all the vehicles that you want to add to the 'Activity Data' forms.  
 Unselect all the vehicles that you want to delete from the 'Activity Data' forms.

Select	Sector	Subsector	Legislation Standard	Default Type	Fuel Type
<input type="checkbox"/>	Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	Conventional	<input checked="" type="checkbox"/>	Gasoline Leaded
<input type="checkbox"/>	Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	LD Euro 1 - 93/59/EEC	<input checked="" type="checkbox"/>	Gasoline Unleaded
<input type="checkbox"/>	Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	<input checked="" type="checkbox"/>	Gasoline Unleaded
<input type="checkbox"/>	Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	LD Euro 3 - 98/69/EC Stag	<input checked="" type="checkbox"/>	Gasoline Unleaded
<input type="checkbox"/>	Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	LD Euro 4 - 98/69/EC Stag	<input checked="" type="checkbox"/>	Gasoline Unleaded
<input type="checkbox"/>	Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	LD Euro 5 - 2008 Standard	<input checked="" type="checkbox"/>	Gasoline Unleaded
<input type="checkbox"/>	Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	LD Euro 6	<input checked="" type="checkbox"/>	Gasoline Unleaded
<input checked="" type="checkbox"/>	Light Duty Vehicles	Diesel <3,5 t	Conventional	<input checked="" type="checkbox"/>	Diesel
<input checked="" type="checkbox"/>	Light Duty Vehicles	Diesel <3,5 t	LD Euro 1 - 93/59/EEC	<input checked="" type="checkbox"/>	Diesel
<input checked="" type="checkbox"/>	Light Duty Vehicles	Diesel <3,5 t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	<input checked="" type="checkbox"/>	Diesel
<input checked="" type="checkbox"/>	Light Duty Vehicles	Diesel <3,5 t	LD Euro 3 - 98/69/EC Stag	<input checked="" type="checkbox"/>	Diesel
<input checked="" type="checkbox"/>	Light Duty Vehicles	Diesel <3,5 t	LD Euro 4 - 98/69/EC Stag	<input checked="" type="checkbox"/>	Diesel
<input checked="" type="checkbox"/>	Light Duty Vehicles	Diesel <3,5 t	LD Euro 5 - 2008 Standard	<input checked="" type="checkbox"/>	Diesel
<input type="checkbox"/>	Light Duty Vehicles	Diesel <3,5 t	LD Euro 6	<input checked="" type="checkbox"/>	Diesel

Select All    Unselect All    ?    OK    Cancel

Para introducir los datos que el programa requiere sobre la flota de vehículos escogida, se realizó un difícil y largo tratamiento de los datos, tal y como se expuso anteriormente en este proyecto (apartado 4.2.2.2). A pesar de que estos cálculos se podrán consultar en su totalidad en el CD del proyecto, se cree interesante aportar una muestra de ellos.

CAMIONES Y FURGONETAS								MÁS DE 9.999 KG ART	TOTAL
	HASTA 999 KG	DE 1.000 KG A 1.499 KG	DE 1.500 KG A 2.999 KG	DE 3.000 KG A 4.999 KG	DE 5.000 KG A 6.999 KG	DE 7.000 KG A 9.999 KG	MÁS DE 9.999 KG RIG		
Antes de 1990	477.285	121.007	36.358	21.877	11.946	16.170	31.843	716.486	731.107
1990	78.039	15.113	5.363	3.230	1.490	2.112	3.625	108.972	110.972
1991	82.450	15.957	4.865	2.635	1.336	1.989	3.078	112.310	113.975
1992	98.536	15.646	4.668	2.652	1.223	1.867	2.379	126.971	128.347
1993	77.953	9.995	3.001	1.565	796	1.102	1.164	95.576	96.335
1994	88.852	12.043	3.331	1.847	723	1.181	1.475	109.452	110.814
1995	93.611	13.927	4.490	2.303	1.076	1.579	1.632	118.618	121.505
1996	114.216	14.334	5.270	2.402	1.087	1.645	1.564	140.518	143.633
1997	144.286	18.909	6.734	2.997	1.451	2.238	2.313	178.928	183.918
1998	171.687	23.075	8.529	3.445	1.705	2.700	3.240	214.381	221.165
1999	207.251	28.341	10.643	3.982	2.236	3.716	4.683	260.852	270.456
2000	203.645	30.411	12.642	3.922	2.314	3.800	5.038	261.772	272.731
2001	198.941	30.528	12.904	3.950	2.320	3.969	5.677	258.289	270.558
2002	188.007	31.847	10.951	3.483	2.252	4.042	5.760	246.342	258.767
2003	212.471	42.454	10.329	3.550	2.221	4.194	6.714	281.933	295.769
2004	240.939	49.053	11.653	3.748	2.527	4.020	7.162	319.102	335.295
2005	283.045	51.617	11.950	4.015	2.823	4.700	7.546	365.696	384.251
2006	289.032	53.139	12.591	4.026	2.628	4.804	8.059	374.279	393.927
2007	286.536	55.601	15.367	4.129	2.864	4.905	8.022	377.424	399.372
2008	153.744	32.214	9.607	3.005	2.263	3.329	4.995	209.157	224.740
2009	102.921	17.913	5.622	1.387	1.061	1.294	1.710	131.908	137.597
2010	92.876	15.348	5.121	1.174	751	1.138	2.042	118.450	123.639
Total	3.886.323	698.472	211.989	85.324	49.093	76.494	119.721	5.127.416	5.328.873

Que se transforman a lo que el programa nos solicita.

LIGHT DUTY VEHICLES	
Antes del 94	1.046.236
94-98	520.003
98-2001	696.224
2001-2006	1.386.689
2006-2010	1.034.287
Desde 2010	113.345

HEAVY DUTY VEHICLES				
	Rigid<=7,5 t	Rigid7,5-12 t	>10t rigid	>10t artic
Antes del 92	42.514	20.271	38.546	18.286
92-96	12.185	5.729	6.650	6.384
96-2000	19.305	10.299	11.800	24.493
2000-2005	30.287	20.025	30.351	65.682
2005-2008	20.485	14.409	23.627	60.151
Desde 08	9.641	5.761	8.747	26.461

REPARTO EN TANTO POR UNO SECTOR POR PESO	ESTIMACION ANTIGUEDAD (AÑOS)			POPULATION	ANNUAL MILEAGE (KM/AÑO)	MEAN FLEET MILEAGE
	años		<b>LIGHT DUTY VEHICLES</b>			
1,0000	17	Diesel <3,5 t	Conventional	1046236	50000	850000
	15	Diesel <3,5 t	LD Euro 1 - 93/59/EEC	520003	50000	750000
	12	Diesel <3,5 t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	696224	50000	600000
	8	Diesel <3,5 t	LD Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	1386689	50000	400000
	3	Diesel <3,5 t	LD Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	1034287	50000	150000
	1	Diesel <3,5 t	LD Euro 5 - 2008 Standards	113345	50000	50000
			<b>HEAVY DUTY VEHICLES</b>			
1,0000	19	Rigid <=7,5 t	Conventional	42514	60000	1140000
	17	Rigid <=7,5 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	12185	60000	1020000
	13	Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	19305	60000	780000
	9	Rigid <=7,5 t	HD Euro III - 2000 Standards	30287	60000	540000
	5	Rigid <=7,5 t	HD Euro IV - 2005 Standards	20485	60000	300000
	3	Rigid <=7,5 t	HD Euro V - 2008 Standards	9641	60000	180000
1,0000	19	Rigid 7,5 - 12 t	Conventional	20271	70000	1330000
	17	Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	5729	70000	1190000
	13	Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	10299	70000	910000
	9	Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro III - 2000 Standards	20025	70000	630000
	5	Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro IV - 2005 Standards	14409	70000	350000
	3	Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro V - 2008 Standards	5761	70000	210000
0,1667	19	Rigid 12 - 14 t	Conventional	6424	80000	1520000
	17	Rigid 12 - 14 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	1108	80000	1360000
	13	Rigid 12 - 14 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	1967	80000	1040000
	9	Rigid 12 - 14 t	HD Euro III - 2000 Standards	5059	80000	720000
	5	Rigid 12 - 14 t	HD Euro IV - 2005 Standards	3938	80000	400000
	3	Rigid 12 - 14 t	HD Euro V - 2008 Standards	1458	80000	240000
0,1667	19	Rigid 14 - 20 t	Conventional	6424	90000	1710000
	17	Rigid 14 - 20 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	1108	90000	1530000
	13	Rigid 14 - 20 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	1967	90000	1170000
	9	Rigid 14 - 20 t	HD Euro III - 2000 Standards	5059	90000	810000
	5	Rigid 14 - 20 t	HD Euro IV - 2005 Standards	3938	90000	450000
	3	Rigid 14 - 20 t	HD Euro V - 2008 Standards	1458	90000	270000
0,1667	19	Rigid 20 - 26 t	Conventional	6424	95000	1805000
	17	Rigid 20 - 26 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	1108	95000	1615000
	13	Rigid 20 - 26 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	1967	95000	1235000
	9	Rigid 20 - 26 t	HD Euro III - 2000 Standards	5059	95000	855000
	5	Rigid 20 - 26 t	HD Euro IV - 2005 Standards	3938	95000	475000
	3	Rigid 20 - 26 t	HD Euro V - 2008 Standards	1458	95000	285000
0,1667	19	Rigid 26 - 28 t	Conventional	6424	95000	1805000
	17	Rigid 26 - 28 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	1108	95000	1615000
	13	Rigid 26 - 28 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	1967	95000	1235000
	9	Rigid 26 - 28 t	HD Euro III - 2000 Standards	5059	95000	855000
	5	Rigid 26 - 28 t	HD Euro IV - 2005 Standards	3938	95000	475000
	3	Rigid 26 - 28 t	HD Euro V - 2008 Standards	1458	95000	285000



0,1667	19	Rigid 28 - 32 t	Conventional	6424	100000	1900000
	17	Rigid 28 - 32 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	1108	100000	1700000
	13	Rigid 28 - 32 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	1967	100000	1300000
	9	Rigid 28 - 32 t	HD Euro III - 2000 Standards	5059	100000	900000
	5	Rigid 28 - 32 t	HD Euro IV - 2005 Standards	3938	100000	500000
	3	Rigid 28 - 32 t	HD Euro V - 2008 Standards	1458	100000	300000
0,1667	19	Rigid >32 t	Conventional	6424	105000	1995000
	17	Rigid >32 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	1108	105000	1785000
	13	Rigid >32 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	1967	105000	1365000
	9	Rigid >32 t	HD Euro III - 2000 Standards	5059	105000	945000
	5	Rigid >32 t	HD Euro IV - 2005 Standards	3938	105000	525000
	3	Rigid >32 t	HD Euro V - 2008 Standards	1458	105000	315000
0,0333	19	Articulated 14 - 20 t	Conventional	610	110000	2090000
	17	Articulated 14 - 20 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	213	110000	1870000
	13	Articulated 14 - 20 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	816	110000	1430000
	9	Articulated 14 - 20 t	HD Euro III - 2000 Standards	2189	110000	990000
	5	Articulated 14 - 20 t	HD Euro IV - 2005 Standards	2005	110000	550000
	3	Articulated 14 - 20 t	HD Euro V - 2008 Standards	882	110000	330000
0,0333	19	Articulated 20 - 28 t	Conventional	610	115000	2185000
	17	Articulated 20 - 28 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	213	115000	1955000
	13	Articulated 20 - 28 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	816	115000	1495000
	9	Articulated 20 - 28 t	HD Euro III - 2000 Standards	2189	115000	1035000
	5	Articulated 20 - 28 t	HD Euro IV - 2005 Standards	2005	115000	575000
	3	Articulated 20 - 28 t	HD Euro V - 2008 Standards	882	115000	345000
0,0333	19	Articulated 28 - 34 t	Conventional	610	120000	2280000
	17	Articulated 28 - 34 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	213	120000	2040000
	13	Articulated 28 - 34 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	816	120000	1560000
	9	Articulated 28 - 34 t	HD Euro III - 2000 Standards	2189	120000	1080000
	5	Articulated 28 - 34 t	HD Euro IV - 2005 Standards	2005	120000	600000
	3	Articulated 28 - 34 t	HD Euro V - 2008 Standards	882	120000	360000
0,9000	19	Articulated 34 - 40 t	Conventional	16457	120000	2280000
	17	Articulated 34 - 40 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	5746	120000	2040000
	13	Articulated 34 - 40 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	22044	120000	1560000
	9	Articulated 34 - 40 t	HD Euro III - 2000 Standards	59114	120000	1080000
	5	Articulated 34 - 40 t	HD Euro IV - 2005 Standards	54136	120000	600000
	3	Articulated 34 - 40 t	HD Euro V - 2008 Standards	23815	120000	360000

Todos estos datos que pide el programa se introducen en la ventana habilitada a tal efecto que se muestra a continuación.

The screenshot shows a software window titled "Input Fleet Data". At the top right, there is a dropdown menu labeled "Sector:" with "Heavy Duty Trucks" selected. Below this is a table with the following columns: "Subsector", "Legislation Standard", "Population", "Mileage (km/year)", and "Mean fleet mileage (km)". The table lists various vehicle categories and their corresponding standards, population, and mileage data. At the bottom of the window, there are three buttons: a question mark icon, an "OK" button with a green checkmark, and a "Cancel" button with a red X.

Subsector	Legislation Standard	Population	Mileage (km/year)	Mean fleet mileage (km)
▶ Rigid <=7,5 t	Conventional	42514	60000	1140000
Rigid <=7,5 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage	12185	60000	1020000
Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stag	19305	60000	780000
Rigid <=7,5 t	HD Euro III - 2000 Standards	30287	60000	540000
Rigid <=7,5 t	HD Euro IV - 2005 Standards	20485	60000	300000
Rigid <=7,5 t	HD Euro V - 2008 Standards	9641	60000	180000
Rigid 7,5 - 12 t	Conventional	20271	70000	1330000
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage	5729	70000	1190000
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stag	10299	70000	910000
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro III - 2000 Standards	20025	70000	630000
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro IV - 2005 Standards	14409	70000	350000
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro V - 2008 Standards	5761	70000	210000
Rigid 12 - 14 t	Conventional	6424	80000	1520000
Rigid 12 - 14 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage	1108	80000	1360000
Rigid 12 - 14 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stag	1967	80000	1040000
Rigid 12 - 14 t	HD Euro III - 2000 Standards	5059	80000	720000
Rigid 12 - 14 t	HD Euro IV - 2005 Standards	3938	80000	400000



Se solicitan los datos de porcentaje de cada tipo de vía en la ruta, así como la velocidad media de circulación posible, a lo largo de cada tipo.

Subsector	Legislation Standard	Speed (km/h)			Driving Share (%)		
		Urban	Rural	Highway	Urban	Rural	Highway
Rigid <=7,5 t	Conventional	0	0	86,9	0	0	100
Rigid <=7,5 t	HD Euro I - 91/542/EEC	0	0	86,9	0	0	100
Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC	0	0	86,9	0	0	100
Rigid <=7,5 t	HD Euro III - 2000 Stand	0	0	86,9	0	0	100
Rigid <=7,5 t	HD Euro IV - 2005 Stand	0	0	86,9	0	0	100
Rigid <=7,5 t	HD Euro V - 2008 Stand	0	0	86,9	0	0	100
Rigid 7,5 - 12 t	Conventional	0	0	86,9	0	0	100
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro I - 91/542/EEC	0	0	86,9	0	0	100
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro II - 91/542/EEC	0	0	86,9	0	0	100
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro III - 2000 Stand	0	0	86,9	0	0	100
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro IV - 2005 Stand	0	0	86,9	0	0	100
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro V - 2008 Stand	0	0	86,9	0	0	100
Rigid 12 - 14 t	Conventional	0	0	86,9	0	0	100
Rigid 12 - 14 t	HD Euro I - 91/542/EEC	0	0	86,9	0	0	100
Rigid 12 - 14 t	HD Euro II - 91/542/EEC	0	0	86,9	0	0	100

Los datos introducidos hasta ahora, son los mínimos necesarios para poder obtener resultados del programa, pero en este proyecto se intenta obtener los mejores datos que el programa permite, y por eso, se continúa introduciendo todos los datos que nos es posible encontrar.

De este modo, los primeros datos opcionales que se introducen son los correspondientes a porcentaje de carga por tipo de vía y el número de ejes por tipo de vehículo.

Subsector	Legislation Standard	Load Percentage (%)			Number of axles
		Urban	Rural	Highway	
Rigid <=7,5 t	Conventional	90	90	90	2
Rigid <=7,5 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	90	90	90	2
Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	90	90	90	2
Rigid <=7,5 t	HD Euro III - 2000 Standards	90	90	90	2
Rigid <=7,5 t	HD Euro IV - 2005 Standards	90	90	90	2
Rigid <=7,5 t	HD Euro V - 2008 Standards	90	90	90	2
Rigid 7,5 - 12 t	Conventional	90	90	90	2
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	90	90	90	2
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	90	90	90	2
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro III - 2000 Standards	90	90	90	2
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro IV - 2005 Standards	90	90	90	2
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro V - 2008 Standards	90	90	90	2
Rigid 12 - 14 t	Conventional	90	90	90	2
Rigid 12 - 14 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	90	90	90	2

Se introduce también la media de la pendiente ascendente por tipo de vía.

Sector: Heavy Duty Trucks

Speed (km/h)

Subsector	Legislation Standard	Urban	Rural	Highway
Rigid <=7,5 t	Conventional	0,00	0,00	86,90
Rigid <=7,5 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	0,00	0,00	86,90
Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,00	0,00	86,90
Rigid <=7,5 t	HD Euro III - 2000 Standards	0,00	0,00	86,90
Rigid <=7,5 t	HD Euro IV - 2005 Standards	0,00	0,00	86,90
Rigid <=7,5 t	HD Euro V - 2008 Standards	0,00	0,00	86,90
Rigid 7,5 - 12 t	Conventional	0,00	0,00	86,90
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	0,00	0,00	86,90
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,00	0,00	86,90
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro III - 2000 Standards	0,00	0,00	86,90
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro IV - 2005 Standards	0,00	0,00	86,90
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro V - 2008 Standards	0,00	0,00	86,90

Apply Road Slope Correction...

Slope Class (%):

Urban	Rural	Highway
<input type="radio"/> -6	<input type="radio"/> -6	<input type="radio"/> -6
<input type="radio"/> -4	<input type="radio"/> -4	<input type="radio"/> -4
<input type="radio"/> -2	<input type="radio"/> -2	<input type="radio"/> -2
<input checked="" type="radio"/> 0	<input checked="" type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 0
<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 2
<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 4
<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 6

? OK Cancel

Se validan varios parámetros calculados por el propio programa, pero que no requieren introducción de datos adicionales por parte del usuario. Estos parámetros calculan características de los vehículos con matriculados, y con norma aplicable Euro V.

Sector: Heavy Duty Trucks

Subsector	EGR ratio (%)	SCR ratio (%)
Rigid <=7,5 t	23,8	76,2
Rigid 7,5 - 12 t	23,8	76,2
Rigid 12 - 14 t	23,8	76,2
Rigid 14 - 20 t	23,8	76,2
Rigid 20 - 26 t	23,8	76,2
Rigid 26 - 28 t	23,8	76,2
Rigid 28 - 32 t	23,8	76,2
Rigid >32 t	23,8	76,2
Articulated 14 - 20 t	23,8	76,2
Articulated 20 - 28 t	23,8	76,2
Articulated 28 - 34 t	23,8	76,2
Articulated 34 - 40 t	23,8	76,2

? OK Cancel

Parte de NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrógeno) contenida en los NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno).

Share of NO2 to NOX

Sector: Light Duty Vehicles

Subsector	Legislation Standard	NO2/NOX primary mass ratio (%)
► Diesel <3,5 t	Conventional	11
Diesel <3,5 t	LD Euro 1 - 93/59/EEC	11
Diesel <3,5 t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	11
Diesel <3,5 t	LD Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	25
Diesel <3,5 t	LD Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	55
Diesel <3,5 t	LD Euro 5 - 2008 Standards	N/A

? OK Cancel

Fracción de carbón existente en las partículas sólidas emitidas en el escape.

Fraction of Elemental and Organic Carbon in exhaust PM

Sector: Heavy Duty Trucks

Subsector	Legislation Standard	EC/PM2.5 ratio (%)	OM/EC ratio (%)
► Rigid <=7,5 t	Conventional	50	80
Rigid <=7,5 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	65	40
Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	65	40
Rigid <=7,5 t	HD Euro III - 2000 Standards	70	30
Rigid <=7,5 t	HD Euro IV - 2005 Standards	75	25
Rigid <=7,5 t	HD Euro V - 2008 Standards	75	25
Rigid 7,5 - 12 t	Conventional	50	80
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	65	40
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	65	40
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro III - 2000 Standards	70	30
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro IV - 2005 Standards	75	25
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro V - 2008 Standards	75	25
Rigid 12 - 14 t	Conventional	50	80
Rigid 12 - 14 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	65	40
Rigid 12 - 14 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	65	40
Rigid 12 - 14 t	HD Euro III - 2000 Standards	70	30
Rigid 12 - 14 t	HD Euro IV - 2005 Standards	75	25

? OK Cancel

Parámetros del coeficiente beta, para el factor de reducción (en monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles).

**β-parameter reduction factor (bc)**

Pollutant: **CO**

rd      Euro No      Reduction Factor

PC Euro 2 - 94/12/EEC	2	0,72
PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	3	0,62
PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	4	0,18
PC Euro 5 - EC 715/2007	5	0,18
PC Euro 6 - EC 715/2007	6	0,18
LD Euro 2 - 96/69/EEC	2	0,72
LD Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	3	0,62
LD Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	4	0,18
LD Euro 5 - 2008 Standards	5	0,18
LD Euro 6	6	0,18

? OK Cancel

Tas la validación de los parámetros anteriores, se aplican los dos últimos parámetros que si requieren la actuación del usuario. Es el caso, en primer lugar de los parámetros del factor de emisiones en caliente, que requiere la introducción de los límites máximos y mínimos de velocidad para cada tipo de vía, y estos para una gran cantidad de compuestos contaminantes (CO, NO<sub>x</sub>, VOC, PM, FC, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> y N<sub>2</sub>O).

**Hot Emission Factors Parameters**

Pollutant: **CO**      Speed Range: ☒ 1   ☐ 2   ☐ 3      Sector: **Heavy Duty Trucks**

Urban Mode   Rural Mode   Highway Mode

Subsector	Legislation Standard	Speed Limits (km/h)		Coefficients										Include Speed Limit			
		Low	Top	Alpha	Beta	Gamma	Delta	Epsilon	Zeta	Ita	Thita	RF	Low	Top			
Rigid <=7,5 t	Conventional	35	70	1,218635	19,7976	-0,04981	0,54840	0,03187	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid <=7,5 t	HD Euro I - 91/542/EEC	35	70	-3,80297	0,00086	-0,06257	1,96146	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC	35	70	0,460492	1,91052	-0,04233	-0,20180	0,11130	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid <=7,5 t	HD Euro III - 2000 Stand	35	70	-5,00552	0,00100	-0,06776	2,01739	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid <=7,5 t	HD Euro IV - 2005 Stand	35	70	8,072729	1,01231	-1,00935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid <=7,5 t	HD Euro V - EGR	35	70	0,001111	1,05911	6,57620	-0,87220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid <=7,5 t	HD Euro V - SCR	35	70	0,602434	5,06548	-1,17925	-0,45484	0,14346	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid 7,5 - 12 t	Conventional	35	70	1,390586	38,2093	-0,01103	0,71665	0,03117	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro I - 91/542/EEC	35	70	0,744827	9,34248	-0,08981	0,34558	0,05584	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro II - 91/542/EEC	35	70	0,714992	2,55912	0,36159	-0,18008	0,10725	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro III - 2000 Stand	35	70	0,724264	3,41918	1,04687	0,07093	0,08384	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro IV - 2005 Stand	35	70	1,053073	-0,26511	33,8346	-1,53901	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro V - EGR	35	70	24,58902	-1,32866	0,58196	-0,15017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro V - SCR	35	70	0,211326	0,23495	25,0222	-1,05381	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid 12 - 14 t	Conventional	35	70	62,29327	1,00914	-0,98886	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid 12 - 14 t	HD Euro I - 91/542/EEC	35	70	0,842524	14,6766	-0,24243	0,44632	0,05314	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid 12 - 14 t	HD Euro II - 91/542/EEC	35	70	0,801494	3,27035	0,31738	-0,05724	0,09544	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid 12 - 14 t	HD Euro III - 2000 Stand	35	70	0,825701	6,65553	0,24822	0,09884	0,07962	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid 12 - 14 t	HD Euro IV - 2005 Stand	35	70	15,03750	1,01008	-1,00544	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigid 12 - 14 t	HD Euro V - EGR	35	70	15,38518	1,00999	-1,00743	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Select a specific vehicle category and Add or Delete a Speed Range for it:

Add Range   Delete Range   Formula   ? OK Cancel

En segundo lugar, los parámetros del factor de emisiones en frío, requiere la introducción de los límites mínimos y máximos absolutos (mínimo menor y máximo mayor) que se dan en el conjunto de los tres tipos de vías y los límites mínimos y máximos de temperatura en España, todos estos para cada mes del año y para varios compuestos contaminantes (CO, NOx, VOC, PM, FC)

**Cold Emission Factors Parameters**

Pollutant: **CO** | Speed Range: **1** | Sector: **Light Duty Vehicles**

Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec

Subsector	Legislation Standard	Speed Limits (km/h)		Temperature Limits (°C)		Coefficients			Include Speed Limit		Include Temp Limit	
		Low	Top	Low	Top	A	B	C	Top	Low	Top	
Diesel <3.5 t	Conventional	25	90	-10	45	0	-0.03	1.9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Diesel <3.5 t	LD Euro 1 - 93/59/EEC	25	90	-10	45	0	-0.03	1.9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Diesel <3.5 t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	25	90	-10	45	0	-0.03	1.9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Diesel <3.5 t	LD Euro 3 - 98/69/EC St	25	90	-10	45	0	-0.03	1.9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Diesel <3.5 t	LD Euro 4 - 98/69/EC St	25	90	-10	45	0	-0.03	1.9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Diesel <3.5 t	LD Euro 5 - 2008 Standa	25	90	-10	45	0	-0.03	1.9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Select a specific vehicle category and Add or Delete a Speed Range for it:

Add Range | Delete Range | Apply Changes to all Months | ? | OK | Cancel

Llegados a este punto, cuando ya hemos introducido todos los datos posibles, debemos abrir la consola correspondiente al cálculo de emisiones, y presionar el botón correspondiente al cálculo de “Todas las emisiones (incluyendo todos los factores)” para que el programa realice los cálculos deseados.

**COPERT 4 version 8.1** - C:\Users\Miguel Angel\Cosas\mis cosas\universidad\2010-2011\Miguel Angel\aforos, matriculaciones, flujos carreteras\contaminacion gases\

File | Country | Fleet Configuration | Activity Data | Calculation Factors | Emissions | Advanced | Help

**Total Emissions**

Pollutant: **PM10** | Sector: **Heavy Duty Trucks**

Total Emission: **PM (exhaust)**

Legislation Standard	Emissions (t)		
	Urban	Rural	Highway
Conventional	0	0	1548
Rigid <=7.5 t	0	0	94.1
HD Euro I - 91/542/EEC Sta	0	0	112.3
Rigid <=7.5 t	0	0	132.6
HD Euro II - 91/542/EEC Sta	0	0	56.6
Rigid <=7.5 t	0	0	24.37
HD Euro III - 2000 Standard	0	0	342.4
Rigid <=7.5 t	0	0	67.49
HD Euro IV - 2005 Standard	0	0	97.68
Rigid <=7.5 t	0	0	138.5
HD Euro V - 2008 Standards	0	0	52.49
Rigid 7.5 - 12 t	0	0	19.27
Conventional	0	0	140.1
Rigid 7.5 - 12 t	0	0	16.6
HD Euro I - 91/542/EEC Sta	0	0	23.16
Rigid 7.5 - 12 t	0	0	43.5
HD Euro II - 91/542/EEC Sta	0	0	16.58
Rigid 7.5 - 12 t	0	0	5.774
HD Euro III - 2000 Standard	0	0	188.6
Rigid 7.5 - 12 t	0	0	
HD Euro IV - 2005 Standard	0	0	
Rigid 7.5 - 12 t	0	0	
HD Euro V - 2008 Standards	0	0	

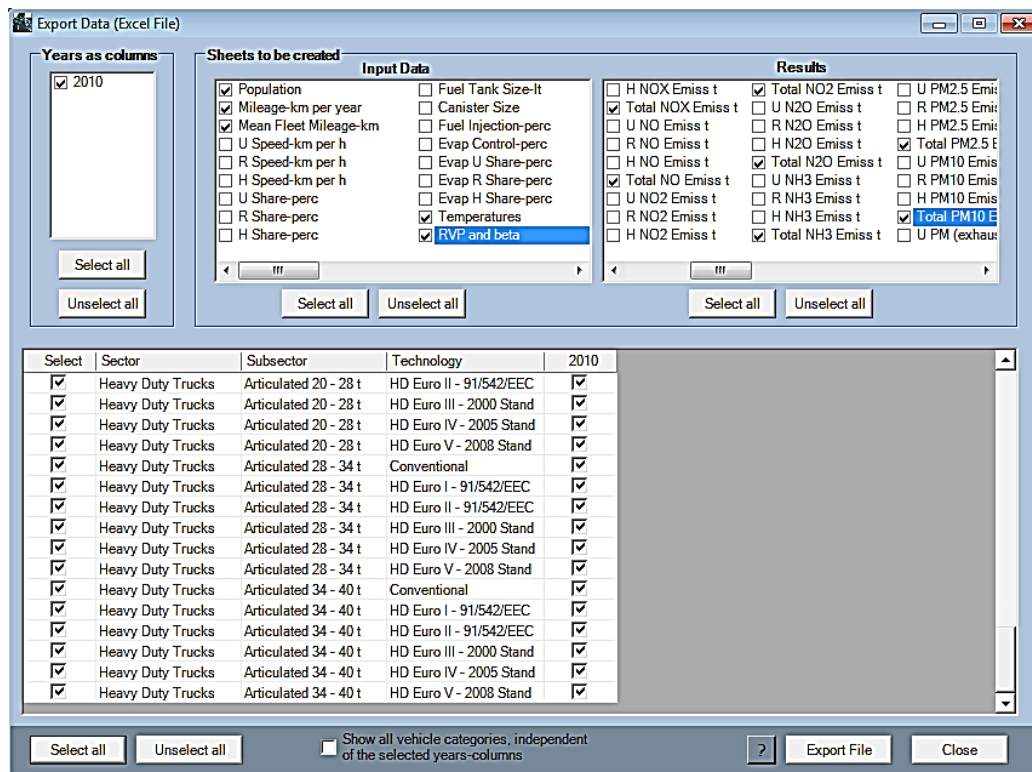
Recalculate:

Hot Emissions | Cold Emissions | Evaporation Emissions | All Emissions | All Emissions (including all factors) | Close

**Hide Run Details**

Country: Spain-Navarra-A1  
 Year: 2010  
 Beta: Calculated  
 Apply Statistical Fuel Correction: No  
 Mileage Degradation: No  
 Mileage Degrad. Factors: Calculated  
 Fuel Effect Year: 2009  
 Fuel Effect Factors: Calculated  
 Hot Emission Factors: Calculated  
 Cold Emission Factors: Calculated  
 Evaporation Factors: Calculated  
 Hot Emissions: Calculated  
 Cold Emissions: Calculated  
 Evaporation Emissions: Calculated  
 Advanced  
 Load Effect: Yes  
 Slope Effect: Yes

Escogiendo las pestañas correspondientes, podemos disponer de los datos calculados para cada componente, tipo de vehículo y tipo de vía. Existe también otro método para la obtención de los datos, mediante exportar datos a un archivo de Excel. Esta segunda manera de obtener los datos es la utilizada en el presente proyecto, debido a que quedan seleccionados los componentes que interesan, prescindiendo de un sinfín de componentes que no tendremos en cuenta en la comparación de las alternativas.



A continuación se muestra un ejemplo de cómo exporta los datos el programa (incluidos CD).

Sector	Subsector	Technology	2010
Light Duty Vehicles	Diesel <3,5 t	Conventional	52904,76343
Light Duty Vehicles	Diesel <3,5 t	LD Euro 1 - 93/59/EEC	11818,69297
Light Duty Vehicles	Diesel <3,5 t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	15823,86581
Light Duty Vehicles	Diesel <3,5 t	LD Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	27672,15487
Light Duty Vehicles	Diesel <3,5 t	LD Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	16827,63588
Light Duty Vehicles	Diesel <3,5 t	LD Euro 5 - 2008 Standards	1844,099741
Heavy Duty Trucks	Rigid <=7,5 t	Conventional	11810,36172
Heavy Duty Trucks	Rigid <=7,5 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	472,2574848
Heavy Duty Trucks	Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	593,9894468
Heavy Duty Trucks	Rigid <=7,5 t	HD Euro III - 2000 Standards	874,7380109
Heavy Duty Trucks	Rigid <=7,5 t	HD Euro IV - 2005 Standards	324,8894056
Heavy Duty Trucks	Rigid <=7,5 t	HD Euro V - 2008 Standards	313,1421142
Heavy Duty Trucks	Rigid 7,5 - 12 t	Conventional	2430,203389
Heavy Duty Trucks	Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	360,297,797,545,687
Heavy Duty Trucks	Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	586,0356522
Heavy Duty Trucks	Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro III - 2000 Standards	1167,111117
Heavy Duty Trucks	Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro IV - 2005 Standards	377,3552276
Heavy Duty Trucks	Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro V - 2008 Standards	305,9629244
Heavy Duty Trucks	Rigid 12 - 14 t	Conventional	977,940969
Heavy Duty Trucks	Rigid 12 - 14 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	89,29550316

En las hojas de emisiones de los componentes que nos interesan, se realiza la suma total de estos, que tras ser tratados de forma conveniente, se incorporan a una tabla que recopila la información.

Emisiones totales del componente o conjunto de ellos por alternativa en 2010					
Alternativa	1	2	3	4	5
Distancia	43,5	62,5	67,5	58	46,1
CO	202860,83	177000,07	175043,28	186781,24	178888,04
COV	27712,24	29331,81	30171,45	36275,03	29789,43
NOx	507712,84	507588,66	517349,20	604821,18	515460,43
PS (PM10+PM2.5)	34432,59	29563,39	28985,36	28655,76	29749,07
CO2	87104367,14	82314033,60	82640071,24	91031616,07	83623068,38
TOTAL CONTAMINANTES (t)	87877085,65	83057517,54	83391620,53	91888149,28	84376955,36
TOTAL (t / km)	2020162,89	1328920,28	1235431,42	1584278,44	1830302,72
TOTAL (t / km)/veh	0,38	0,25	0,23	0,30	0,34

De este modo, podemos mostrar la contaminación de gases por alternativa, para poder ser comparada, de la siguiente manera.

Emisión contaminante total de gases por alternativa en 2010					
Alternativa	1	2	3	4	5
TOTAL (t / km)/veh	0,38	0,25	0,23	0,30	0,34



### 5.3 Estudio de la contaminación acústica y datos totales.

En el estudio en que nos encontramos, se van a exponer los cálculos realizados en la alternativa 3, de forma que las demás alternativas se harían de un modo similar, con las correspondientes modificaciones pertinentes. La información correspondiente al resto de alternativas queda a disposición del lector en el CD que acompaña a este proyecto.

Comenzamos mostrando cómo se clasifican las poblaciones de referencia (con medidas en el estudio profesional), en este caso, lo haremos para una de las que pertenecen a la ruta 3, puesto que es la que se explica en este apartado.

De las tres poblaciones de referencia que contiene la ruta, elegimos Olagüe. Los datos que aporta la empresa Acústica Arquitectónica S.A. son los siguientes.

Población	Punto	Distancia [m]	Leq
Olagüe	1	60	51
	2	215	50,9

Mediante los estudios de población afectada (mostrados en Anexo 6) se añade la información a la que teníamos, y nos permitirá clasificar la población de referencia (tipo 2) según los criterios mostrados en la tabla correspondiente. Para ver como cruza la vía por la población, se busca ésta en Google Earth.



En las vistas aéreas que nos posibilita el programa, podemos ver que la carretera no cruza por el núcleo del pueblo (A), ni es tangencial a las viviendas (B), por lo tanto está a distancia de la vía, lo que posibilita clasificarla en tipo 1 como C. Esto mismo se realizará con las demás poblaciones de referencia, así como identificar en el programa los puntos en los que se realizaron las mediciones sonoras.

De este modo, las poblaciones de referencia quedan.

Población	Punto	Distancia [m]	Leq	Población afectada	Clasificación Tipo 1	Clasificación Tipo 2
Olagüe	1	60	51	182	C	150
	2	215	50,9	182	C	150
Sunbilla	1	20	60,5	290	B-C	300
	2	350	54,2	290	B-C	300
Irurita	1	1	63	671	A	700
	2	50	44,2	671	A	700
Elizondo	1	1,5	66,9	2236	A	2500
	2	50	47,8	2236	A	2500
Iruztzun	1	0	69,5	1659	B-C	1500
	2	60	57	1659	B-C	1500
	3	120	49,9	1659	B-C	1500
Gorriti	1	350	41,2	73	C	150
	2	120	47,2	73	C	150
Berrioplano	1	0	74,5	64 (Iarragueta)	B-C >600m	150
	2	120	59,4	64 (Iarragueta)	B-C >600m	150
Zubiri	1	1,5	74,5	460	A-B	700
	2	50	59,4	460	A-B	700
Espinal	1	0	61,7	220	A	150
	2	70	39,4	220	A	150
Liédena	1	0	70	297	B-C	300
	2	400	48,4	297	B-C	300
	3	200	51,5	297	B-C	300
	4	122	51,8	297	B-C	300
Noain	1	20	72	1468	A-B	1500
	2	32,5	61,5	1468	A-B	1500
	3	100	56,6	1468	A-B	1500

Siendo los criterios según tipo.

Clasificación	Tipo 1	Información
Configuración geográfica del poblado	A	La vía atraviesa poblado
	B	La vía es frontera lateral del poblado
	C	La vía está a distancia del poblado

Clasificación	Tipo 2	Información
Nivel de población afectada	150	Población afectada entre 0 y 250 personas
	300	Población afectada entre 251 y 350 personas
	700	Población afectada entre 351 y 900 personas
	1500	Población afectada entre 901 y 2000 personas
	2500	Población afectada entre 2001 y 4000 personas

Tabla	Alternativa	Información IMD
IMD en caso de tener que cambiar de vía en población de referencia	1	31500 - 17500
	2	14250
	3	14250 - 3200
	4	3800 - 550
	5	9800 - 4150

La alternativa con las poblaciones de paso (azul) y las poblaciones de referencia (verde, amarillo si además alberga estación meteorológica), se muestran a continuación (del mismo modo en Anexo 6 para todas las alternativas).



Con las poblaciones de referencia completadas, nos disponemos a clasificar, como se explicó anteriormente en el proyecto (apartado 4.2.3.2), el resto de poblaciones de paso, de forma que con la clasificación, se busca la población de referencia más similar, para escoger de ella el punto de toma sonora que más se aproxime al centro de la población afectada.

Como ejemplo, se muestra Gartzain, que como se aprecia en la imagen, comparte la clasificación tipo 1 (C) con Olagüe, además la clasificación tipo 2 es la misma. Lo que queda por escoger es el punto de referencia de Olagüe que más se asemeje al del centro del pueblo de Gartzain. Como se puede apreciar, el punto sería el más alejado de Olagüe porque Gartzain se encuentra a una distancia considerable de la carretera.



Clasificando y escogiendo puntos, según la metodología anterior, para el resto de poblaciones de paso, se obtiene la tabla de la alternativa 3 (del mismo modo en Anexo 6 para todas las alternativas).

# ALTERNATIVA 3 N121B

Población	Población afectada	Clasificación Tipo 1	Clasificación Tipo 2	Población referencia	Punto	Leq	Pob afect * Leq
* Olagüe	182	C	150	Olagüe	2	50,9	9263,8
Burutain	43	B-C	150	Olagüe	2	50,9	2188,7
Etulain	3	C	150	Olagüe	2	50,9	152,7
Oronoz	475	B-C	700	Sunbilla	1	60,5	28737,5
Berroeta	69	C	150	Olagüe	2	50,9	3512,1
Almandoz	201	C	150	Olagüe	2	50,9	10230,9
Elizondo	2236	A	2500	Elizondo	1	66,9	149588,4
* Irurita	671	A	700	Irurita	1	63	42273
Elbete	209	A	150	Irurita	1	63	13167
Gartzain	211	C	150	Olagüe	2	50,9	10739,9
* Arizkun	23	C	150	Olagüe	2	50,9	1170,7
Arraioz	212	C	150	Olagüe	1	51	10812
* Amaiur-Maya	18	C	150	Olagüe	2	50,9	916,2
Lekaroz	5	C	150	Olagüe	2	50,9	254,5
Azpilikueta	23	C	150	Olagüe	2	50,9	1170,7
Oricáin	105	C	150	Olagüe	2	50,9	5344,5
Sorauren	154	B-C	150	Olagüe	2	50,9	7838,6
Azoz	8	C	150	Olagüe	2	50,9	407,2
Ostiz	109	C	150	Olagüe	2	50,9	5548,1
Endériz	48	C	150	Olagüe	1	51	2448
Olave	31	B-C	150	Olagüe	1	51	1581
Arraitz	30	C	150	Olagüe	2	50,9	1527
Urdazubi-Urdax	145	C	150	Olagüe	2	50,9	7380,5
SUMA total	5211					Media 60,69	

Afectación de ruido total
316253,00

Nota:	Información
*	Poblaciones con estación meteorológica utilizada en proyecto
—	Poblaciones de paso que además es de referencia

Se obtiene la afectación total de ruido en las personas de la alternativa, ya que esta es lo que nos permitirá comparar las diferentes rutas como se desea.

Finalmente y como en el resto de criterios, se muestra la tabla final de afectación por alternativa.

Tabla	Alternativa	Leq media	Cantidad total de Leq soportada por población
Afectación de ruido total	1 (AP15 A15)	48,61	119203,00
	2 (N121A)	52,96	131136,10
	3 (N121B)	60,69	316253,00
	4 (N135)	62,24	127656,60
	5 (A21 N240)	57,15	141496,00

Y recopilando los datos totales como el resto de criterios.

Afectación total de ruido a la población por alternativa					
Alternativa	1	2	3	4	5
Leq*población	119203,00	131136,10	316253,00	127656,60	141496,00



#### 5.4 AHP económico y medioambiental. Datos totales finales.

Del mismo modo que se realizó con el estudio económico, ahora vamos a llevar el método AHP a definir, por fin, cuál de las alternativas es la mejor, aunando criterios económicos y medioambientales, de forma que la elección tomada permita a nuestra empresa ficticia complementar una conciencia menos perjudicial con el medio, sin renunciar a algo que siempre se tiene en cuenta en cualquier negocio, ajustar el gasto para realizar el trabajo.

En este caso, se utilizarán también tres criterios, que esta vez serán, el económico (obtenido del mismo modo), el de contaminación de gases y el criterio de contaminación acústica.

El hecho de que se deben dar los mismos pasos que en el estudio económico (apartado 5.1.1), pero cambiando los criterios y los datos de entrada, en esta ocasión nos pararemos menos a explicar en detalle la metodología que se aplica. A continuación empezamos con el desarrollo del método.

Los valores de preferencia de cada una de las alternativas para cada uno de los tres criterios considerados son.

Quedan a disposición del lector, muestras de los cálculos del método (Anexo 7) y la totalidad de los cálculos en el CD adjunto de este proyecto.

Primero, para el criterio económico.

ECONOMICO				
ALTERNATIVA (Ai)	VALOR CRITERIO	VALOR ESCALADO de 0 a 1 $A_i = (S \cdot \sum P_j \cdot X_{ij})$	PREFERENCIA EN LA ESCALA DE COMPARACIÓN POR PARES DEL MÉTODO AHP	AJUSTE A LA INVERSA DE LA ESCALA
		Factor de escala: ( $S=1/0,275$ )		
A1	0,208	0,76	3	7
A2	0,246	0,89	2	8
A3	0,130	0,47	5	5
A4	0,090	0,33	6	4
A5	0,275	1,00	1	9

Para el criterio de contaminación de gases en el escape.

GASES			
ALTERNATIVA (A <sub>i</sub> )	VALOR CRITERIO	VALOR ESCALADO de 0 a 1 $A_i = (S \cdot \sum P_j \cdot X_{ij})$	PREFERENCIA EN LA ESCALA DE COMPARACIÓN POR PARES DEL MÉTODO AHP
		Factor de escala: ( $S=1/0,38$ )	
A1	0,38	1,00	1
A2	0,25	0,66	4
A3	0,23	0,61	4
A4	0,30	0,79	3
A5	0,34	0,89	2

Y para el criterio de contaminación acústica.

ACUSTICO			
ALTERNATIVA (A <sub>i</sub> )	VALOR CRITERIO	VALOR ESCALADO de 0 a 1 $A_i = (S \cdot \sum P_j \cdot X_{ij})$	PREFERENCIA EN LA ESCALA DE COMPARACIÓN POR PARES DEL MÉTODO AHP
		Factor de escala: ( $S=1/316253$ )	
A1	119203,0	0,38	6
A2	131136,1	0,41	6
A3	316253,0	1,00	1
A4	127656,6	0,40	6
A5	141496,0	0,45	5

Una vez preparados los valores para el método AHP, se procede a aplicarlo. Para hacernos una idea de los niveles, las jerarquías quedan reflejadas a continuación:

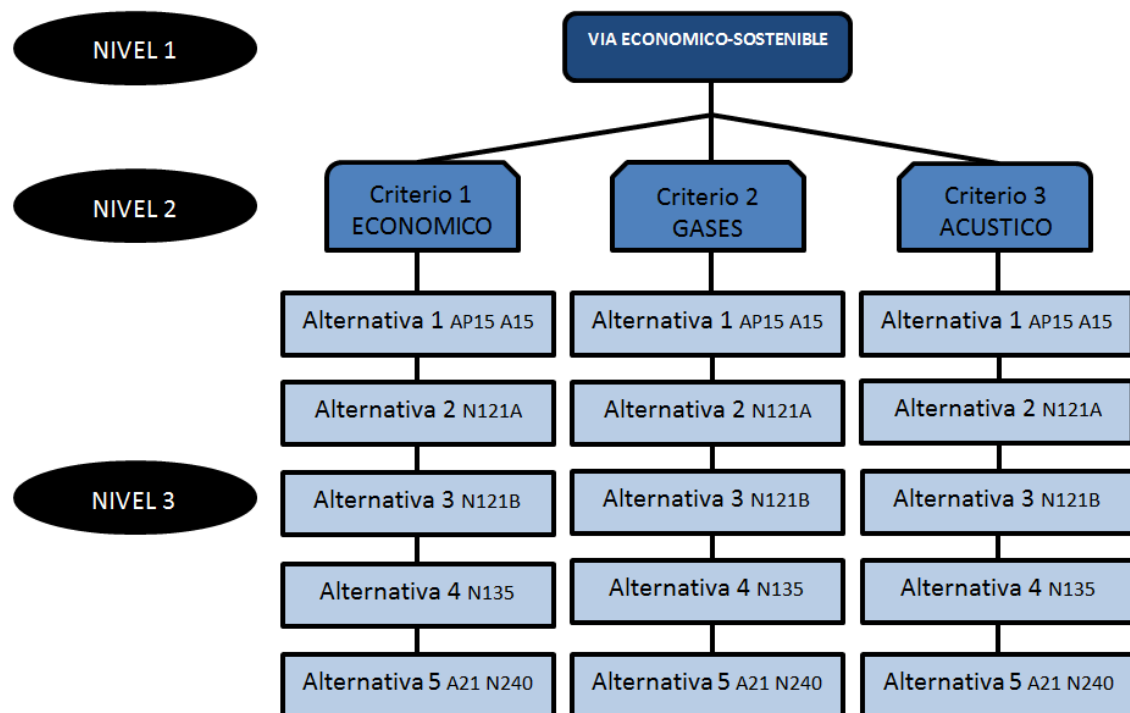


Ilustración 26: Jerarquía para el método AHP.

La escala de comparación por pares para la asignación de importancias entre diferentes criterios que utilizamos en el método AHP.

ESCALA DE COMPARACIÓN POR PARES	IMPORTANCIA DE CRITERIOS
<u>JUICIO VERBAL</u>	<u>VALORACIÓN NUMERICA</u>
Extremadamente más importante	9
	8
Sumamente más importante	7
	6
Fuertemente más importante	5
	4
Moderadamente más importante	3
	2
Igualmente más importante	1



La matriz de criterios queda como a continuación.

	ECONOMICO	GASES	ACUSTICO
ECONOMICO	1,00	2,00	3,00
GASES	0,50	1,00	4,00
ACUSTICO	0,33	0,25	1,00
	2	3	8

Ahora normalizamos la matriz y hacemos la media de las filas para obtener los pesos de los criterios.

	ECONOMICO	GASES	ACUSTICO	PESOS
ECONOMICO	0,55	0,62	0,38	0,51
GASES	0,27	0,31	0,50	0,36
ACUSTICO	0,18	0,08	0,13	0,13

La consistencia, que en este caso es aceptable casi en el límite (menor que 0,1) sería.

CONSISTENCIA																			
	<table><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>0,51</td><td>0,50</td><td>0,36</td><td>0,13</td></tr><tr><td></td><td>0,33</td><td>0,25</td><td>1</td></tr></table>		1	2	3	0,51	0,50	0,36	0,13		0,33	0,25	1						
	1	2	3																
0,51	0,50	0,36	0,13																
	0,33	0,25	1																
	<table><tr><td>0,51</td><td></td><td>0,72</td><td></td><td>0,38</td><td>1,62</td></tr><tr><td>0,26</td><td>+</td><td>0,36</td><td>+</td><td>0,51</td><td>1,13</td></tr><tr><td>0,17</td><td></td><td>0,09</td><td></td><td>0,13</td><td>0,39</td></tr></table>	0,51		0,72		0,38	1,62	0,26	+	0,36	+	0,51	1,13	0,17		0,09		0,13	0,39
0,51		0,72		0,38	1,62														
0,26	+	0,36	+	0,51	1,13														
0,17		0,09		0,13	0,39														
Soc-cult.	3,16																		
Espacios Naturales	3,13																		
Productivo	3,04																		
	$\lambda_{max} = 3,109$																		
	CI = 0,054 n dependiente																		
	CR = 0,094																		
	0,093665																		

0,1	n	Ri
	3	0,58
	4	0,9
	5	1,12
	6	1,24
	7	1,32
	8	1,41

La escala de comparación por pares de preferencias entre alternativas es similar a la que se ha utilizado para los criterios (ilustración 25). La matriz de comparación por pares del criterio de **económico** queda.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
Alternativa 1	1,00	0,88	1,40	1,75	0,78
Alternativa 2	1,14	1,00	1,60	2,00	0,89
Alternativa 3	0,71	0,63	1,00	1,25	0,56
Alternativa 4	0,57	0,50	0,80	1,00	0,44
Alternativa 5	1,29	1,13	1,80	2,25	1,00
	4,71	4,13	6,60	8,25	3,67

Normalizamos y obtenemos los pesos del criterio económico.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	PESOS
Alternativa 1	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,212
Alternativa 2	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,242
Alternativa 3	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,152
Alternativa 4	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,121
Alternativa 5	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,273

CONSISTENCIA																																																								
	<table><tr><td></td><td>1,00</td><td></td><td>0,88</td><td></td><td>1,40</td><td></td><td>1,75</td><td></td><td>0,78</td></tr><tr><td>0,21</td><td>1,14</td><td>0,24</td><td>1,00</td><td>0,15</td><td>1,60</td><td>0,12</td><td>2,00</td><td>0,27</td><td>0,89</td></tr><tr><td></td><td>0,71</td><td></td><td>0,63</td><td></td><td>1,00</td><td></td><td>1,25</td><td></td><td>0,56</td></tr><tr><td></td><td>0,57</td><td></td><td>0,50</td><td></td><td>0,80</td><td></td><td>1,00</td><td></td><td>0,44</td></tr><tr><td></td><td>1,29</td><td></td><td>1,13</td><td></td><td>1,80</td><td></td><td>2,25</td><td></td><td>1,00</td></tr></table>		1,00		0,88		1,40		1,75		0,78	0,21	1,14	0,24	1,00	0,15	1,60	0,12	2,00	0,27	0,89		0,71		0,63		1,00		1,25		0,56		0,57		0,50		0,80		1,00		0,44		1,29		1,13		1,80		2,25		1,00					
	1,00		0,88		1,40		1,75		0,78																																															
0,21	1,14	0,24	1,00	0,15	1,60	0,12	2,00	0,27	0,89																																															
	0,71		0,63		1,00		1,25		0,56																																															
	0,57		0,50		0,80		1,00		0,44																																															
	1,29		1,13		1,80		2,25		1,00																																															
	<table><tr><td></td><td>0,21</td><td></td><td>0,21</td><td></td><td>0,21</td><td></td><td>0,21</td><td></td><td>0,21</td><td>1,06</td></tr><tr><td>+</td><td>0,24</td><td>+</td><td>0,24</td><td>+</td><td>0,24</td><td>+</td><td>0,24</td><td>+</td><td>0,24</td><td>= 1,21</td></tr><tr><td></td><td>0,15</td><td></td><td>0,15</td><td></td><td>0,15</td><td></td><td>0,15</td><td></td><td>0,15</td><td>0,76</td></tr><tr><td></td><td>0,12</td><td></td><td>0,12</td><td></td><td>0,12</td><td></td><td>0,12</td><td></td><td>0,12</td><td>0,61</td></tr><tr><td></td><td>0,27</td><td></td><td>0,27</td><td></td><td>0,27</td><td></td><td>0,27</td><td></td><td>0,27</td><td>1,36</td></tr></table>		0,21		0,21		0,21		0,21		0,21	1,06	+	0,24	+	0,24	+	0,24	+	0,24	+	0,24	= 1,21		0,15		0,15		0,15		0,15		0,15	0,76		0,12		0,12		0,12		0,12		0,12	0,61		0,27		0,27		0,27		0,27		0,27	1,36
	0,21		0,21		0,21		0,21		0,21	1,06																																														
+	0,24	+	0,24	+	0,24	+	0,24	+	0,24	= 1,21																																														
	0,15		0,15		0,15		0,15		0,15	0,76																																														
	0,12		0,12		0,12		0,12		0,12	0,61																																														
	0,27		0,27		0,27		0,27		0,27	1,36																																														
Alternativa 1	5,00																																																							
Alternativa 2	5,00																																																							
Alternativa 3	5,00																																																							
Alternativa 4	5,00																																																							
Alternativa 5	5,00																																																							
$\lambda_{max} =$	5																																																							
CI =	0																																																							
CR =	0 0,1																																																							

n	RI
3	0,58
4	0,9
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41

Para el criterio de contaminación de **gases**, se siguen los mismos pasos:

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
Alternativa 1	1,00	0,25	0,25	0,33	0,50
Alternativa 2	4,00	1,00	1,00	1,33	2,00
Alternativa 3	4,00	1,00	1,00	1,33	2,00
Alternativa 4	3,00	0,75	0,75	1,00	1,50
Alternativa 5	2,00	0,50	0,50	0,67	1,00
	14,00	3,50	3,50	4,67	7,00

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	PESOS
Alternativa 1	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Alternativa 2	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Alternativa 3	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Alternativa 4	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Alternativa 5	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14

CONSISTENCIA									
	1,00		0,25	0,25	0,33	0,50			
0,07	4,00	0,29	1,00	0,29	1,00	0,21	1,33	0,14	2,00
	4,00		1,00		1,00		1,33		2,00
	3,00		0,75	0,75	1,00		1,00		1,50
	2,00		0,50	0,50	0,67		1,00		
		0,07		0,07		0,07		0,07	0,36
	+	0,29	+	0,29	+	0,29	+	0,29	= 1,43
		0,29		0,29		0,29		0,29	1,43
		0,21		0,21		0,21		0,21	1,07
		0,14		0,14		0,14		0,14	0,71
Alternativa 1	5,00								
Alternativa 2	5,00		$\lambda_{max} =$	5					
Alternativa 3	5,00								
Alternativa 4	5,00		CI =	0					
Alternativa 5	5,00								
			CR =	0	0,1				
						n	RI		
						3	0,58		
						4	0,9		
						5	1,12		
						6	1,24		
						7	1,32		
						8	1,41		

Por último, los datos para el criterio de la contaminación **acústica**, quedarán:

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
Alternativa 1	1,00	1,00	6,00	1,00	1,20
Alternativa 2	1,00	1,00	6,00	1,00	1,20
Alternativa 3	0,17	0,17	1,00	0,17	0,20
Alternativa 4	1,00	1,00	6,00	1,00	1,20
Alternativa 5	0,83	0,83	5,00	0,83	1,00
	4,00	4,00	24,00	4,00	4,80

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	PESOS
Alternativa 1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Alternativa 2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Alternativa 3	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Alternativa 4	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Alternativa 5	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21

CONSISTENCIA									
	1,00	1,00	6,00	1,00	1,20				
0,25	1,00	0,25	1,00	0,04	6,00	0,25	1,00	0,21	1,20
	0,17		0,17		1,00		0,17		0,20
	1,00		1,00		6,00		1,00		1,20
	0,83		0,83		5,00		0,83		1,00
		0,25		0,25		0,25		0,25	1,25
	+	0,25	+	0,25	+	0,25	+	0,25	= 1,25
		0,04		0,04		0,04		0,04	0,21
		0,25		0,25		0,25		0,25	1,25
		0,21		0,21		0,21		0,21	1,04
Alternativa 1	5,00								
Alternativa 2	5,00								
Alternativa 3	5,00								
Alternativa 4	5,00								
Alternativa 5	5,00								
		<b><math>\lambda_{max} = 5</math></b>							
		CI =	0						
		CR =	0	0,1					
					n	RI			
					3	0,58			
					4	0,9			
					5	1,12			
					6	1,24			
					7	1,32			
					8	1,41			

Llegados a este punto y sirviendo de resumen, se presenta la jerarquía del modelo con los pesos de cada componente (meta, criterios y alternativas).

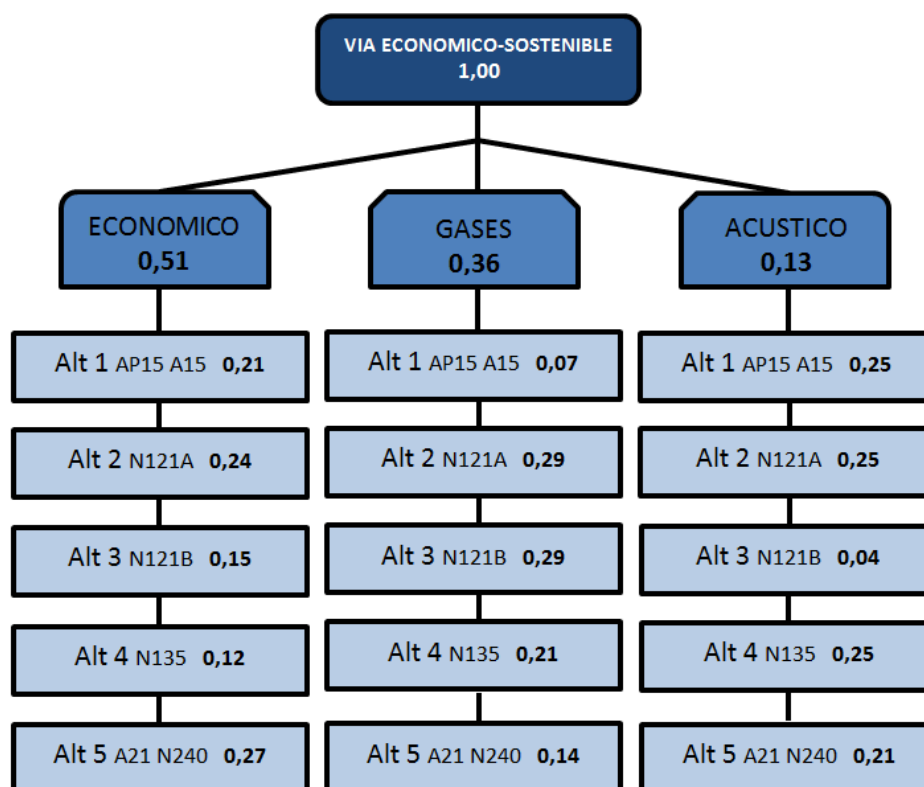


Ilustración 27: Jerarquía del modelo económico-sostenible con sus pesos.

La matriz decisional se muestra a continuación.

MATRIZ DECISIONAL					
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
<b>ECONOMICO</b>	0,21	0,24	0,15	0,12	0,27
<b>GASES</b>	0,07	0,29	0,29	0,21	0,14
<b>ACUSTICO</b>	0,25	0,25	0,04	0,25	0,21

Para concluir, debemos multiplicar los valores de preferencia de cada alternativa, por los valores de importancia de los criterios, y sumar los resultados para cada una de las alternativas. De esta forma obtendremos los resultados que ofrece el método para cada alternativa.

$$\text{Alternativa 1} = 0,21 \cdot 0,51 + 0,07 \cdot 0,36 + 0,25 \cdot 0,13 = 0,208$$

$$\text{Alternativa 2} = 0,24 \cdot 0,51 + 0,29 \cdot 0,36 + 0,29 \cdot 0,13 = 0,246$$

$$\text{Alternativa 3} = 0,15 \cdot 0,51 + 0,29 \cdot 0,36 + 0,04 \cdot 0,13 = 0,130$$

$$\text{Alternativa 4} = 0,12 \cdot 0,51 + 0,21 \cdot 0,36 + 0,25 \cdot 0,13 = 0,090$$

$$\text{Alternativa 5} = 0,27 \cdot 0,51 + 0,14 \cdot 0,36 + 0,21 \cdot 0,13 = 0,275$$

RESULTADOS AHP	
Alternativa 1	0,166
Alternativa 2	0,260
Alternativa 3	0,187
Alternativa 4	0,128
Alternativa 5	0,217

Los resultados otorgan, como mejor opción, a la alternativa número 2, las alternativas número 5, 3, 1 y 4 le siguen, por este orden, pero a una distancia considerable. Según este primer resultado utilizaríamos la alternativa número 2. Por la distancia de las demás opciones, parece que sea difícil que con pequeñas variaciones de los criterios, vaya a cambiar la primera posición. Aun así, realizaremos los análisis de sensibilidad que nos permitirán revisar las preferencias, las importancias y los criterios, para comprobar si esta alternativa es realmente la mejor solución.

Dado que las alternativas 2 y 5 son las más cercanas en los resultados finales, se han utilizado pequeñas oscilaciones en los criterios considerados, para ver de esta manera si dichas modificaciones alteraban el resultado.

Para el criterio económico se consideraron oscilaciones aleatorias de  $(0,51 \pm 0,15)$ , de forma que mediante la expresión  $(0,36 + \text{ALEATORIO} \cdot 0,3)$ , se consiguen valores aleatorios en un intervalo de  $(0,36 - 0,66)$ . Para el criterio de contaminación de gases, se consideraron oscilaciones aleatorias de  $(0,36 \pm 0,15)$ , de forma que mediante la expresión  $(0,21 + \text{ALEATORIO} \cdot 0,3)$ , se consiguen valores aleatorios en un intervalo de  $(0,21 - 0,51)$ . Para el criterio de contaminación acústica, se consideraron oscilaciones aleatorias de  $(0,13 \pm 0,13)$ , de forma que mediante la expresión  $(0 + \text{ALEATORIO} \cdot 0,26)$ , se consiguen valores aleatorios en un intervalo de  $(0,00 - 0,26)$ . Posteriormente a la obtención de estos valores aleatorios se optó por realizar una normalización de los pesos de cada criterio, para conseguir que la suma de todas las importancias de los criterios resultara siempre la unidad.

Después de realizar una muestra de 5.000 experimentos en los que se utilizaban las oscilaciones anteriores en las importancias de los criterios, se observa que la alternativa nº 2 es el mejor resultado en un 100% de los casos.

Por esta razón, consideramos la alternativa 2 como la mejor solución y la alternativa que mejor satisface nuestras necesidades tanto a nivel económico como medioambiental. Los resultados del análisis de sensibilidad se muestran a continuación. Es posible observar una muestra de los cinco mil ensayos (muestra en Anexo 7 y en su totalidad en CD adjunto) al final del presente proyecto, debido a la extensión del documento, que hace imposible mostrarlo completo. De todos modos, quedan a disposición del lector, los cálculos hechos mediante hojas Excel en la información adicional recopilada que se aporta en el CD que acompaña a esta memoria.

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5		Nº de veces Alternativa 2
0,166	0,260	0,187	0,170	0,217		5000
5º	1º	3º	4º	2º	1	Probabilidad

## 6. Conclusiones.

En este tema, hacemos un análisis de todas las soluciones contenidas en esta memoria. Se analizarán los resultados obtenidos tanto para los subcriterios (coste directo, velocidades y pendientes) que conforman el criterio económico como para los criterios (económico, contaminación de gases y contaminación acústica) necesarios para la toma de decisiones, fin último de este proyecto.

También van a ser objeto de análisis, en este tema, los resultados obtenidos para los dos métodos de jerarquía analítica de toma de decisiones multicriterio que se han llevado a cabo en el proyecto, el correspondiente al estudio económico de las rutas, y el del estudio final económico-sostenible.

De este modo, se irán comentando los resultados en el orden en que se han elaborado en el presente trabajo, primero para que sea más sencillo su comprensión en consonancia con el esquema seguido en la redacción del proyecto y segundo por seguir el orden lógico de desarrollo de los cálculos, puesto que existe una dependencia de cálculos y datos, frente a los expresados con anterioridad en la memoria.

### 6.1 Análisis de resultados.

#### **COSTES DIRECTOS**

Los resultados obtenidos para el coste directo (por gasto de combustible, principalmente) y clasificados por orden de mejor alternativa (menor coste), se muestran a continuación.

	COSTE DIRECTO (€)				
Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	
12,78	16,40	17,71	15,22	12,09	
2º	4º	5º	3º	1º	

Si no fuese porque la alternativa 1, tiene reflejados en ella, los gastos por el peaje que en Sarasa se debe pagar por la utilización del tramo correspondiente de autopista, esta clasificación podríamos hacerla según la distancia de las vías, puesto que seguirían ese mismo orden. Es algo lógico, ya que a mayor distancia, mayor consumo de combustible y así, nos preocuparemos de que en el resto de estudios, no sea este factor (la distancia) parte importante en los resultados y posteriores comparaciones entre las alternativas, porque en este subcriterio, queda bastante bien reflejado.

Si la empresa solo se preocupase por el coste a pagar en cada trayecto, parece claro, que solo podría tener en consideración la alternativa 5, por la A21 y la alternativa 1 por la A15.



## VELOCIDAD

Los resultados obtenidos para la velocidad (la media de las máximas permitidas) en las cinco rutas y clasificadas por orden de mejor alternativa (mayor velocidad media permitida), se muestran a continuación.

VELOCIDAD (km/h)				
Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
86,90	71,5	66,5	47,5	69,1
1º	2º	4º	5º	3º

En este caso, vemos como la alternativa en la que se puede mantener una velocidad media mayor, es la alternativa 1, algo lógico si nos paramos a pensar que es la única que se compone de autopista y autovía en todo su recorrido. Además de por esta velocidad, el hecho de que al no tener tramos de carretera que la ralenticen (como en el resto de alternativas) el gasto de combustible se reduciría por la posibilidad del conductor de mantener una velocidad relativamente constante, permitiendo así una conducción más eficiente (apartado 1.1.2.5).

Un resultado curioso, se aprecia entre las dos alternativas con mayor velocidad que siguen en el ranking. A pesar de que la alternativa 5 se compone en gran parte de su recorrido de autovía y la alternativa 2, se compone de una carretera de altas prestaciones en un alto porcentaje de su recorrido. Vemos como, aun siendo por poca diferencia, permite una mayor velocidad la segunda de las mencionadas. Parece que el trabajo que durante años se está realizando en la N121A para ir mejorando sus prestaciones es suficiente para (mientras no se acabe con la autovía del Pirineo) poder mantener una velocidad media superior por esta ruta.

Lo que también llama la atención, es la baja velocidad media permitida en la alternativa 4, más propia, casi, de una vía urbana. Esto se debe a que además de no estar preparada especialmente para altas velocidades, atraviesa un gran número de poblaciones, sin que se derive la carretera por un lateral de la población (trabajos que se realizan en la N121A entre otras) que posibilite aumentar los límites de velocidad.

En caso de fijarnos solo en este punto, escogeríamos claramente la alternativa 1, pues está muy por encima de las siguientes alternativas (alternativas 2, 5 e incluso la 3) y prácticamente dobla la alternativa 4, la cual según este criterio, sería previsiblemente desechada como alternativa.

## PENDIENTES

Los resultados obtenidos para las pendientes (desnivel medio en subida por kilómetro) y su clasificación por orden de mejor alternativa (menor desnivel), se expone del siguiente modo.

PENDIENTE (desnivel/km)				
Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
14,50	7,36	12,45	15,23	11,26
4º	1º	3º	5º	2º

Los resultados se calcularon por kilómetro recorrido, para que las longitudes totales de cada alternativa no influyesen directamente (parte importante en costes directos) en este criterio. Es interesante darse cuenta de que, la mejor vía en este aspecto, es con diferencia la alternativa 2 y mantiene la pendiente porcentual más baja en subida de todas las rutas (Pendientes del apartado 5.1).

Es interesante ver como las alternativas que cuentan con autovías (la 1 y la 5) que son las inmediatamente posteriores en el ranking, prácticamente doblan al mejor resultado. Además de que cuenta con un gran tramo de pendiente descendente en su recorrido, desde que existen los túneles de Balate, claramente se consigue suavizar la orografía de esta alternativa de tal modo, que es sin lugar a dudas la mejor y con diferencia de las rutas según este criterio.

Preocupándonos solo por este criterio, resultaría difícil tener en consideración el resto de las alternativas existiendo la número dos, debido a la importante diferencia entre esta y el resto. Aun así, las alternativas 5 y 3, por este orden mantienen unas características similares en magnitud, mientras las rutas 1 y 4 podrían directamente dejar de tener consideración de alternativas.

## MÉTODO AHP (ESTUDIO ECONÓMICO)

En este apartado se pretende aunar los tres apartados anteriores (coste directo, velocidades y pendientes) en uno solo que conformará el criterio económico. Para esto, algo que requiere el método es la comparación por pares de los criterios, de forma que se repartan los pesos de cada uno y permitir el desarrollo del método.

Esta comparación por pares, resuelve los pesos que a continuación se exponen.

PESO CRITERIOS	
COSTE	0,50
VELOCIDAD	0,25
PENDIENTE	0,25

Así, el criterio de costes directos tendrá el mismo peso que los otros dos (velocidad y pendiente) juntos, y estos a su vez tendrán la mitad de importancia que los costes directos y la misma importancia entre ambos.

Los resultados finales de aplicar el método son.

AHP ECONOMICO				
Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
0,208	0,246	0,130	0,090	0,275
3º	2º	4º	5º	1º

El resultado nos transmite la preferencia general en términos económicos de la alternativa 5, y como la única alternativa que puede acercársele, la alternativa 2. El método contempla un estudio de sensibilidad, que precisamente sirve para saber si, pequeñas modificaciones en los pesos de los criterios, podrían hacer cambiar o no los puestos entre las dos alternativas mejor colocadas.

Pues bien, tras realizar este estudio, la alternativa 5 sigue siendo la mejor en el 92% de los cinco mil ensayos a los que se recurre para la comprobación de consistencia del resultado. Este dato, parece dejar claro, que según estos criterios, una empresa que se guíe solo por el coste de carburante, debería escoger esta alternativa por más de un noventa por ciento de las ocasiones, y podría plantearse el utilizar la ruta 2, en caso necesario, pero no plantearse la utilización de las demás alternativas.

Si analizamos los datos de los criterios para justificar los resultados del método, se observa que en la alternativa 5 lo que permite que sea la seleccionada es el hecho de que es la mejor según el criterio con el peso más importante (coste directo), tiene una digna posición en el criterio de las pendientes (la segunda por detrás de la descolgada alternativa 2), y se mantiene neutral con la tercera posición, en lo que a velocidad se refiere.

La alternativa 2, por su parte, pierde la ventaja de ser la primera opción en pendientes (y con diferencia) y la segunda en velocidades, por el hecho de que el criterio en el que se descuelga con la cuarta posición, es el que mayor peso tiene dentro de los criterios (coste directo).

La alternativa 1, a pesar de ser la mejor en velocidades, el hecho de ser cuarta en pendientes y tener por delante a la mejor en coste directo, le deja sin opciones e incluso por detrás de la alternativa 2.

Las restantes alternativas no merecen más dedicación puesto que comparten malas posiciones en la mayoría de criterios, y eso les posiciona y con mucho, en los últimos puestos del ranking.

Se deja constancia de que este criterio queda explicado, y es el primero de los que componen el estudio final económico-medioambiental.

## CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DEBIDA A GASES

Para este punto, la clasificación final que otorgan los datos de la cantidad de toneladas de emisiones que un vehículo híbrido (de todo el parque distribuido de España), generaría por kilómetro durante un año recorriendo cada alternativa de forma diaria, serían los que se muestran a continuación.

CONTAMINACION GASES				
Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
0,38	0,25	0,23	0,30	0,34
5º	2º	1º	3º	4º

La clasificación se realiza, lógicamente según una mejor posición cuanto menos contaminación (menor emisión) se produzca en la ruta.

Según los valores que nos reporta el programa Copert, llama la atención como, realmente, se puede hacer una clasificación inversa a la distancia de las alternativas, deberíamos pensar que esto no tiene ninguna lógica, y así lo hacemos, suponiendo que debe ser una relación casual, por las características de estas vías, pero no deja de ser un dato curioso.

Sin embargo, intentar hacer una relación directa entre la contaminación que se genera debido a los gases de escape de los vehículos, y la pendiente o la velocidad, resulta que, por una alternativa o por otra, no terminan de encajar de forma clara.

En el caso de la velocidad, parece que se puede relacionar puesto que las dos alternativas más contaminantes coinciden con ser dos de las velocidades más altas (puestos 1º y 3º), pero, la segunda alternativa más rápida, nos elimina esta suposición, coincidiendo también como segunda menos contaminante.

El caso de las pendientes, parece más evidente el hecho de que a pesar de que la alternativa menos contaminante es la mejor también en el aspecto de pendientes, resulta que la alternativa que le continua por posición en pendientes se coloca como la segunda opción que más contamina (alternativa 5).

Parece ser, según los datos, que las tres vías más directas (alternativas 3,2 y 4) hacia los Pirineos, llegan a ser las menos contaminantes. Por este motivo, si quisiéramos hacer la ruta transpirenaica con menor emisión de gases contaminantes, deberíamos recorrer la alternativa 3 por la carretera N121A y luego la N121B como primera opción, o la alternativa 2 por la N121A en todo momento hasta llegar a la frontera francesa, como segunda posibilidad menos contaminante.

## CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

La contaminación acústica que se produce debido al ruido que emiten los vehículos al recorrer las carreteras, queda reflejada en los resultados de obtenidos (cantidad total de longitud de onda equivalente que afecta en la población residente cercana a las rutas) y su clasificación por alternativas mostrados a continuación.

CONTAMINACION RUIDO				
Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
119203,0	131136,1	316253,0	127656,6	141496,0
1º	3º	5º	2º	4º

La clasificación se realiza, lógicamente (igual que para gases) según una mejor posición cuanto menos contaminación (menor emisión) se produzca en la ruta.

Se aprecia que la mejor de las alternativas es la número 1, debido seguramente, a que es la única que prácticamente no atraviesa poblaciones puesto que es autopista o autovía en todo su recorrido.

Parece extraño, en un primer momento, ver como la alternativa 4 que resulta tan penalizada en velocidades por atravesar poblaciones, en esta ocasión sea de las menos impactantes en lo que a ruido se refiere. Se debe, seguramente, a que la mayoría de estas poblaciones albergarán un número de habitantes no demasiado elevado (la menor población afectada de las alternativas), para que así, la población afectada en ellos consiga contrarrestar la elevada Leq (la media más alta de las alternativas) que soportan las personas.

Vemos en la alternativa 5, que la parte de carretera nacional que transcurre por ella, penaliza la parte atravesada por autovía de tal manera que tiene un resultado final similar a la alternativa 2, que aunque es de altas prestaciones no deja de ser carretera en todo su recorrido.

Llama poderosamente la atención como la alternativa 3 se aleja de forma importante de las magnitudes del resto de rutas, de tal modo que llega a triplicar los datos de la mejor de las alternativas. Esto sucede por la sencilla razón de que además de ser de las que mayor Leq (segunda media más alta de las alternativas) mantiene en su recorrido, es con diferencia la que afecta a un número mayor de habitantes (mayor población afectada), llegando a doblar los registros sobre este aspecto del resto de alternativas.

Consecuentemente, si quisiéramos producir el menor ruido posible que afecte a las personas al recorrer una de las rutas, aparte de olvidar como alternativa la número 3, deberíamos utilizar la autopista A15 recorriendo la alternativa 1.

## MÉTODO AHP FINAL (ESTUDIO ECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTAL)

Ha llegado la hora de encontrar la solución al problema planteado en este proyecto. Una vez que hemos conseguido todos los datos que buscábamos y creíamos importantes a la hora de poder comparar las alternativas desde el punto de vista económico y también medioambiental. Se realiza un método AHP teniendo en cuenta los criterios, económico, el de contaminación de gases y el de contaminación acústica, calculados en este trabajo. Para esto, algo que se requiere es la comparación por pares de los criterios, de forma que se repartan los pesos de estos y permitan el desarrollo del método.

La comparación por pares realizada da como resultado.

PESO CRITERIOS	
ECONOMICO	0,51
GASES	0,36
ACUSTICO	0,13

De este modo, el criterio económico tiene aproximadamente el mismo peso (51%) que los otros dos (contaminación, de gases y acústica) juntos (49%). En la parte medioambiental, sin embargo, se da mayor importancia (36%) al criterio de contaminación de gases, que al criterio de contaminación acústica (13%), pensando que mientras el primero es perjudicial para el medio, a cualquier nivel de emisión, la contaminación acústica, dentro de ciertos límites es soportable, y se pueden tomar medidas (tanto en las vías con barreras sonoras como en las viviendas con ventanas insonorizadas) de reducción de su impacto.

Los resultados finales, tras aplicar el método son.

AHP ECONOMICO Y MEDIOAMBIENTAL				
Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
0,166	0,260	0,187	0,128	0,217
4º	1º	3º	5º	2º

El resultado nos muestra la preferencia general de la alternativa 2. La siguiente alternativa en aparecer es la número 5, pero a una distancia considerable de la primera. Luego, son las alternativas 3 y 1 por este orden, con similar importancia las que preceden a la alternativa 4 que ciertamente no parece ser interesante para nuestra empresa ficticia.

El método contempla un estudio de sensibilidad, que precisamente sirve para saber si, pequeñas modificaciones en los pesos de los criterios, podrían hacer cambiar o no los puestos entre las dos alternativas mejor colocadas (en este caso, bastante alejadas entre sí).

Pues bien, tras realizar este estudio, la alternativa 2 sigue siendo la mejor en el 100% de los cinco mil ensayos a los que se recurre para la comprobación de consistencia del resultado. Este dato, parece dejar claro, que según estos criterios, una empresa que se guíe solo por el coste de carburante, debería escoger esta alternativa siempre. En caso de no ser posible su uso, se podría tomar la alternativa 5 por ser la siguiente en el ranking final, pero sabiendo en todo momento que la mejor opción sigue siendo la alternativa numero 2 por la carretera de altas prestaciones N121A.

Si analizamos los datos de los criterios para justificar los resultados del método, se observa que en la alternativa 2 lo que le permite ser la opción seleccionada es el hecho de ocupar la segunda posición en todos los criterios, y esta continuidad en la parte prioritaria del ranking de las alternativas le hace erigirse como la mejor.

La alternativa 5, por su parte, pierde la ventaja de ser la primera opción en el criterio económico (por delante de la 2 en un 92%), por el hecho de su mala posición en los criterios medioambientales, de contaminación de gases y contaminación acústica (cuarto puesto en ambos criterios).

Las restantes alternativas pierden fuerza por mala posición en la mayoría de criterios, y eso les posiciona, en los últimos puestos del ranking.

Si realmente existiese la empresa ficticia para la que se supone que elaboramos este proyecto, deberíamos aconsejarle (como resultado de nuestro estudio) tomar como ruta de transporte desde Pamplona hacia Francia, cruzando los Pirineos, nuestra alternativa 2 que no es otra que la nacional N121A, y que tras años de mejoras para convertirla en carretera de altas prestaciones, resulta ser la mejor aunando criterios económicos y medioambientales.







# BIBLIOGRAFIA ESCRITA

LOGÍSTICA: ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO. Ballou, R.H. Pearson-Prentice-Hall, Mexico (2004)

TRANSPORTATION DECISION MAKING. Kumares C.Sinha-Samuel Labi. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey (2007).

OBSERVATORIO HISPANO-FRANCES DE TRÁFICO EN LOS PIRINEOS. Documento nº 5, Diciembre (2008).

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS DEL TRANSPORTE DE MERCANCIAS POR CARRETERA MEDIANTE SIG Y TECNICAS MULTICRITERIO. Proyecto Final de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad pública de Navarra. Esteban de Paz Asín (2009).

HANDBOOK ON DECISION SUPPORT SYSTEMS 1: Basic themes. Bursteins, F. and Holsapple, C.W. Springer. London (2008).

HANDBOOK ON DECISION SUPPORT SYSTEMS 2: Variations. Bursteins, F. and Holsapple, C.W. Springer. London (2008).

DESARROLLO DE UN DSS CON CRITERIOS MEDIAMBIENTALES PARA EL DISEÑO DE RUTAS TRANSPIRENAICAS SOSTENIBLES EN NAVARRA. Proyecto Final de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación. Universidad Pública de Navarra. Luis Iñaki Torres Valencia (2010).

INTRODUCTION TO INFORMATION SYSTEMS: ESSENTIALS FOR THE E-BUSINESS ENTERPRISE. James A. O'Brien, Eleventh Edition, Mc Graw-Hill/Irwin. New York (2003).

AN INTRODUCTION TO MANAGEMENT SCIENCE: QUANTITATIVE APPROACHES TO DECISION MAKING Anderson D.R., Sweeney D.J., Williams T.A. and Martin K. Thomson South-Western (2008).

VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA CALIDAD AMBIENTAL. Azqueta Oyarzun D. McGraw-Hill. Madrid (1994).

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM: AN INTRODUCTION. Bernhansen, T. 3ª edición. Wiley (2002).

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. Conesa Fdez.-Vítora V. Mundi-Prensa (2003).

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. Garmendia Salvador A., Salvador Alcaide A. et al. PEARSON-Prentice Hall (2005).

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y EVALUACIÓN MULTICRITERIO EN LA ORDENACIÓN DEL TERRITORIO. Gómez Delgado, M. y Barredo Cano, J.I. 2ª edición. RA-MA. (2005).

INCORPORATING GISS INTO DECISION SUPPORT SYSTEMS: WHERE HAVE WE COME FROM AND WHERE DO WE NEED TO GO? Honea R.B., Hake K.A. y Durfee R.C. Heit, Michael y Shortreid, Art (1991).

CONCAVIDAD Y OPTIMIZACIÓN EN MICROECONOMÍA. Madden P. Alianza Universidad. Madrid (1986).

EVALUACIÓN Y DECISIÓN MULTICRITERIO: REFLEXIONES Y EXPERIENCIAS. Martínez E. Editorial Universidad de Santiago/UNESCO. Santiago de Chile (1998).

MANUAL DE ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE LOS RECURSOS NATURALES. Riera P., García D., Kristrom B. y Brannlund R. Thomson. Madrid (2005).

TEORÍA DE LA DECISIÓN MULTICRITERIO: CONCEPTOS, TÉCNICAS Y APLICACIONES. Romero C. Alianza Universidad textos. Madrid (1993).

ANÁLISIS DE LAS DECISIONES MULTICRITERIO. Romero C. Isdefe. Madrid (1996).

THE ANALYTIC HIERACHY PROCESS. Saaty T.L. McGraw Hill. New York (1980).

HOW TO MAKE A DECISION: THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS Saaty, T.L. Interfaces, Vol. 24 No.6, pp.19-43.

DECISION MAKING FOR LEADERS: THE ANALYTIC HIERACHY PROCESS FOR DECISSIONS IN A COMPLEX WORLD. Saaty, T. L. Third edition. RWS (1999).

MODELS, METHODS, CONCEPTS & APPLICATIONS OF THE ANALYTIC HIERARCHY PROCCES. Saaty, T. L. y Vargas L.G. Kluwer Academic Publishers (2001).

SISTEMAS DE INFORMACIÓN AMBIENTAL Taboada González, J. A., Cotos Yáñez, J. M., Hernandez Sande C, Fernandez Casal R., Arias Rodriguez J.E. et al. Netbiblo (2005).

EVALUATION METHODS TO SUPPORT THE COMPARISON OF MAPS FOR ENVIRONMENTAL DECISION MAKING. van Herwijnen M. and Jansen R. Innovation in Gis 8. Spatial Information and the Environment. Peter J Halls. (2001).

MAQUINAS TERMICAS: MOTORES DE COMBUSTION INTERNA ALTERNATIVOS. Carlos Sopena Serna. Departamento de Ingeniería Mecánica, Energética y de Materiales. Universidad Pública de Navarra, Pamplona (Curso 2008-2009).

## BIBLIOGRAFIA WEB

- <http://www.cfnavarra.es/obraspublicas/carreteras/plan.htm>
- <http://geoportal.mityc.es/hidrocarburos/eess/>
- <http://www.audenasa.es/Contenidos.aspx?Id=8>
- [http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_1023\\_2\\_Guia\\_gestion\\_combustible\\_flotas\\_carretera\\_06\\_32bad0b7.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_1023_2_Guia_gestion_combustible_flotas_carretera_06_32bad0b7.pdf)
- <http://es.scribd.com/doc/2336456/20071027-Limites-Velocidad-DGT-RD9652006>
- <http://meteo.navarra.es/estaciones/mapadeestaciones.cfm>
- <http://www.fomento.es/nr/rdonlyres/8fc71a52-b85d-4e91-934c-c186423eab0a/40251/otpfrancia2008.pdf>
- <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/04E529D9-95A1-4765-A23C-3EBC8B5B9551/75735/Suplemento5.pdf>
- <http://www.emisia.com/versions.html>
- [http://www.sarasenergia.com/NuestroCompromiso/Gasoleo\\_febrero.pdf](http://www.sarasenergia.com/NuestroCompromiso/Gasoleo_febrero.pdf)
- [http://www.sarasenergia.com/Logistica/BOE307\\_RD17002003.pdf](http://www.sarasenergia.com/Logistica/BOE307_RD17002003.pdf)
- [https://imagenes.repsol.com/es\\_es/fds\\_diesel\\_e\\_58083\\_tcm7-43027.pdf](https://imagenes.repsol.com/es_es/fds_diesel_e_58083_tcm7-43027.pdf)
- <http://www.prtr-es.es/NM/OC-CO/DM-Compuestos-Organicos-Volátiles,15594,11,2007.html>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Compuestos\\_organicos\\_volátiles](http://es.wikipedia.org/wiki/Compuestos_organicos_volátiles)
- [http://www.marm.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/transportes\\_pesados.aspx](http://www.marm.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/transportes_pesados.aspx)
- [http://www.marm.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/transporte\\_ligeros.aspx](http://www.marm.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/transporte_ligeros.aspx)
- [http://www.carreteros.org/planificacion/2010/2010\\_2.pdf](http://www.carreteros.org/planificacion/2010/2010_2.pdf)
- <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd30/reducir.pdf>
- <http://www.monografias.com/trabajos14/impacto-ambiental/impacto-ambiental.shtml>

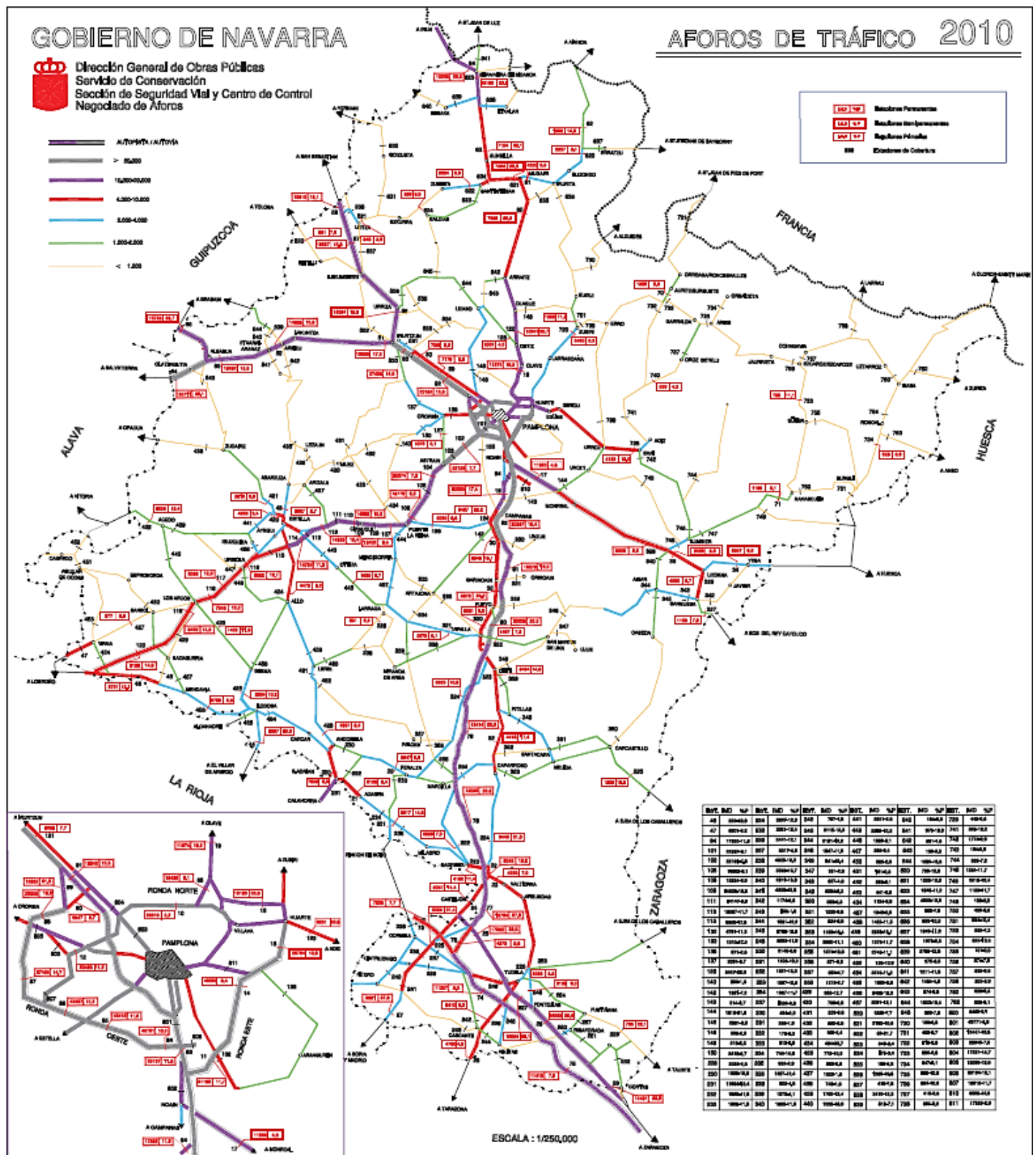








# ANEXO 1: DATOS DEL SUBCRITERIO: COSTES DIRECTOS.



A 1.1 Aforos de tráfico en 2010. Fuente: Servicio de Conservación de la Dirección General de Obras Públicas del Gobierno de Navarra.

# GOBIERNO DE NAVARRA

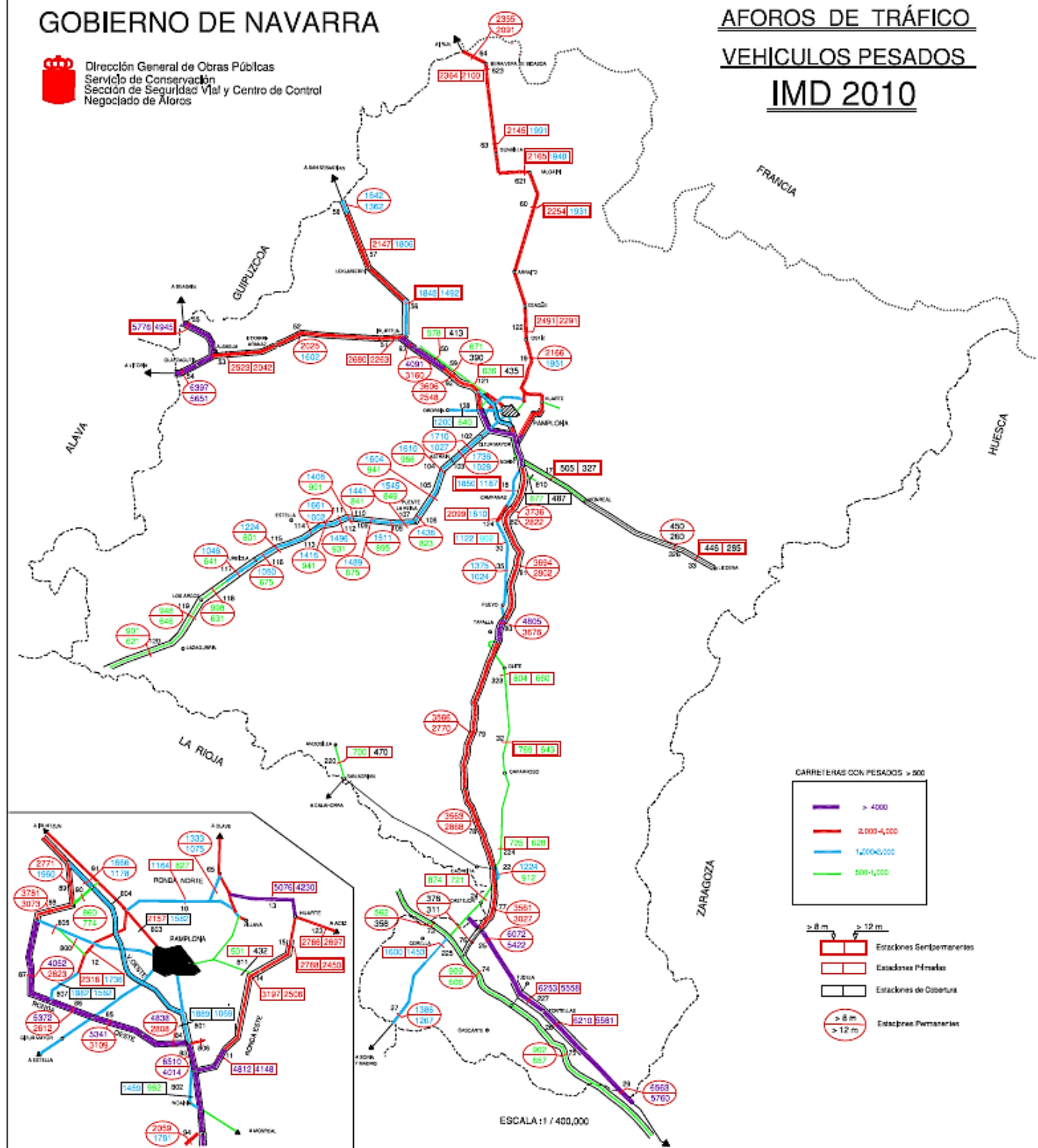


Dirección General de Obras Públicas  
Servicio de Conservación  
Sección de Seguridad Vial y Centro de Control  
Negociado de Aforos

## AFOROS DE TRÁFICO

### VEHICULOS PESADOS

IMD 2010



A 1.2 Aforos de tráfico para vehículos pesados en 2010. Fuente: Servicio de Conservación de la Dirección General de Obras Públicas del Gobierno de Navarra.









## ANEXO 2: DATOS DEL SUBCRITERIO: VELOCIDADES.

VELOCIDADES												
Tramo	PK	Distancia	Expr1006	Código	Vel max cam	Situación	Sentido	Tipo	Señal	Grupo	Subgrupo	Placa
A15	112+00440	290	R-301	R-301	100	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301100
A15	112+00880	730	R-301	R-301	120	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301120
A15	113+00300	1160	R-301	R-301	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30180
A15	113+00880	1740	R-301	R-301		Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301
A15	115+00900	3630	R-301	R-301	100	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301100
A15	117+00040	4760	R-301	R-301	100	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301100
A15	119+00100	6860	R-301	R-301	120	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301120
A15	121+00310	9070	R-301	R-301	120	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301120
A15	121+00970	9730	R-301	R-301	120	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301120
A15	123+00810	11560	R-301	R-301	100	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301100
A15	124+00290	12050	R-301	R-301	100	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301100
A15	124+00470	12230	R-301	R-301	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30190
A15	125+00250	13060	R-301	R-301	120	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301120
A15	126+00240	14030	R-301	R-301	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30190
A15	126+00810	14600	R-301	R-301	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30170
A15	127+00490	15210	R-301	R-301	120	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301120
A15	134+00050	21870	R-301	R-301	120	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301120
A15	134+00130	21950	R-301	R-301	100	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301100
A15	134+00300	22120	R-301	R-301	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30170
A15	136+00670	24460	R-301	R-301	100	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301100
A15	138+00840	26640	R-301	R-301	120	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301120
A15	139+00480	27290	R-301	R-301	120	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301120

Tramo	PK	distancia	distancia	Expr1006	Código	vel max cam	Situación	Sentido	Tipo	Señal	dist*vel max	
A15	112+00440	290	440	R-301	100	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	39600	
A15	112+00880	730	430	R-301	120	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	38700	
A15	113+00300	1160	580	R-301	80	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	46400	
A15	113+00880	1740	1890	R-301	80	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	151200	
A15	115+00900	3630	1130	R-301	100	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	101700	
A15	117+00040	4760	2100	R-301	100	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	189000	
A15	119+00100	6860	2210	R-301	120	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	198900	
A15	121+00310	9070	660	R-301	120	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	59400	
A15	121+00970	9730	1830	R-301	120	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	164700	
A15	123+00810	11560	490	R-301	100	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	44100	
A15	124+00290	12050	180	R-301	100	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	16200	
A15	124+00470	12230	830	R-301	90	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	74700	
A15	125+00250	13060	970	R-301	120	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	87300	
A15	126+00240	14030	570	R-301	90	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	51300	
A15	126+00810	14600	610	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	42700	
A15	127+00490	15210	6660	R-301	120	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	599400	
A15	134+00050	21870	80	R-301	120	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	7200	
A15	134+00130	21950	170	R-301	100	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	15300	
A15	134+00300	22120	2340	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	163800	
A15	136+00670	24460	2180	R-301	100	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	196200	
A15	138+00840	26640	650	R-301	120	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	58500	
A15	139+00480	27290		R-301	120	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima		
		27000										Vel media
										2346300		86,9

A 2.1 Datos filtrados de velocidades (tabla superior) y tratamiento en Excel de los mismos (tabla inferior) para la ALTERNATIVA 1.

VELOCIDADES												
Tramo	PK	Distancia	Expr106	Código	Vel	Situación	Sentido	Tipo	Señal	Grupo	Subgrupo	Placa
N121A	6+00280	730	R-301	R-301	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30170
N121A	6+00510	960	R-301	R-301	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30140
N121A	6+00600	1050	R-301	R-301	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30170
N121A	7+00750	2190	R-301	R-301	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30170
N121A	8+00590	3040	R-301	R-301	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30170
N121A	9+00990	4400	R-301	R-301	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30170

N121A	65+00880	60190	R-301	R-301		Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301
N121A	66+00440	60780	R-301	R-301		Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301
N121A	66+00770	61110	R-301	R-301	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30180
N121A	67+00240	61570	R-301	R-301		Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301
N121A	67+00880	62210	R-301	R-301		Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301
N121A	68+00120	62450	R-301	R-301	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30160

Tramo	PK	distancia	distancia	Expr1006	Código	vel max cam	Situación	Sentido	Tipo	Señal	dist*vel max	
N121A	6+00280	730	230	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	16100	
N121A	6+00510	960	90	R-301	40	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	3600	
N121A	6+00600	1050	1140	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	79800	
N121A	7+00750	2190	850	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	59500	
N121A	8+00590	3040	1360	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	95200	
N121A	9+00990	4400	300	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	21000	
N121A	10+00270	4700	1640	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	114800	
N121A	11+00960	6340	3920	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	274400	

N121A	35+00810	30190	770	R-301	90	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	61600	
N121A	36+00580	30960	430	R-301	90	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	34400	
N121A	37+00020	31390	2570	R-301	90	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	205600	
N121A	39+00600	33960	580	R-301	90	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	46400	
N121A	40+00130	34540	690	R-301	80	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	55200	
N121A	40+00820	35230		R-301	80	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	0	
			34500								2412800	Vel media 69,59792285

Tramo	PK	distancia	distancia	Expr1006	Código	vel max cam	Situación	Sentido	Tipo	Señal	dist*vel max	
N121A	41+00090	35490	570	R-301	60	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	34200	
N121A	41+00660	36060	950	R-301	80	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	76000	
N121A	42+00600	37010	670	R-301	80	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	53600	
N121A	43+00310	37680	60	R-301	80	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	4800	
N121A	43+00370	37740	850	R-301	60	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	51000	
N121A	44+00240	38590	890	R-301	80	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	71200	
N121A	45+00150	39480	1000	R-301	80	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	80000	

N121A	64+00570	58880	560	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	39200	
N121A	65+00130	59440	110	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	7700	
N121A	65+00240	59550	460	R-301	40	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	18400	
N121A	65+00700	60010	180	R-301	60	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	10800	
N121A	65+00880	60190	590	R-301	60	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	35400	
N121A	66+00440	60780	330	R-301	60	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	19800	
N121A	66+00770	61110	460	R-301	80	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	36800	
N121A	67+00240	61570	640	R-301	80	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	51200	
N121A	67+00880	62210	240	R-301	80	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	19200	
N121A	68+00120	62450		R-301	60	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	0	
			26960								1984200	Vel media 73,59792285

A 2.2 Datos filtrados de velocidades (primeras y últimas celdas en tabla superior) y tratamiento en Excel de los mismos (primeras y últimas celdas de tramos tratados en tabla inferior) para la ALTERNATIVA 2.



VELOCIDADES												
Tramo ▾	PK ▾	Distanc ▾	Expr10 ▾	Cód ▾	Val ▾	Situac ▾	Sentidc ▾	Tip ▾	Seña ▾	Grupo ▾	Subgrup ▾	Placa ▾
N121B	41+00400	180	R-301	R-301	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30160
N121B	42+00290	960	R-301	R-301	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30180
N121B	43+00500	2260	R-301	R-301	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30170
N121B	44+00950	3730	R-301	R-301	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30140
N121B	44+01020	3800	R-301	R-301	20	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30120
N121B	44+01750	4530	R-301	R-301	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30160
N121B	46+00800	5650	R-301	R-301	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30160
N121B	46+00970	5820	R-301	R-301	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30160
N121B	47+00230	6120	R-301	R-301	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30160
N121B	47+00350	6240	R-301	R-301	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30140
N121B	48+00380	7270	R-301	R-301	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30160
N121B	48+00790	7680	R-301	R-301	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30160
N121B	49+00120	8010	R-301	R-301	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30160
N121B	49+00600	8490	R-301	R-301	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30160
N121B	50+00830	9710	R-301	R-301	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30150
N121B	51+00050	9950	R-301	R-301	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30150
N121B	55+00270	14160	R-301	R-301	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30180
N121B	71+00700	30560	R-301	R-301	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30170
N121B	71+00830	30690	R-301	R-301	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30150
N121B	72+00470	31330	R-301	R-301	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30170
N121B	72+00760	31620	R-301	R-301	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30150
N121B	72+00870	31730	R-301	R-301	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30140

Tramo	PK	distancia	distancia	Expr1006	Código	vel max cam	Situación	Sentido	Tipo	Señal	dist*vel max		
N121B	41+00400	180	780	R-301	60	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	46800		
N121B	42+00290	960	1300	R-301	80	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	91000		
N121B	43+00500	2260	1470	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	102900		
N121B	44+00950	3730	70	R-301	40	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	2800		
N121B	44+01020	3800	730	R-301	20	20	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	14600		
N121B	44+01750	4530	1120	R-301	60	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	67200		
N121B	46+00800	5650	170	R-301	60	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	10200		
N121B	46+00970	5820	300	R-301	60	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	18000		
N121B	47+00230	6120	120	R-301	60	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	7200		
N121B	47+00350	6240	1030	R-301	40	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	41200		
N121B	48+00380	7270	410	R-301	60	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	24600		
N121B	48+00790	7680	330	R-301	60	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	19800		
N121B	49+00120	8010	480	R-301	60	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	28800		
N121B	49+00600	8490	1220	R-301	60	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	73200		
N121B	50+00830	9710	240	R-301	50	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	12000		
N121B	51+00050	9950	4210	R-301	50	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	210500		
N121B	55+00270	14160	16400	R-301	80	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	1148000		
N121B	71+00700	30560	130	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	9100		
N121B	71+00830	30690	640	R-301	50	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	32000		
N121B	72+00470	31330	290	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	20300		
N121B	72+00760	31620	110	R-301	50	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	5500		
N121B	72+00870	31730		R-301	40	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	0		
			31550								1985700		Vel media 62,93819334

A 2.3 Datos filtrados de velocidades (tabla superior) y tratamiento en Excel de los mismos (tabla inferior) para la ALTERNATIVA 3.

VELOCIDADES												
Tramo	PK	Distan	Expr10	Cód	Val	Situac	Sentido	Tip	Seña	Grupo	Subgrup	Plac
N135	7+00530	200	R-301	R-301	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30140
N135	9+00350	2020	R-301	R-301	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30150
N135	9+00950	2620	R-301	R-301	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30170
N135	11+00070	3740	R-301	R-301	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30180
N135	12+00140	4810	R-301	R-301	80	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30180
N135	12+00240	4910	R-301	R-301	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30150
N135	18+00920	11580	R-301	R-301	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30170

N135	43+00920	36470	R-301	R-301	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30140
N135	46+00880	39420	R-301	R-301	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30170
N135	46+00940	39480	R-301	R-301	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30150
N135	62+00950	55350	R-301	R-301	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30170
N135	63+00020	55420	R-301	R-301	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30140
N135	63+00280	55680	R-301	R-301	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30140
N135	66+00070	58450	R-301	R-301	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30170
N135	66+00190	58570	R-301	R-301	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30150

Tramo	PK	distancia	distancia	Expr1006	Código	vel max cam	Situación	Sentido	Tipo	Señal	dist*vel max		
N135	7+00530	200	1820	R-301	40	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	72800		
N135	9+00350	2020	600	R-301	50	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	30000		
N135	9+00950	2620	1120	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	78400		
N135	11+00070	3740	1070	R-301	80	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	74900		
N135	12+00140	4810	100	R-301	80	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	7000		
N135	12+00240	4910	6670	R-301	50	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	333500		
N135	18+00920	11580	570	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	39900		
N135	19+00490	12150	300	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	21000		
N135	19+00790	12450	240	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	16800		
N135	20+00040	12690	80	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	5600		
N135	20+00120	12770	30	R-301	50	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	1500		
N135	20+00150	12800	2350	R-301	50	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	117500		
N135	22+00500	15150	50	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	3500		
N135	22+00550	15200	90	R-301	50	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	4500		
N135	22+00640	15290	6420	R-301	40	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	256800		
N135	29+00110	21710	70	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	4900		
N135	29+00180	21780	4970	R-301	50	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	248500		
N135	34+00180	26750	90	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	6300		
N135	34+00270	26840	1030	R-301	50	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	51500		
N135	35+00290	27870	90	R-301	60	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	5400		
N135	35+00380	27960	4500	R-301	40	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	180000		
N135	39+00900	32460	70	R-301	40	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	2800		
N135	40+00000	32530	3860	R-301	40	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	154400		
N135	43+00840	36390	60	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	4200		
N135	43+00900	36450	20	R-301	40	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	800		
N135	43+00920	36470	2950	R-301	40	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	118000		
N135	46+00880	39420	60	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	4200		
N135	46+00940	39480	15870	R-301	50	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	793500		
N135	62+00950	55350	70	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	4900		
N135	63+00020	55420	260	R-301	40	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	10400		
N135	63+00280	55680	2770	R-301	40	40	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	110800		
N135	66+00070	58450	120	R-301	70	70	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	8400		
N135	66+00190	58570		R-301	50	50	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	0		
			58370								2772700	Vel media	47,50214151

A 2.4 Datos filtrados de velocidades (primeras y últimas celdas en tabla superior) y tratamiento en Excel de los mismos (tabla inferior) para la ALTERNATIVA 4.

VELOCIDADES													
Tramo	PK	Distan	Expr10	Cód	Val	Situac	Sentido	Tip	Seña	Grupo	Subgrup	Placa	
A21	5+00990	0	R-301	R-301	100	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-301100	
A21	5+01150	160	R-301	R-301	90	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30190	
A21	5+01230	240	R-301	R-301	60	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	Reglamentación	Otras Prohibiciones	R-30160	

Tramo	PK	distancia	distancia	Expr1006	Código	vel max cam	Situación	Sentido	Tipo	Señal	dist°vel max	
A21	5+00990	0	<b>160</b>	R-301	100	<b>90</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>14400</b>	
A21	5+01150	160	<b>80</b>	R-301	90	<b>90</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>7200</b>	
A21	5+01230	240	<b>670</b>	R-301	60	<b>60</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>40200</b>	
A21	5+01900	910	<b>130</b>	R-301	120	<b>90</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>11700</b>	
A21	7+00030	1040	<b>110</b>	R-301	90	<b>90</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>9900</b>	
A21	7+00140	1150	<b>930</b>	R-301	60	<b>60</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>55800</b>	
A21	8+00010	2080	<b>1180</b>	R-301	120	<b>90</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>106200</b>	
A21	9+00210	3260	<b>90</b>	R-301	120	<b>90</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>8100</b>	
A21	9+00300	3350	<b>3050</b>	R-301	70	<b>70</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>213500</b>	
A21	12+00350	6400	<b>80</b>	R-301	70	<b>70</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>5600</b>	
A21	12+00430	6480	<b>1490</b>	R-301	70	<b>70</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>104300</b>	
A21	13+00910	7970	<b>1300</b>	R-301	120	<b>90</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>117000</b>	
A21	15+00230	9270	<b>100</b>	R-301	120	<b>90</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>9000</b>	
A21	15+00330	9370	<b>5590</b>	R-301	70	<b>70</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>391300</b>	
A21	20+00920	14960	<b>130</b>	R-301	70	<b>70</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>9100</b>	
A21	21+00060	15090	<b>6720</b>	R-301	70	<b>70</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>470400</b>	
A21	27+00780	21810	<b>100</b>	R-301	70	<b>70</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>7000</b>	
A21	27+00880	21910	<b>1000</b>	R-301	70	<b>70</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>70000</b>	
A21	28+00880	22910	<b>3350</b>	R-301	120	<b>90</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>301500</b>	
A21	32+00270	26260		R-301	120	<b>90</b>	Derecha	Ascendente	Lateral	Velocidad máxima	<b>0</b>	
											<b>Vel media</b>	
											<b>1952200</b>	<b>74.34120338</b>

**A 2.5 Datos filtrados de velocidades (primeras y últimas celdas de tramos tratados en tabla superior) y tratamiento en Excel de los mismos (tramos tratados en tabla inferior) para la ALTERNATIVA 5.**



## ANEXO 3: DATOS DEL SUBCRITERIO: PENDIENTES.

PENDIENTES																
Tramo	PK	Distancia	UTM X	UTM Y	UTM Z	Carriles	Ancho Plataforma	Ancho Calzada	Arcén Derecho	Arcén Izquierdo	radio	Radio valor absoluto	Peralte	Pendiente	Pendiente Valor Absoluto	Campaña
N240A_2	6+00210	20	607208	4745073	433	2	14,1	9,1	2,5	2,5	9000	9000	-2,5	0,1	0,1	0
N240A_2	6+00220	30	607200	4745079	433	2	12,6	7,6	2,5	2,5	9000	9000	-2,5	0,1	0,1	0
N240A_2	6+00230	40	607193	4745086	433	2	12,6	7,6	2,5	2,5	9000	9000	-2,6	0,2	0,2	0

N240A_2	20+00980	14790	595458	4753222	453	1	5,7	3,9	1,8	0	360	360	-2,3	0,2	0,2	0
N240A_2	20+00990	14800	595464	4753230	453	1	5,7	3,9	1,8	0	650	650	-2,6	0,2	0,2	0
N240A_2	20+01000	14810	595471	4753237	453	1	3,8	3,8	0	0	1120	1120	-3	0,1	0,1	0

PENDIENTES																
Tramo	PK	Distancia	UTM X	UTM Y	UTM Z	Carriles	Ancho Plataforma	Ancho Calzada	Arcén Derecho	Arcén Izquierdo	radio	Radio valor absoluto	Peralte	Pendiente	Pendiente Valor Absoluto	Campaña
A15	112+00330	180	595049	4752068	439	2	11,8	7,3	3,5	1	790	790	-7	0,2	0,2	2009
A15	112+00340	190	595043	4752077	439	2	11,8	7,3	3,5	1	790	790	-7	0,4	0,4	2009
A15	112+00350	200	595037	4752086	439	2	11,8	7,3	3,5	1	790	790	-6,8	0,5	0,5	2009

A15	139+00740	27550	585989	4772935	0	2	9,8	7,3	1,5	1	-560	560	4,5	3,5	3,5	2009
A15	139+00750	27560	585985	4772944	0	2	9,8	7,3	1,5	1	-560	560	4,4	3,3	3,3	2009
A15	139+00760	27570	585980	4772953	0	2	9,8	7,3	1,5	1	-560	560	4,4	3,3	3,3	2009

PENDIENTES																
Tramo	PK	Distancia	UTM Z	Carriles	Pendiente	Pendiente Valor Absoluto										
N240A_2	6+00210	20	433	2	0,1	0,1										
N240A_2	6+00220	30	433	2	0,1	0,1										
N240A_2	6+00230	40	433	2	0,2	0,2										

N240A_2	20+00980	14790	453	1	0,2	0,2										
N240A_2	20+00990	14800	453	1	0,2	0,2										
N240A_2	20+01000	14810	453	1	0,1	0,1										
Longitud via		14790									6810	22495	pend media 3,30323054			

Tramo	PK	Distancia	UTM Z	Carriles	Pendiente	Pendiente Valor Absoluto										
A15	112+00330	180	439	2	0,2	0,2										
A15	112+00340	190	439	2	0,4	0,4										
A15	112+00350	200	439	2	0,5	0,5										

A15	139+00740	27550	0	2	3,5	3,5										
A15	139+00750	27560	0	2	3,3	3,3										
A15	139+00760	27570	0	2	3,3	3,3										
Longitud via		27390									14800	38772	pend media 2,61972973			

A 3.1 Datos de pendientes (primeras y últimas celdas de tramos tratados en tabla superior) y tratamiento en Excel de los mismos (primeras y últimas celdas de tramos tratados en tabla inferior) para la ALTERNATIVA 1.

PENDIENTES																		
Tramo	PK	Distancia	UTM X	UTM Y	UTM Z	Carriles	Ancho Plataforma	Ancho Calzada	Arcén Derecho	Arcén Izquierdo	radio	Radio valor absoluto	Peralte	Pendiente	Pendiente Valor Absoluto	Gálibo Izq	Gálibo Der	Campaña
N121A	5+00790	220	612474	4744832	446	3	16,7	11,5	2,6	2,6	320	320	-4,9	0,1	0,1	0	0	2010
N121A	5+00800	230	612469	4744840	446	3	16,7	11,5	2,6	2,6	320	320	-4,8	0,2	0,2	0	0	2010
N121A	5+00810	240	612464	4744849	446	3	16,7	11,5	2,6	2,6	320	320	-4,7	0,3	0,3	0	0	2010
N121A	5+00820	250	612459	4744858	446	3	16,7	11,5	2,6	2,6	320	320	-4,7	0,4	0,4	0	0	2010
N121A	5+00830	260	612455	4744867	446	3	16,7	11,5	2,6	2,6	320	320	-4,6	0,4	0,4	0	0	2010
N121A	5+00840	270	612451	4744876	446	3	16,7	11,5	2,6	2,6	320	320	-4,6	0,5	0,5	0	0	2010
N121A	5+00850	280	612447	4744885	446	3	16,7	11,5	2,6	2,6	320	320	-4,6	0,6	0,6	0	0	2010
N121A	5+00860	290	612444	4744895	446	4	17	11,8	2,6	2,6	320	320	-4,6	0,7	0,7	0	0	2010
N121A	5+00870	300	612441	4744905	446	4	17,2	12,2	2,4	2,6	320	320	-4,7	0,7	0,7	0	0	2010
N121A	5+00880	310	612439	4744914	446	4	17,7	12,8	2,3	2,6	320	320	-4,7	0,8	0,8	0	0	2010
N121A	5+00890	320	612437	4744924	447	4	18,2	13,3	2,3	2,6	320	320	-4,8	0,8	0,8	0	0	2010
N121A	5+00900	330	612436	4744934	447	4	18,7	13,8	2,3	2,6	320	320	-4,9	0,8	0,8	0	0	2010
N121A	5+00910	340	612434	4744944	447	4	19,3	14,4	2,3	2,6	320	320	-5	0,8	0,8	0	0	2010

N121A	68+00150	62480	603406	4794221	23	4	15,6	14,4	0	1,2	330	330	-6,8	2,8	2,8	0	0	2010
N121A	68+00160	62490	603396	4794223	24	4	15,6	14,4	0	1,2	330	330	-6,8	2,8	2,8	0	0	2010
N121A	68+00170	62500	603387	4794225	24	4	15,6	14,4	0	1,2	330	330	-6,8	2,7	2,7	0	0	2010
N121A	68+00180	62510	603377	4794228	24	4	15,6	14,4	0	1,2	330	330	-6,8	2,7	2,7	0	0	2010
N121A	68+00190	62520	603368	4794232	24	4	15,6	14,4	0	1,2	330	330	-6,7	2,7	2,7	0	0	2010
N121A	68+00200	62530	603359	4794235	24	3	10,9	10,9	0	0	330	330	-6,7	2,7	2,7	0	0	2010
N121A	68+00210	62540	603349	4794239	25	3	12,5	10,9	1,6	0	330	330	-6,6	2,7	2,7	0	0	2010
N121A	68+00220	62550	603340	4794242	25	3	14,1	10,9	1,6	1,6	330	330	-6,6	2,7	2,7	0	0	2010
N121A	68+00230	62560	603331	4794247	26	3	14,1	10,9	1,6	1,6	330	330	-6,5	2,6	2,6	0	0	2010
N121A	68+00240	62570	603322	4794252	27	3	14,1	10,9	1,6	1,6	330	330	-6,5	2,4	2,4	0	0	2010
N121A	68+00250	62580	603313	4794256	27	3	14,1	10,9	1,6	1,6	330	330	-6,5	2,1	2,1	0	0	2010
N121A	68+00260	62590	603305	4794261	27	3	14,1	10,9	1,6	1,6	330	330	-6,6	1,8	1,8	0	0	2010
N121A	68+00270	62600	603296	4794267	28	3	12,5	10,9	1,6	0	330	330	-6,6	1,5	1,5	0	0	2010
N121A	68+00280	62610	603288	4794273	29	3	12,5	10,9	1,6	0	330	330	-6,7	1,2	1,2	0	0	2010
N121A	68+00290	62620	603280	4794279	29	4	17,2	14,4	1,6	1,2	330	330	-6,7	0,9	0,9	0	0	2010
N121A	68+00300	62630	603272	4794284	29	4	17,2	14,4	1,6	1,2	330	330	-6,7	0,6	0,6	0	0	2010
N121A	68+00310	62640	603264	4794291	30	4	17,2	14,4	1,6	1,2	330	330	-6,7	0,2	0,2	0	0	2010

PENDIENTES																	
Tramo	PK	Distancia	UTM Z	Carriles	Pendiente	Pendiente Valor Absoluto		distancia	dist*pend								
N121A	5+00790	220	446	3	0,1	0,1		10	1								
N121A	5+00800	230	446	3	0,2	0,2		10	2								
N121A	5+00810	240	446	3	0,3	0,3		10	3								
N121A	5+00820	250	446	3	0,4	0,4		10	4								
N121A	5+00830	260	446	3	0,4	0,4		10	4								
N121A	5+00840	270	446	3	0,5	0,5		10	5								
N121A	5+00850	280	446	3	0,6	0,6		10	6								
N121A	5+00860	290	446	4	0,7	0,7		10	7								
N121A	5+00870	300	446	4	0,7	0,7		10	7								
N121A	5+00880	310	446	4	0,8	0,8		10	8								
N121A	5+00890	320	447	4	0,8	0,8		10	8								
N121A	5+00900	330	447	4	0,8	0,8		10	8								
N121A	5+00910	340	447	4	0,8	0,8		10	8								
N121A	5+00920	350	447	4	0,7	0,7		10	7								
N121A	5+00930	360	447	4	0,7	0,7		10	7								
N121A	5+00940	370	447	4	0,6	0,6		10	6								
N121A	5+00950	380	447	4	0,5	0,5		10	5								
N121A	5+00960	390	447	4	0,4	0,4		10	4								

N121A	68+00180	62510	24	4	2,7	2,7		10	27								
N121A	68+00190	62520	24	4	2,7	2,7		10	27								
N121A	68+00200	62530	24	3	2,7	2,7		10	27								
N121A	68+00210	62540	25	3	2,7	2,7		10	27								
N121A	68+00220	62550	25	3	2,7	2,7		10	27								
N121A	68+00230	62560	26	3	2,6	2,6		10	26								
N121A	68+00240	62570	27	3	2,4	2,4		10	24								
N121A	68+00250	62580	27	3	2,1	2,1		10	21								
N121A	68+00260	62590	27	3	1,8	1,8		10	18								
N121A	68+00270	62600	28	3	1,5	1,5		10	15								
N121A	68+00280	62610	29	3	1,2	1,2		10	12								
N121A	68+00290	62620	29	4	0,9	0,9		10	9								
N121A	68+00300	62630	29	4	0,6	0,6		10	6								
N121A	68+00310	62640	30	4	0,2	0,2											pend media
Longitud via		62420						22860	46060								2,01487314

A 3.2 Datos de pendientes (primeras y últimas celdas en tabla superior) y tratamiento en Excel de los mismos (primeras y últimas celdas en tabla inferior) para la ALTERNATIVA 2.

PENDIENTES																		
Tramo	PK	Distancia	UTM X	UTM Y	UTM Z	Carriles	Ancho Plataforma	Ancho Calzada	Arcén Derecho	Arcén Izquierdo	radio	Radio valor absoluto	Peralte	Pendiente	Pendiente Valor Absoluto	Gálibo Izq	Gálibo Der	Campaña
N121A	5+00790	220	612474	4744832	446	3	16,7	11,5	2,6	2,6	320	320	-4,9	0,1	0,1	0	0	2010
N121A	5+00800	230	612469	4744840	446	3	16,7	11,5	2,6	2,6	320	320	-4,8	0,2	0,2	0	0	2010
N121A	5+00810	240	612464	4744849	446	3	16,7	11,5	2,6	2,6	320	320	-4,7	0,3	0,3	0	0	2010

N121A	40+00120	34530	614345	4776095	197	4	14,3	11,6	1,5	1,2	-3460	3460	0,2	1,4	1,4	0	0	2010
N121A	40+00130	34540	614340	4776104	198	3	14,1	11,4	1,5	1,2	-4320	4320	-0,1	1	1	0	0	2010
N121A	40+00140	34550	614335	4776112	198	3	15,2	11,4	2,6	1,2	-4480	4480	-0,4	0,6	0,6	0	0	2010
N121A	40+00150	34560	614331	4776121	198	3	15,2	11,4	2,6	1,2	9000	9000	-0,6	0,2	0,2	0	0	2010

PENDIENTES																		
Tramo	PK	Distancia	UTM X	UTM Y	UTM Z	Carriles	Ancho Plataforma	Ancho Calzada	Arcén Derecho	Arcén Izquierdo	radio	Radio valor absoluto	Peralte	Pendiente	Pendiente Valor Absoluto	Gálibo Izq	Gálibo Der	Campaña
N121B	41+00640	420	613237	4776975	162	2	8,6	7,4	1,2	0	140	140	-4,2	0,2	0,2	0	0	2008
N121B	41+00650	430	613234	4776984	162	2	8,6	7,4	1,2	0	130	130	-4,6	0,3	0,3	0	0	2008
N121B	41+00660	440	613232	4776994	162	2	9,8	7,4	1,2	1,2	140	140	-4,9	0,5	0,5	0	0	2008

N121B	71+00790	30650	621411	4793324	108	2	7,3	7,3	0	0	360	360	-3,7	1,4	1,4	0	0	2008
N121B	71+00800	30660	621406	4793333	108	2	7,3	7,3	0	0	350	350	-4,1	0,6	0,6	0	0	2008
N121B	73+00190	32000	621364	4794656	74	2	7,6	7,6	0	0	290	290	-0,3	0,1	0,1	0	0	2008
N121B	73+00200	32010	621372	4794662	71	2	7,6	7,6	0	0	290	290	-0,6	0,5	0,5	0	0	2008

PENDIENTES									
Tramo	PK	Distancia	UTM Z	Carriles	Pendiente	Pendiente Valor Absoluto	distancia	dist*pend	
N121A	5+00790	220	446	3	0,1	0,1	10	1	
N121A	5+00800	230	446	3	0,2	0,2	10	2	
N121A	5+00810	240	446	3	0,3	0,3	10	3	
N121A	40+00120	34530	197	4	1,4	1,4	10	14	
N121A	40+00130	34540	198	3	1	1	10	10	
N121A	40+00140	34550	198	3	0,6	0,6	10	6	
N121A	40+00150	34560	198	3	0,2	0,2			pend media
	Longitud via	34340					15120	33997	2,24847884

Tramo	PK	Distancia	UTM Z	Carriles	Pendiente	Pendiente Valor Absoluto	distancia	dist*pend					
N121B	41+00640	420	162	2	0,2	0,2	10	2					
N121B	41+00650	430	162	2	0,3	0,3	10	3					
N121B	41+00660	440	162	2	0,5	0,5	10	5					
N121B	41+00670	450	163	2	0,6	0,6	10	6					
N121B	41+00680	460	163	2	0,7	0,7	10	7					

N121B	71+00730	30590	105	2	2,9	2,9	10	29					
N121B	71+00740	30600	106	2	3,1	3,1	10	31					
N121B	71+00750	30610	106	2	3,3	3,3	10	33					
N121B	71+00760	30620	106	2	3,2	3,2	10	32					
N121B	71+00770	30630	107	2	2,9	2,9	10	29					
N121B	71+00780	30640	107	2	2,2	2,2	10	22					
N121B	71+00790	30650	108	2	1,4	1,4	10	14					
N121B	71+00800	30660	108	2	0,6	0,6							
N121B	73+00190	32000	74	2	0,1	0,1	10	1					
N121B	73+00200	32010	71	2	0,5	0,5							pend media
	Longitud via	31590					16440	47992					2,91922141

A 3.3 Datos de pendientes (primeras y últimas celdas de tramos tratados en tabla superior) y tratamiento en Excel de los mismos (primeras y últimas celdas de tramos tratados en tabla inferior) para la ALTERNATIVA 3.



PENDIENTES																		
Tramo	PK	Distancia	UTM X	UTM Y	UTM Z	Carriles	Ancho Plataforma	Ancho Calzada	Arcén Derecho	Arcén Izquierdo	radio	Radio valor absoluto	Peralte	Pendiente	Pendiente Valor Absoluto	Gálibo Izq	Gálibo Der	Campaña
N135	7+00330	0	615607	4743999	449	1	4,2	4,2	0	0	9000	9000	1,7	0,4	0,4	0	0	2008
N135	7+00340	10	615606	4744009	449	1	5,4	4,2	1,2	0	9000	9000	1,1	0,4	0,4	0	0	2008
N135	7+00350	20	615606	4744019	449	1	5,3	4,2	1,1	0	9000	9000	0,3	0,3	0,3	0	0	2008
N135	7+00360	30	615605	4744029	449	1	5	4,2	0,8	0	9000	9000	-0,4	0,2	0,2	0	0	2008
N135	7+00370	40	615604	4744039	449	1	4,8	4,2	0,6	0	9000	9000	-1	0,2	0,2	0	0	2008
N135	7+00380	50	615603	4744049	449	1	4,8	4,2	0,6	0	9000	9000	-1,4	0,3	0,3	0	0	2008
N135	7+00390	60	615602	4744059	449	1	4,8	4,2	0,6	0	9000	9000	-1,6	0,4	0,4	0	0	2008
N135	7+00400	70	615602	4744069	449	1	4,8	4,2	0,6	0	9000	9000	-1,7	0,5	0,5	0	0	2008
N135	7+00410	80	615602	4744079	449	1	4,8	4,2	0,6	0	9000	9000	-1,8	0,7	0,7	0	0	2008
N135	7+00420	90	615601	4744089	450	1	4,8	4,2	0,6	0	9000	9000	-1,8	0,8	0,8	0	0	2008
N135	7+00430	100	615600	4744099	450	1	4,8	4,2	0,6	0	9000	9000	-1,8	1	1	0	0	2008
N135	7+00440	110	615600	4744109	450	1	4,8	4,2	0,6	0	9000	9000	-1,7	1,1	1,1	0	0	2008
N135	7+00450	120	615600	4744119	450	1	4,8	4,2	0,6	0	9000	9000	-1,7	1,2	1,2	0	0	2008
N135	7+00460	130	615599	4744129	450	1	4,8	4,2	0,6	0	9000	9000	-1,8	1,1	1,1	0	0	2008
N135	7+00470	140	615599	4744139	450	1	4,8	4,2	0,6	0	9000	9000	-2	0,9	0,9	0	0	2008
N135	7+00480	150	615598	4744149	450	1	4,8	4,2	0,6	0	4590	4590	-2,2	0,7	0,7	0	0	2008
N135	7+00490	160	615597	4744159	450	2	8,4	6,8	0,6	1	4360	4360	-2,3	0,5	0,5	0	0	2008

N135	64+00680	57090	638885	4773329	304	2	8,2	7,1	1,1	0	120	120	-2,7	3,8	3,8	0	0	2008
N135	64+00690	57100	638888	4773338	305	2	8,2	7,1	1,1	0	110	110	-2,7	3,7	3,7	0	0	2008
N135	64+00700	57110	638893	4773347	306	2	8,2	7,1	1,1	0	130	130	-2,7	3,6	3,6	0	0	2008
N135	64+00710	57120	638898	4773356	306	2	8,1	7	1,1	0	260	260	-2,7	3,5	3,5	0	0	2008
N135	64+00720	57130	638904	4773364	307	2	8	6,9	1,1	0	440	440	-2,8	3,5	3,5	0	0	2008
N135	64+00730	57140	638910	4773372	306	2	8	6,9	1,1	0	600	600	-3	3,5	3,5	0	0	2008
N135	64+00740	57150	638916	4773380	306	2	8	6,9	1,1	0	760	760	-3,4	3,6	3,6	0	0	2008
N135	64+00750	57160	638922	4773388	306	2	8	6,9	1,1	0	700	700	-4	3,7	3,7	0	0	2008
N135	64+00760	57170	638928	4773396	306	2	8	6,9	1,1	0	610	610	-4,7	3,7	3,7	0	0	2008
N135	64+00770	57180	638933	4773404	306	2	8	6,9	1,1	0	480	480	-5,2	3,6	3,6	0	0	2008
N135	64+00780	57190	638940	4773412	306	2	8	6,9	1,1	0	380	380	-5,3	3,3	3,3	0	0	2008
N135	64+00790	57200	638946	4773420	306	2	8	6,9	1,1	0	540	540	-4,9	2,7	2,7	0	0	2008
N135	64+00800	57210	638953	4773427	307	2	8	6,9	1,1	0	-460	460	-4,1	2	2	0	0	2008
N135	64+00810	57220	638960	4773435	306	2	6,9	6,9	0	0	-330	330	-2,9	1,2	1,2	0	0	2008
N135	64+00820	57230	638966	4773442	306	2	7	7	0	0	-160	160	-1,5	0,6	0,6	0	0	2008
N135	64+00830	57240	638973	4773450	305	2	7,1	7,1	0	0	-110	110	0	0,1	0,1	0	0	2008
N135	65+00510	57900	639237	4773971	294	2	6,9	6,9	0	0	610	610	-7,1	0,1	0,1	0	0	2008
N135	65+00520	57910	639243	4773978	294	2	6,9	6,9	0	0	810	810	-6,8	0,2	0,2	0	0	2008
N135	65+00530	57920	639250	4773986	295	2	6,9	6,9	0	0	570	570	-6,6	0,2	0,2	0	0	2008
N135	65+00540	57930	639257	4773993	295	2	7	7	0	0	230	230	-6,6	0,1	0,1	0	0	2008

PENDIENTES																	
Tramo	PK	Distancia	UTM Z	Carriles	Pendiente	Pendiente Valor Absoluto		distancia	dist*pend								
N135	8+00000	670	454	2	0,3	0,3		10	3								
N135	8+00010	680	454	2	0,4	0,4		10	4								
N135	8+00020	690	454	2	0,6	0,6		10	6								
N135	8+00030	700	454	2	0,7	0,7		10	7								
N135	8+00040	710	454	2	0,8	0,8		10	8								
N135	8+00050	720	454	2	0,9	0,9		10	9								
N135	8+00060	730	454	2	0,9	0,9		10	9								
N135	8+00070	740	454	2	0,9	0,9		10	9								
N135	8+00080	750	454	2	0,9	0,9		10	9								
N135	8+00090	760	455	2	0,9	0,9		10	9								

N135	64+00700	57110	306	2	3,6	3,6		10	36								
N135	64+00710	57120	306	2	3,5	3,5		10	35								
N135	64+00720	57130	307	2	3,5	3,5		10	35								
N135	64+00730	57140	306	2	3,5	3,5		10	35								
N135	64+00740	57150	306	2	3,6	3,6		10	36								
N135	64+00750	57160	306	2	3,7	3,7		10	37								
N135	64+00760	57170	306	2	3,7	3,7		10	37								
N135	64+00770	57180	306	2	3,6	3,6		10	36								
N135	64+00780	57190	306	2	3,3	3,3		10	33								
N135	64+00790	57200	306	2	2,7	2,7		10	27								
N135	64+00800	57210	307	2	2	2		10	20								
N135	64+00810	57220	306	2	1,2	1,2		10	12								
N135	64+00820	57230	306	2	0,6	0,6		10	6								
N135	64+00830	57240	305	2	0,1	0,1											
N135	65+00510	57900	294	2	0,1	0,1		10	1								
N135	65+00520	57910	294	2	0,2	0,2		10	2								
N135	65+00530	57920	295	2	0,2	0,2		10	2								
N135	65+00540	57930	295	2	0,1	0,1											pend media
Longitud via		57260						28590	87262								3,05218608

A 3.4 Datos de pendientes (primeras y últimas celdas en tabla superior) y tratamiento en Excel de los mismos (primeras y últimas celdas en tabla inferior) para la ALTERNATIVA 4.

PENDIENTES																		
Tramo	PK	Distancia	UTM X	UTM Y	UTM Z	Carriles	Ancho Plataforma	Ancho Calzada	Arcén Derecho	Arcén Izquierdo	radio	Radio valor absoluto	Peralte	Pendiente	Pendiente Valor Absoluto	Gálibo Izq	Gálibo Der	Campaña
A21	5+00990	0	612115	4735831	450	2	7,6	5,1	2,5	0	-4640	4640	-2,2	2,4	2,4	0	0	2010
A21	5+01000	10	612114	4735821	450	2	8,1	5,6	2,5	0	-3960	3960	-1,8	2,4	2,4	0	0	2010
A21	5+01010	20	612113	4735812	450	2	8,5	6	2,5	0	-3260	3260	-1,1	2,4	2,4	0	0	2010
A21	5+01020	30	612112	4735802	451	2	9,1	6,6	2,5	0	-2780	2780	0	2,4	2,4	0	0	2010
A21	5+01030	40	612111	4735792	452	2	9,6	7,1	2,5	0	-2320	2320	1,2	2,4	2,4	0	0	2010
A21	5+01040	50	612110	4735782	452	2	9,6	7,1	2,5	0	-1960	1960	2,4	2,5	2,5	0	0	2010

A21	35+00940	29940	636601	4722272	490	1	3,6	3,6	0	0	2170	2170	-4,7	0,4	0,4	0	0	2010
A21	35+00950	29950	636610	4722268	490	1	3,6	3,6	0	0	1840	1840	-5,2	0,7	0,7	0	0	2010
A21	35+00960	29960	636620	4722265	490	1	3,6	3,6	0	0	1530	1530	-5,6	1,1	1,1	0	0	2010
A21	35+00970	29970	636629	4722262	491	1	3,6	3,6	0	0	1260	1260	-5,9	1,3	1,3	0	0	2010
A21	35+00980	29980	636639	4722258	491	1	3,6	3,6	0	0	1070	1070	-6,2	1,4	1,4	0	0	2010
A21	35+00990	29990	636648	4722255	491	1	3,6	3,6	0	0	910	910	-6,2	1,5	1,5	0	0	2010
A21	36+00000	30000	636658	4722251	491	1	3,7	3,7	0	0	780	780	-6	1,5	1,5	0	0	2010

PENDIENTES																		
Tramo	PK	Distancia	UTM X	UTM Y	UTM Z	Carriles	Ancho Plataforma	Ancho Calzada	Arcén Derecho	Arcén Izquierdo	radio	Radio valor absoluto	Peralte	Pendiente	Pendiente Valor Absoluto	Gálibo Izq	Gálibo Der	Campaña
N240	35+00000	0	636713	4722250	497	2	10,3	7,1	1,6	1,6	2160	2160	-5,1	4,1	4,1	0	0	2008
N240	35+00010	10	636722	4722246	498	2	10,3	7,1	1,6	1,6	1720	1720	-5,3	4,1	4,1	0	0	2008
N240	35+00020	20	636731	4722242	498	2	10,3	7,1	1,6	1,6	1470	1470	-5,7	4	4	0	0	2008
N240	35+00030	30	636740	4722238	498	2	10,3	7,1	1,6	1,6	1170	1170	-6,2	3,9	3,9	0	0	2008
N240	35+00040	40	636750	4722235	498	2	10,3	7,1	1,6	1,6	990	990	-6,7	4	4	0	0	2008

N240	51+00590	16500	650865	4720162	503	2	9,6	7,7	0,8	1,1	-270	270	0,3	4	4	0	0	2008
N240	51+00600	16510	650873	4720157	503	2	10,6	7,7	0,8	2,1	-170	170	1,4	3,7	3,7	0	0	2008
N240	51+00610	16520	650882	4720153	503	2	11,4	7,7	0,8	2,9	-130	130	2,5	3,4	3,4	0	0	2008
N240	51+00620	16530	650892	4720150	503	2	12,2	7,7	0,8	3,7	-110	110	3,4	3,1	3,1	0	0	2008
N240	51+00630	16540	650902	4720147	503	2	12,2	7,7	0,8	3,7	-90	90	4,2	2,3	2,3	0	0	2008
N240	51+00640	16550	650911	4720146	502	2	12,2	7,7	0,8	3,7	-90	90	4,9	1,4	1,4	0	0	2008
N240	51+00650	16560	650922	4720146	502	2	12,7	7,6	1,4	3,7	-100	100	5,7	0,4	0,4	0	0	2008

PENDIENTES																	
Tramo	PK	Distancia	UTM Z	Carriles	Pendiente	Pendiente Valor Absoluto	distancia	dist*pend									
A21	7+00200	1210	469	3	0,1	0,1	10	1									
A21	7+00210	1220	469	3	0,1	0,1	10	1									
A21	7+00220	1230	470	3	0,3	0,3	10	3									
A21	7+00230	1240	470	2	0,5	0,5	10	5									
A21	7+00240	1250	470	2	0,7	0,7	10	7									

35+00930	29930	490	1	0,2	0,2	10	2										
35+00940	29940	490	1	0,4	0,4	10	4										
35+00950	29950	490	1	0,7	0,7	10	7										
35+00960	29960	490	1	1,1	1,1	10	11										
35+00970	29970	491	1	1,3	1,3	10	13										
35+00980	29980	491	1	1,4	1,4	10	14										
35+00990	29990	491	1	1,5	1,5	10	15										
36+00000	30000	491	1	1,5	1,5												pend media
Longitud vía	28790					16430	25567										1,55611686

PK	Distancia	UTM Z	Carriles	Pendiente	Pendiente Valor Absoluto	distancia	dist*pend										
35+00000	0	497	2	4,1	4,1	10	41										
35+00010	10	498	2	4,1	4,1	10	41										
35+00020	20	498	2	4	4	10	40										
35+00030	30	498	2	3,9	3,9	10	39										
35+00040	40	498	2	4	4	10	40										

51+00620	16530	503	2	3,1	3,1	10	31										
51+00630	16540	503	2	2,3	2,3	10	23										
51+00640	16550	502	2	1,4	1,4	10	14										
51+00650	16560	502	2	0,4	0,4												pend media
Longitud vía	16560					6780	25438										3,7519174

**A 3.5 Datos de pendientes (primeras y últimas celdas de tramos tratados en tabla superior) y tratamiento en Excel de los mismos (primeras y últimas celdas de tramos tratados en tabla inferior) para la ALTERNATIVA 5.**



## ANEXO 4: DATOS AHP ECONÓMICO.

COSTE			
ALTERNATIVA	VALOR TOTAL CRITERIO	VALOR ESCALADO de 0 a 1	PREFERENCIA EN LA ESCALA DE COMPARACIÓN POR PARES DEL MÉTODO AHP
		Factor de escala: (S=1/17,71)	
A1	12,78	0,72	3
A2	16,40	0,93	2
A3	17,71	1,00	1
A4	15,22	0,86	2
A5	12,09	0,68	4

VELOCIDAD				
ALTERNATIVA	VALOR TOTAL CRITERIO	VALOR ESCALADO de 0 a 1	PREFERENCIA EN LA ESCALA DE COMPARACIÓN POR PARES DEL MÉTODO AHP	AJUSTE A LA INVERSA DE LA ESCALA
		Factor de escala: (S=1/86,90)		
A1	86,90	1,00	1	9
A2	71,50	0,82	2	8
A3	66,50	0,77	3	7
A4	47,50	0,55	5	5
A5	69,10	0,80	3	7

PENDIENTE			
ALTERNATIVA	VALOR TOTAL CRITERIO	VALOR ESCALADO de 0 a 1	PREFERENCIA EN LA ESCALA DE COMPARACIÓN POR PARES DEL MÉTODO AHP
		Factor de escala: (S=1/15,23)	
A1	14,50	0,95	1
A2	7,36	0,48	5
A3	12,45	0,82	2
A4	15,23	1,00	1
A5	11,26	0,74	3

### A 4.1 Acondicionamiento de datos para implementar en el método AHP.

Comparación por pares de las alternativas desde el punto de vista de COSTE. Cálculo de preferencias.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5			Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	PREFERENCIA
Alternativa 1	1,00	1,50	3,00	1,50	0,75			Alternativa 1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Alternativa 2	0,67	1,00	2,00	1,00	0,50			Alternativa 2	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Alternativa 3	0,33	0,50	1,00	0,50	0,25			Alternativa 3	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Alternativa 4	0,67	1,00	2,00	1,00	0,50			Alternativa 4	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Alternativa 5	1,33	2,00	4,00	2,00	1,00			Alternativa 5	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	4,00	6,00	12,00	6,00	3,00				1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CONSISTENCIA													
	0,25	1,00 0,67 0,33 0,67 1,33	0,17	1,50 1,00 0,50 1,00 2,00	0,08	3,00 2,00 1,00 2,00 4,00	0,17	1,50 1,00 0,50 1,00 2,00	0,33	0,75 0,50 0,25 0,50 1,00			
		+ 0,17 0,08 0,17 0,33	+ 0,17 0,08 0,17 0,33			+ 0,17 0,08 0,17 0,33	+ 0,17 0,08 0,17 0,33		0,25 0,17 0,08 0,17 0,33	+ 0,17 0,08 0,17 0,33	= 0,17 0,08 0,17 0,33		1,25 0,83 0,42 0,83 1,67
Alternativa 1	5,00												
Alternativa 2	5,00												
Alternativa 3	5,00		$\lambda_{max} =$	5									
Alternativa 4	5,00		Ci =	0									
Alternativa 5	5,00												
			CR =	0	0,1	n	Ri						
						3	0,58						
						4	0,9						
						5	1,12						
						6	1,24						
						7	1,32						
						8	1,41						

Comparación por pares de las alternativas considerando La velocidad. Cálculo de preferencias.

[illegible]

Comparación por pares de las alternativas desde el punto de vista la pendiente. Cálculo de preferencias.

[illegible]

#### A 4.2 Calculo de las matrices de comparación por pares de las alternativas según cada criterio.

Comparación por pares para la ponderación de los criterios.

[illegible]

### A 4.3 Calculo de la matriz de criterios y obtención de los pesos.

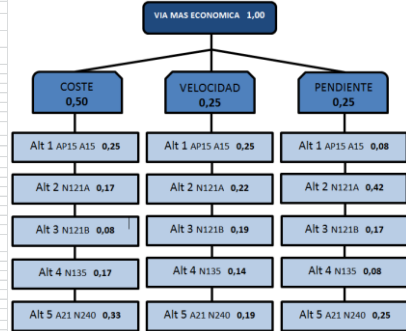
Metodo AHP. Matriz decisional. Analisis de sensibilidad.

MATRIZ DECISIONAL					
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
COSTE	0,25	0,17	0,08	0,17	0,33
VELOCIDAD	0,25	0,23	0,19	0,34	0,19
PENDIENTE	0,08	0,42	0,17	0,08	0,25

PESO CRITERIOS	
COSTE	0,50
VELOCIDAD	0,25
PENDIENTE	0,25

RESULTADOS AHP	
Alternativa 1	0,208
Alternativa 2	0,246
Alternativa 3	0,130
Alternativa 4	0,090
Alternativa 5	0,326

VALORES ALEATORIOS DE LOS PESOS					VALORES ALEATORIOS DE LOS PESOS(Normalizados)				
COSTE	VELOCIDAD	PENDIENTE	TOTAL		COSTE	VELOCIDAD	PENDIENTE	TOTAL	
Intervalo (0,40-0,60)	Intervalo (0,10-0,40)	Intervalo (0,10-0,40)			Intervalo (0,40-0,60)	Intervalo (0,10-0,40)	Intervalo (0,10-0,40)		
0,46	0,30	0,12	0,88	0,52	0,35	0,13	0,10	1,00	0,228
0,44	0,30	0,19	0,920451444	0,47	0,32	0,20	0,20	1,00	0,116
0,37	0,35	0,18	0,808065177	0,42	0,38	0,10	0,10	1,00	0,216
0,43	0,26	0,25	0,94377222	0,46	0,28	0,26	0,26	1,00	0,209
0,57	0,36	0,24	1,168408998	0,49	0,31	0,20	0,10	1,00	0,186
0,62	0,16	0,36	1,146836973	0,54	0,14	0,32	0,10	1,00	0,196
0,50	0,27	0,36	1,131240171	0,44	0,23	0,32	0,10	1,00	0,195
0,54	0,14	0,39	1,06900852	0,50	0,13	0,36	0,10	1,00	0,188
0,37	0,18	0,21	0,764619835	0,48	0,24	0,28	0,10	1,00	0,203
0,60	0,15	0,40	1,111448989	0,54	0,10	0,36	0,10	1,00	0,189
0,43	0,35	0,31	1,096110346	0,40	0,32	0,29	0,10	1,00	0,201
0,45	0,23	0,38	1,054910217	0,43	0,21	0,36	0,10	1,00	0,189
0,52	0,17	0,37	1,055786414	0,49	0,16	0,35	0,10	1,00	0,191
0,64	0,30	0,15	1,091868001	0,59	0,28	0,14	0,10	1,00	0,227
0,50	0,22	0,12	0,847037699	0,60	0,26	0,14	0,10	1,00	0,226
0,45	0,32	0,19	0,964422638	0,47	0,34	0,20	0,10	1,00	0,217
0,58	0,21	0,38	1,169923398	0,50	0,18	0,32	0,10	1,00	0,195
0,62	0,21	0,28	1,108703362	0,56	0,19	0,25	0,10	1,00	0,207
0,44	0,21	0,18	0,93119601	0,58	0,23	0,19	0,10	1,00	0,217
0,45	0,21	0,21	0,874385702	0,51	0,24	0,24	0,10	1,00	0,209
0,48	0,18	0,29	0,955329902	0,50	0,19	0,31	0,10	1,00	0,198
0,57	0,32	0,24	1,135601029	0,50	0,28	0,22	0,10	1,00	0,213
0,38	0,18	0,14	0,703604842	0,55	0,25	0,20	0,10	1,00	0,215
0,55	0,16	0,23	0,941965625	0,58	0,17	0,24	0,10	1,00	0,209
0,64	0,28	0,38	1,291348299	0,49	0,21	0,29	0,10	1,00	0,240
0,63	0,38	0,32	1,322989962	0,47	0,29	0,16	0,10	1,00	0,219
0,47	0,13	0,19	0,793049875	0,59	0,17	0,24	0,10	1,00	0,209
0,57	0,22	0,25	1,04373046	0,55	0,21	0,22	0,10	1,00	0,209
0,59	0,22	0,26	1,179429952	0,50	0,27	0,20	0,10	1,00	0,212
0,61	0,38	0,28	1,26930263	0,48	0,30	0,24	0,10	1,00	0,212
0,39	0,18	0,22	0,78688142	0,50	0,22	0,28	0,10	1,00	0,202
0,40	0,22	0,11	0,763084698	0,50	0,27	0,20	0,10	1,00	0,212
0,62	0,11	0,58	0,92021965	0,68	0,12	0,20	0,10	1,00	0,216
0,58	0,40	0,13	1,111943481	0,52	0,36	0,12	0,10	1,00	0,230
0,48	0,21	0,12	0,80389824	0,59	0,26	0,15	0,10	1,00	0,225
0,44	0,35	0,37	1,154199264	0,38	0,30	0,10	0,10	1,00	0,196
0,39	0,29	0,23	0,912787356	0,43	0,32	0,26	0,10	1,00	0,207
0,46	0,14	0,38	0,978297118	0,47	0,14	0,39	0,10	1,00	0,184
0,64	0,28	0,15	1,067507744	0,60	0,26	0,14	0,10	1,00	0,216
0,36	0,27	0,17	0,795249865	0,45	0,34	0,22	0,10	1,00	0,213
0,39	0,22	0,39	0,964822536	0,37	0,23	0,40	0,10	1,00	0,181
0,39	0,22	0,10	0,715714882	0,55	0,30	0,15	0,10	1,00	0,225
0,62	0,34	0,25	1,20741699	0,51	0,28	0,21	0,10	1,00	0,215
0,60	0,26	0,33	1,15407999	0,50	0,22	0,28	0,10	1,00	0,203
0,55	0,18	0,24	0,968089093	0,57	0,18	0,30	0,10	1,00	0,207
0,46	0,14	0,30	0,89816209	0,51	0,16	0,33	0,10	1,00	0,193
0,37	0,28	0,21	0,856166347	0,43	0,33	0,24	0,10	1,00	0,209
0,53	0,12	0,34	0,909427684	0,53	0,12	0,34	0,10	1,00	0,212
0,55	0,39	0,16	1,101181707	0,50	0,35	0,15	0,10	1,00	0,225
0,45	0,36	0,12	1,138274841	0,40	0,32	0,28	0,10	1,00	0,202
0,44	0,27	0,14	1,052942499	0,61	0,26	0,15	0,10	1,00	0,228
0,60	0,15	0,21	0,96230974	0,62	0,16	0,22	0,10	1,00	0,213
0,63	0,33	0,19	1,149771971	0,55	0,28	0,17	0,10	1,00	0,222
0,48	0,21	0,19	0,861650936	0,53	0,25	0,22	0,10	1,00	0,213
0,37	0,35	0,38	1,107217226	0,34	0,32	0,10	0,10	1,00	0,191
0,46	0,17	0,26	0,807050932	0,47	0,22	0,32	0,10	1,00	0,195
0,47	0,34	0,39	1,195240633	0,39	0,29	0,32	0,10	1,00	0,195

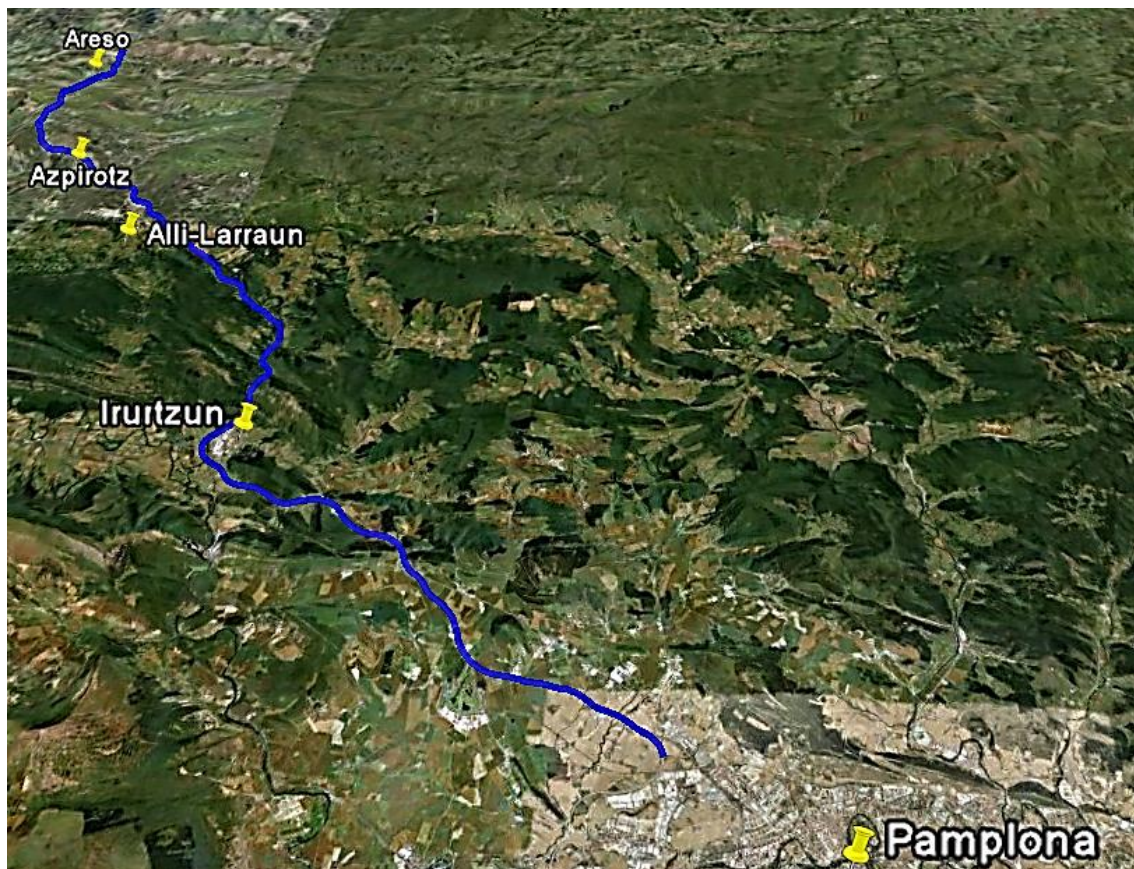


0.53	0.37	0.10	0.9325922	0.53	0.37	0.10	1.00	0.233	0.214	0.130	0.150	0.270	4953	1
0.44	0.29	0.38	1.118059217	0.40	0.26	0.34	1.00	0.192	0.288	0.139	0.132	0.266	4954	0
0.45	0.38	0.20	1.026617786	0.44	0.37	0.10	1.00	0.218	0.286	0.142	0.183	0.265	4955	1
0.55	0.19	0.20	0.94212877	0.59	0.20	0.21	1.00	0.214	0.232	0.121	0.145	0.285	4956	1
0.46	0.38	0.36	1.192282644	0.38	0.32	0.30	1.00	0.199	0.261	0.142	0.134	0.262	4957	1
0.42	0.32	0.37	1.101951717	0.38	0.29	0.34	1.00	0.193	0.269	0.142	0.131	0.263	4958	0
0.37	0.16	0.28	0.804411766	0.46	0.20	0.34	1.00	0.192	0.266	0.132	0.133	0.275	4959	1
0.37	0.32	0.26	0.95375508	0.39	0.34	0.27	1.00	0.203	0.256	0.142	0.135	0.261	4960	1
0.46	0.27	0.20	0.937004744	0.49	0.29	0.21	1.00	0.214	0.237	0.119	0.142	0.272	4961	1
0.35	0.12	0.10	0.57710159	0.61	0.21	0.18	1.00	0.220	0.224	0.131	0.148	0.286	4962	1
0.38	0.33	0.12	1.037541852	0.56	0.32	0.12	1.00	0.230	0.215	0.126	0.150	0.276	4963	1
0.55	0.29	0.20	1.040315788	0.53	0.28	0.19	1.00	0.218	0.231	0.128	0.145	0.276	4964	1
0.36	0.20	0.22	0.779584383	0.46	0.25	0.28	1.00	0.202	0.254	0.133	0.137	0.272	4965	1
0.45	0.35	0.10	0.900421739	0.50	0.39	0.11	1.00	0.231	0.218	0.133	0.148	0.266	4966	1
0.53	0.14	0.23	0.862605612	0.59	0.15	0.25	1.00	0.207	0.241	0.120	0.142	0.288	4967	1
0.49	0.23	0.21	0.933124146	0.53	0.25	0.23	1.00	0.212	0.239	0.127	0.142	0.278	4968	1
0.40	0.37	0.37	1.146269327	0.35	0.32	0.32	1.00	0.195	0.267	0.145	0.131	0.259	4969	0
0.63	0.21	0.17	1.004372586	0.62	0.21	0.17	1.00	0.222	0.222	0.118	0.149	0.287	4970	1
0.49	0.29	0.34	1.112213862	0.44	0.36	0.10	1.00	0.199	0.258	0.135	0.155	0.270	4971	1
0.40	0.33	0.20	0.92632815	0.43	0.35	0.21	1.00	0.214	0.241	0.138	0.140	0.263	4972	1
0.49	0.23	0.22	0.936559288	0.52	0.25	0.23	1.00	0.210	0.241	0.128	0.141	0.277	4973	1
0.49	0.34	0.29	1.124988939	0.43	0.31	0.26	1.00	0.205	0.251	0.137	0.137	0.266	4974	1
0.53	0.33	0.12	0.976841162	0.54	0.33	0.12	1.00	0.229	0.217	0.128	0.149	0.274	4975	1
0.47	0.10	0.13	0.707443675	0.67	0.15	0.19	1.00	0.218	0.225	0.113	0.149	0.295	4976	1
0.46	0.23	0.31	1.004723512	0.46	0.23	0.31	1.00	0.197	0.259	0.133	0.135	0.273	4977	1
0.63	0.28	0.35	1.25500335	0.50	0.22	0.28	1.00	0.203	0.250	0.129	0.138	0.277	4978	1
0.41	0.13	0.37	0.931777183	0.45	0.14	0.41	1.00	0.181	0.279	0.132	0.129	0.278	4979	0
0.17	0.37	0.37	0.93794388	0.43	0.18	0.39	1.00	0.183	0.272	0.135	0.129	0.273	4980	0
0.37	0.30	0.17	0.840647774	0.44	0.38	0.20	1.00	0.215	0.239	0.138	0.141	0.263	4981	1
0.55	0.25	0.35	1.149316654	0.47	0.22	0.31	1.00	0.198	0.257	0.132	0.136	0.275	4982	1
0.64	0.11	0.19	0.94012585	0.68	0.12	0.20	1.00	0.216	0.226	0.111	0.149	0.298	4983	1
0.38	0.22	0.28	0.8841647605	0.43	0.35	0.31	1.00	0.197	0.261	0.136	0.134	0.270	4984	1
0.62	0.37	0.23	1.227639936	0.51	0.30	0.19	1.00	0.218	0.233	0.130	0.144	0.272	4985	1
0.45	0.11	0.25	0.806158934	0.56	0.13	0.31	1.00	0.197	0.254	0.122	0.138	0.277	4986	1
0.63	0.12	0.34	1.09459682	0.51	0.11	0.31	1.00	0.197	0.253	0.120	0.139	0.280	4987	1
0.61	0.33	0.12	1.17845851	0.52	0.28	0.12	1.00	0.214	0.219	0.129	0.134	0.275	4988	1
0.38	0.40	0.16	0.93148677	0.40	0.43	0.17	1.00	0.221	0.234	0.142	0.142	0.257	4989	1
0.39	0.24	0.10	0.7309327	0.53	0.33	0.14	1.00	0.226	0.222	0.129	0.147	0.272	4990	1
0.64	0.14	1.0688372	0.50	0.16	0.28	0.20	1.00	0.205	0.248	0.143	0.142	0.290	4991	1
0.49	0.33	0.39	1.19662788	0.41	0.27	0.32	1.00	0.195	0.264	0.139	0.133	0.266	4992	1
0.47	0.34	0.29	1.08485793	0.43	0.31	0.26	1.00	0.205	0.251	0.137	0.137	0.266	4993	1
0.63	0.13	0.29	1.051814105	0.50	0.13	0.28	1.00	0.203	0.245	0.119	0.141	0.290	4994	1
0.57	0.19	0.17	1.08602626	0.57	0.15	0.25	1.00	0.201	0.242	0.125	0.141	0.293	4995	1
0.55	0.16	0.32	1.02777625	0.53	0.16	0.31	1.00	0.197	0.255	0.125	0.137	0.283	4996	1
0.56	0.21	0.27	1.032851787	0.54	0.20	0.26	1.00	0.206	0.245	0.125	0.141	0.281	4997	1
0.42	0.39	0.99343213	0.44	0.29	0.36	0.22	1.00	0.206	0.224	0.136	0.136	0.268	4998	1
0.51	0.18	0.23	0.951174655	0.55	0.19	0.25	1.00	0.207	0.243	0.124	0.141	0.281	4999	1
0.62	0.20	0.14	0.9562832536	0.64	0.21	0.15	1.00	0.225	0.218	0.116	0.150	0.289	5000	1
PROMOTORS								0.245	0.130	0.140	0.275	4999	4595	



## ANEXO 5: DATOS CRITERIO: CONTAMINACIÓN DE GASES.

### Alternativa 1



### Alternativa 2

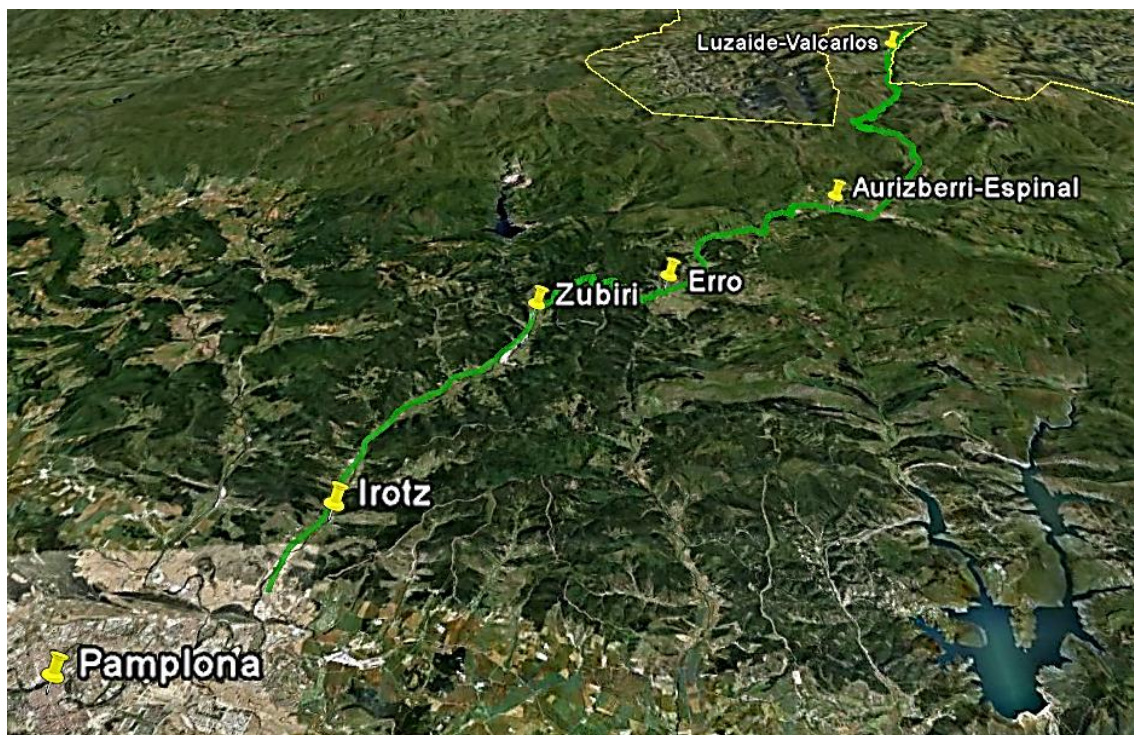




### Alternativa 3

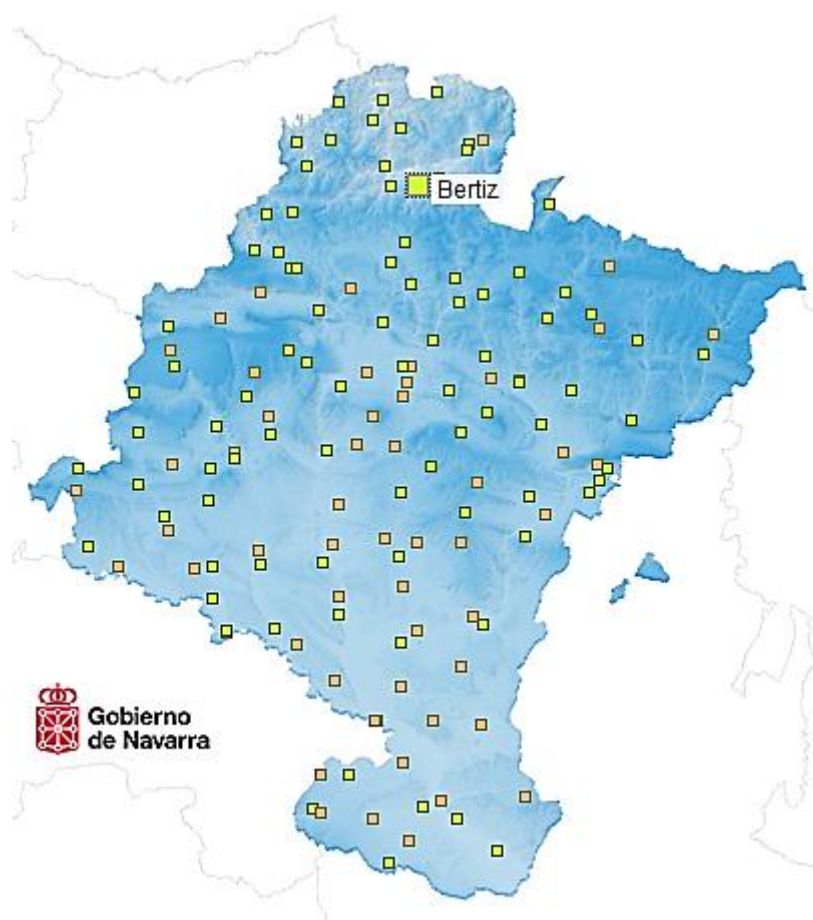
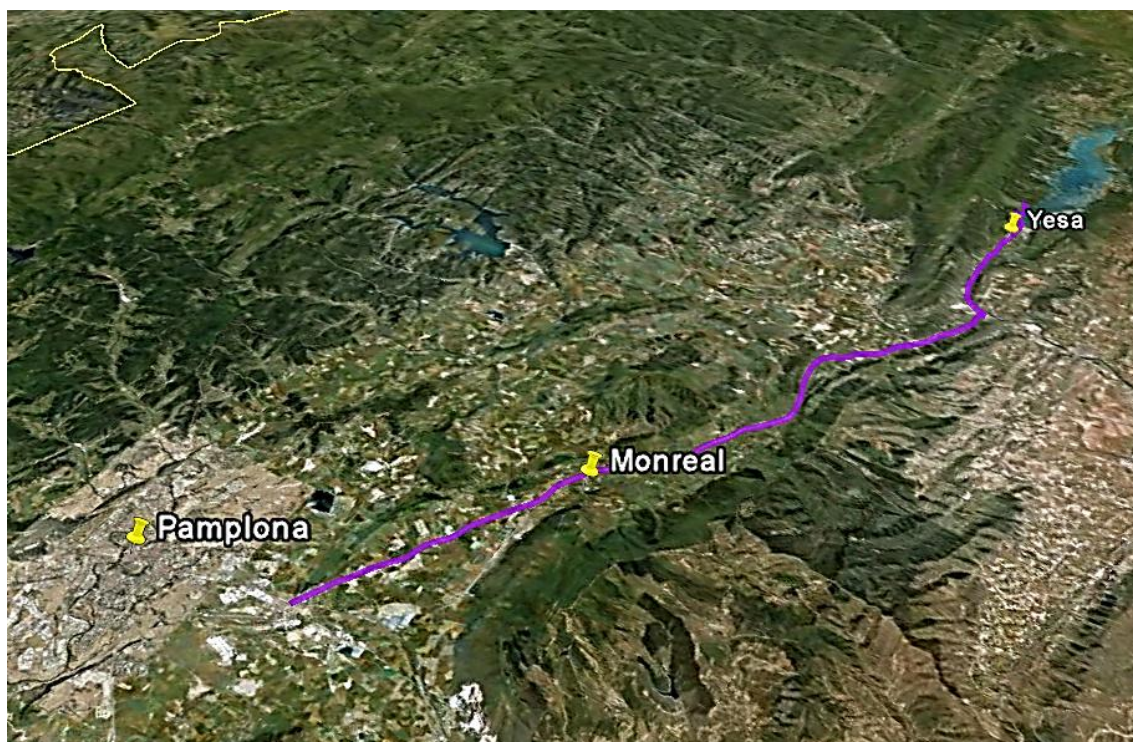


### Alternativa 4





## Alternativa 5



A 5.1 Estaciones estudiadas en cada alternativa y mapa de las estaciones meteorológicas de Navarra (automáticas y manuales).

# Resumen climatológico del mes 1 de 2010

Estación de Referencia	Temperatura				Precipitaciones						
	Valor medio de Máximas	Valor medio de Mínimas	Máxima Absoluta	Mínima Absoluta	Valor medio de Medias	Anomalia térmica (°)	Días con Mínima <=0	Precipitación Total del mes	% Precipitación histórica máxima en 24 h.	Días de Precipitación	
Ilundáin	6,6	-0,6	12,5	-6,0	3,0	-1,6	20	107,9	166,0	25,0	24
	6,6	-1,0	14,0	-13,0	2,8	-1,6	19	193,7	138,5	39,2	20
	6,2	-0,2	13,0	-6,0	3,0	-1,6	21	174,9	198,3	39,0	19
	8,0	0,9	16,0	-8,0	4,5		13	226,1		59,7	21
	7,0	1,6	14,0	-7,5	4,3	-1,1	12	209,2	168,6	48,8	21
	6,5	0,6	11,3	-4,0	3,6	-1,5	14	88,0	167,6	25,3	12
	5,0	0,2	14,0	-6,0	2,6	-1,7	11	213,1	177,6	37,0	25
	5,5	0,8	14,0	-5,0	3,2	-2,5	14	339,9	175,5	83,0	22
	5,5	0,4	10,0	-4,0	3,0	-2,0	13	108,5	170,6	29,4	12
	7,8	1,0	14,0	-4,0	4,4	-1,8	15	43,7	125,9	10,2	16
	10,4	3,3	16,0	-3,0	6,9	-0,8	7	275,0	172,0	59,0	23
	8,3	3,5	15,5	-3,0	5,9		7	274,5	134,2	51,0	24
	4,6	0,3	9,0	-5,0	2,5	-1,9	15	127,8	181,3	32,0	13
	5,0	0,0	12,0	-5,5	2,5	-1,4	13	182,3	198,6	32,3	21
	8,1	1,4	13,0	-3,0	4,8	-1,3	12	21,5	69,6	7,0	9
	7,5	1,8	15,0	-6,5	4,6	-0,6	12	82,7	221,7	17,0	16
	8,3	1,7	17,0	-5,0	5,0	-1,5	12	280,5	141,1	100,5	24
	7,1	0,7	13,0	-5,0	3,9	-1,9	14	37,0	128,9	11,0	12
	5,6	1,3	11,5	-3,5	3,4	-2,3	13	101,0	143,1	21,5	17
	8,7	1,9	14,5	-3,5	5,3	-0,3	9	28,9	126,2	9,1	19
	6,7	-1,3	11,0	-8,0	2,7	-1,7	21	122,9	166,8	31,0	19
	7,6	1,1	12,8	-6,2	4,3	-1,0	13	108,3	174,1	38,2	21
	6,1	-1,1	14,0	-10,0	2,5	-1,8	18	194,5	155,8	35,0	19
	7,5	1,7	12,1	-3,5	4,6	-0,7	8	39,8	96,1	12,3	13
	5,0	-0,1	11,5	-5,0	2,4	-2,3	15	116,2	169,1	38,5	14
	5,4	-0,9	12,0	-7,0	2,3		18	200,0	150,3	72,0	17
	8,2	1,9	12,5	-7,0	5,0	-0,2	12	110,7	136,5	26,0	13
	7,0	1,7	11,7	-3,7	4,3	-0,5	10	137,3	186,3	34,1	17
	6,5	1,2	10,0	-6,0	3,9	-1,8	15	73,4	191,1	16,2	18
	9,0	2,8	15,0	-4,0	5,9	-1,3	9	214,9	114,3	49,5	23
	8,2	1,7	15,0	-4,5	5,0	-0,4	11	27,3	81,7	6,0	9
	6,1	1,8	13,0	-4,0	4,0	-1,5	12	36,1	93,5	5,7	19
10,0	3,2	15,0	-3,0	6,6	-1,2	8	253,6	147,3	56,0	19	
8,2	1,9	12,0	-3,5	5,0	-1,1	10	32,6	125,4	10,0	14	
3,5	-1,8	12,0	-14,0	0,8	-2,7	22	210,6	189,2	37,5	20	
6,0	-0,6	13,0	-7,0	2,7	-1,5	18	195,5	177,2	58,6	16	
9,0	2,3	15,0	-3,0	5,6	-1,5	10	224,3	129,8	78,6	21	
6,8	2,1	13,0	-5,0	4,4	-1,3	10	51,3	140,2	11,0	14	
7,4	0,4	12,0	-5,5	3,9	-1,0	15	99,4	132,9	34,0	10	
5,9	-0,1	11,0	-5,0	2,9		16	145,5	159,5	40,2	22	
5,2	0,5	11,0	-4,5	2,9		13	110,8	170,2	28,0	21	
7,0	0,2	11,0	-6,0	3,6	-0,8	18	185,1	162,9	40,3	21	
10,3	3,5	17,0	-2,8	6,9	-2,5	6	194,5	149,0	58,4	21	

(\*) Anomalia térmica: Diferencia entre la media de medias del mes y la media de medias de la serie histórica

(\*) Anomalia térmica: Diferencia entre la media de medias del mes y la media de medias de la serie histórica.

Estación de Referencia	Temperatura				Precipitaciones						
	Valor medio de Máximas	Valor medio de Mínimas	Máxima Absoluta	Mínima Absoluta	Valor medio de Medias	Anomalia térmica (°)	Días con Mínima <=0	Precipitación		Días de Precipitación	
								Total del mes	Media histórica máxima en 24 h.		
Aburrea Alta	3,0	-2,6	12,0	-10,0	0,2	-2,1	23	260,0	188,7	76,0	20
Albar	6,6	1,1	11,0	-3,0	3,8	-1,7	12	98,9	180,5	24,7	14
Ali-Larraun	4,8	1,0	12,0	-3,0	2,9	-2,0	13	244,2	148,7	50,8	21
Alloz	7,2	0,6	13,5	-5,0	3,9	-1,9	13	94,3	158,8	22,2	20
Alsua	6,2	0,9	14,0	-6,0	3,5	-1,1	12	197,7	131,8	37,0	20
Amillano	5,9	1,3	13,0	-6,0	3,6	-1,7	13	146,0	191,1	27,0	17
Andosilla	8,4	0,8	14,5	-4,0	4,6	-1,5	15	33,8	108,7	6,0	20
Aoz	6,4	0,8	11,0	-3,0	3,6	-1,9	13	130,2	166,3	36,0	16
Areso	7,1	0,4	15,5	-5,0	3,8	-3,1	12	269,0	178,1	58,5	21
Arbe	4,7	-1,5	11,0	-9,0	1,6	-2,1	20	193,9	142,9	58,0	15
Arizkun	9,5	1,7	17,0	-7,0	5,6	-0,9	11	264,5	118,8	90,0	22
Arriñiz	7,0	0,4	14,0	-7,5	3,7	-1,9	11	88,4	159,6	20,0	17
Artieda	6,4	0,5	10,0	-5,0	3,4	-1,8	17	76,0	136,7	18,0	14
Artikutza	8,5	2,1	15,5	-3,0	5,3	-1,4	10	312,8	131,3	61,0	23
Azanza	3,7	0,2	11,0	-5,0	2,0	-2,0	13	190,0	186,6	28,0	20
Aspiroz	6,3	1,5	14,0	-5,0	3,9	-2,0	12	258,5	181,7	54,9	23
Bardoañ	6,5	0,0	12,0	-7,5	3,3	-2,4	13	63,0	127,3	14,0	12
Belate	6,6	1,2	13,0	-8,0	3,9	-1,2	13	200,2	119,1	41,6	22
Belzunze	6,6	3,1	17,8	-3,3	6,9	-1,2	7	183,0	223,2	42,0	24
Bera	10,7	3,1	17,8	-3,3	6,9	-1,2	7	231,1	129,1	56,2	22
Beritz	8,3	2,5	16,0	-4,0	5,4	-1,9	10	213,3	151,1	44,5	22
Betelu	8,7	2,1	15,5	-6,0	5,4	-1,9	10	243,4	143,5	47,5	20
Buñuel	8,2	1,9	12,0	-2,0	5,0	-1,0	11	31,8	129,8	11,1	15
Cabanillas	7,8	2,6	11,0	-2,0	5,2	-0,1	10	33,6	150,0	11,9	16
Cabreaga	5,9	1,4	14,0	-4,0	3,6	-1,0	10	109,6	166,8	16,8	19
Cadefia	8,5	1,9	13,0	-4,0	5,2	-0,5	13	26,8	105,5	8,5	12
Caparroso	7,5	1,5	12,0	-3,0	4,5	-1,0	14	35,9	127,3	14,2	15
Carcasillo	6,9	1,0	12,0	-3,5	4,0	-0,9	16	43,7	131,2	15,3	15
Cáteda	7,2	1,8	11,5	-3,5	4,5	-0,9	10	71,9	163,0	27,9	10
Central Arambide	9,1	4,0	16,0	-2,0	6,6	-0,6	6	281,3	142,2	51,3	22
Corella	8,2	2,4	12,0	-3,0	5,3	-0,4	9	26,3	123,5	5,7	11
Eparoz	6,4	0,2	12,0	-5,0	3,3	-0,7	17	142,0	188,3	47,0	14
Ero	4,6	-1,6	11,0	-10,0	1,5	-1,1	25	186,4	147,2	52,0	24
España Salazar	4,9	-1,4	11,0	-6,0	1,8	-1,8	20	173,7	156,5	50,3	27
Espinal	3,6	-1,6	10,0	-10,0	1,0	-1,4	16	272,6	176,9	76,4	17
Etiella	6,7	1,4	13,0	-5,0	4,0	-1,4	12	103,0	186,6	24,0	17
Etibar	9,5	3,6	15,0	-3,0	6,6	-0,6	8	241,9	184,1	54,9	20
Eugi	6,0	-1,6	12,5	-7,8	2,2	-1,7	21	199,9	120,9	54,3	24
Falces	8,3	2,3	12,2	-2,0	5,3	-0,4	10	35,8	132,6	10,7	15
Fitero	9,0	1,9	14,0	-5,0	5,5	-0,2	11	25,5	112,3	8,0	12
Galbarra	5,4	0,9	12,0	-5,0	3,2	-1,5	11	149,9	191,0	34,1	22
Genevilla	5,7	0,9	13,7	-6,0	3,3	-1,5	11	120,1	166,8	18,0	20
Goizueta	9,1	3,3	17,0	-2,0	6,2	-2,0	9	250,8	112,3	51,0	21
Gofri	4,3	-0,9	12,6	-6,5	1,7	-2,3	17	234,0	155,2	49,1	25
Iguizua	6,3	1,4	13,0	-5,0	3,9	-1,5	13	105,0	205,5	21,0	20

## A 5.2 Resumen climatológico de Enero de 2010.

## Alternativa 1

MAXIMAS	Pamplona	Irurtzun	Alli-larraun	Azpirotz	Areso
Enero	7,0	7,0	4,8	6,3	7,1
Febrero	8,6	8,5	5,8	7,3	8,2
Marzo	12,8	12,3	9,4	11,0	11,7
Abril	18,5	18,0	15,6	16,7	16,8
Mayo	18,4	17,5	15,1	15,9	16,1
Junio	23,4	22,4	19,9	19,8	20,3
Julio	28,3	26,8	24,0	23,6	23,6
Agosto	27,3	26,4	23,4	23,6	23,8
Septiembre	24,3	23,4	20,9	21,6	22,1
Octubre	18,4	17,8	14,3	15,8	16,7
Noviembre	11,2	10,8	8,1	9,6	10,3
Diciembre	8,5	8,3		7,3	8,5

Media mensual
6,44
7,68
11,44
17,12
16,60
21,16
25,26
24,90
22,46
16,60
10,00
8,15

MINIMAS	Pamplona	Irurtzun	Alli-larraun	Azpirotz	Areso
Enero	1,7	1,6	1,0	1,5	0,4
Febrero	1,7	1,9	1,2	2,2	0,7
Marzo	3,7	3,5	3,0	3,7	3,1
Abril	7,4	6,7	5,7	7,2	6,0
Mayo	8,7	8,3	6,9	8,0	6,9
Junio	12,6	12,0	10,7	11,3	10,0
Julio	16,2	15,1	13,4	14,2	13,0
Agosto	15,3	14,4	12,6	13,7	12,5
Septiembre	12,2	11,0	9,8	11,5	9,9
Octubre	9,3	8,7	7,5	8,9	6,9
Noviembre	4,8	4,8	4,0	4,9	4,0
Diciembre	0,7	0,7		1,0	2,3

Media mensual
1,24
1,54
3,40
6,60
7,76
11,32
14,38
13,70
10,88
8,26
4,50
1,18

## Alternativa 2

MAXIMAS	Pamplona	Olague	Bertiz	Santesteban	Sumbilla	Bera
Enero	7,0	6,1	8,3	9,0	10,0	10,7
Febrero	8,6	7,1	10,5	10,8	11,6	12,4
Marzo	12,8	11,1	14,0	14,3	14,9	15,4
Abril	18,5	16,7	19,0	19,3	20,2	19,8
Mayo	18,4	16,1	18,0	18,8	19,3	19,8
Junio	23,4	20,9	22,1	22,3	23,2	22,6
Julio	28,3	25,7	25,6	25,8	26,9	25,7
Agosto	27,3	24,8	25,4	25,9	26,7	25,8
Septiembre	24,3	22,4	23,2	24,1	24,7	24,2
Octubre	18,4	17,2	18,3	18,8		20,0
Noviembre	11,2	10,4	11,9	12,7	13,1	14,5
Diciembre	8,5	7,3	9,7	10,5	11,0	11,9

Media mensual
8,52
10,17
13,75
18,92
18,40
22,42
26,33
25,98
23,82
18,54
12,30
9,82

MINIMAS	Pamplona	Olague	Bertiz	Santesteban	Sumbilla	Bera
Enero	1,7	-1,1	2,5	2,8	3,2	3,1
Febrero	1,7	-0,7	2,7	3,2	3,4	3,3
Marzo	3,7	0,6	4,9	5,1	5,6	4,1
Abril	7,4	3,6	7,8	7,3	8,3	7,2
Mayo	8,7	5,9	9,3	9,1	9,2	9,0
Junio	12,6	9,8	13,3	13,2	13,5	13,2
Julio	16,2	12,2	16,2	16,2	16,5	16,3
Agosto	15,3	11,6	15,1	15,0	15,8	15,3
Septiembre	12,2	8,0	11,9	11,9	12,3	12,4
Octubre	9,3	6,2	8,6	8,8		8,5
Noviembre	4,8	2,6	6,0	6,6	6,9	6,4
Diciembre	0,7	-1,5	1,9	2,1	2,4	2,3

Media mensual
2,03
2,27
4,00
6,93
8,53
12,60
15,60
14,68
11,45
8,28
5,55
1,32

### Alternativa 3

MAXIMAS	Pamplona	Olague	Bertiz	Irurita	Arizkun	Maya
Enero	7,0	6,1	8,3	8,0	9,5	8,3
Febrero	8,6	7,1	10,5	9,9	11,7	9,7
Marzo	12,8	11,1	14,0	14,1	15,0	13,0
Abril	18,5	16,7	19,0	19,0	20,2	18,0
Mayo	18,4	16,1	18,0	17,9	19,4	17,3
Junio	23,4	20,9	22,1	21,9	23,5	21,1
Julio	28,3	25,7	25,6	25,5	26,5	24,8
Agosto	27,3	24,8	25,4	25,7	26,8	24,8
Septiembre	24,3	22,4	23,2	23,8	24,6	23,2
Octubre	18,4	17,2	18,3	18,7	20,2	18,3
Noviembre	11,2	10,4	11,9	12,1	13,2	12,0
Diciembre	8,5	7,3	9,7	9,5	10,6	9,7

Media mensual
7,87
9,58
13,33
18,57
17,85
22,15
26,07
25,80
23,58
18,52
11,80
9,22

MINIMAS	Pamplona	Olague	Bertiz	Irurita	Arizkun	Maya
Enero	1,7	-1,1	2,5	0,9	1,7	1,7
Febrero	1,7	-0,7	2,7	1,9	2,5	2,3
Marzo	3,7	0,6	4,9	3,3	3,6	4,1
Abril	7,4	3,6	7,8	6,1	5,6	6,7
Mayo	8,7	5,9	9,3	7,5	7,6	8,2
Junio	12,6	9,8	13,3	11,3	11,6	11,8
Julio	16,2	12,2	16,2	14,5	15,0	15,1
Agosto	15,3	11,6	15,1	13,4	13,3	14,0
Septiembre	12,2	8,0	11,9	10,2	10,5	10,7
Octubre	9,3	6,2	8,6	7,2	7,5	7,8
Noviembre	4,8	2,6	6,0	4,8	5,0	5,3
Diciembre	0,7	-1,5	1,9	0,3	0,6	0,7

Media mensual
1,23
1,73
3,37
6,20
7,87
11,73
14,87
13,78
10,58
7,77
4,75
0,45

### Alternativa 4

MAXIMAS	Pamplona	Irotz	Zubiri	Erro	Espinal	Valcarlos
Enero	7,0	6,2	7,0	4,6	3,6	9,0
Febrero	8,6	7,9	8,0	5,8	4,1	10,5
Marzo	12,8	12,5	12,4	9,6	8,5	14,0
Abril	18,5	18,2	17,7	15,4	13,7	18,6
Mayo	18,4	17,6	16,5	14,9	13,1	18,5
Junio	23,4	22,3	20,6	19,6	18,0	22,5
Julio	28,3	28,3	25,8	25,6	22,8	25,5
Agosto	27,3	27,5	25,0	24,3	21,3	25,4
Septiembre	24,3	24,1	22,1	21,1	19,1	23,4
Octubre	18,4	18,2	17,4	15,1	13,5	19,3
Noviembre	11,2	10,3	9,3	8,1	6,7	13,0
Diciembre	8,5	7,5	7,0	5,6	4,1	10,9

Media mensual
6,23
7,48
11,63
17,02
16,50
21,07
26,05
25,13
22,35
16,98
9,77
7,27

MINIMAS	Pamplona	Irotz	Zubiri	Erro	Espinal	Valcarlos
Enero	1,7	-0,2	0,2	-1,6	-0,6	2,3
Febrero	1,7	0,0	0,3	-1,1	-1,9	2,7
Marzo	3,7	1,7	1,1	-0,4	-0,5	4,4
Abril	7,4	4,5	4,4	2,2	2,2	7,3
Mayo	8,7	6,2	6,9	5,1	4,5	8,6
Junio	12,6	9,9	10,7	10,0	9,5	12,5
Julio	16,2	13,5	13,1	13,8	12,7	15,9
Agosto	15,3	12,0	12,0	11,5	11,2	14,0
Septiembre	12,2	9,1	8,5	7,1	7,1	10,7
Octubre	9,3	5,8	6,0	4,9	4,9	8,1
Noviembre	4,8	2,8	3,0	1,1	1,5	5,8
Diciembre	0,7	-1,4	-0,9	-1,8	-2,6	1,9

Media mensual
0,30
0,28
1,67
4,67
6,67
10,87
14,20
12,67
9,12
6,50
3,17
-0,68



## Alternativa 5

MAXIMAS	Pamplona	Monreal	Yesa
Enero	7,0	5,6	7,4
Febrero	8,6	6,6	8,7
Marzo	12,8	11,3	13,7
Abril	18,5	17,1	19,0
Mayo	18,4	16,9	19,4
Junio	23,4	22,2	23,8
Julio	28,3	28,6	30,7
Agosto	27,3	27,2	28,6
Septiembre	24,3	23,1	24,7
Octubre	18,4	17,0	18,4
Noviembre	11,2	9,8	10,9
Diciembre	8,5	7,0	7,6

Media mensual
6,67
7,97
12,60
18,20
18,23
23,13
29,20
27,70
24,03
17,93
10,63
7,70

MINIMAS	Pamplona	Monreal	Yesa
Enero	1,7	1,3	0,4
Febrero	1,7	1,8	0,2
Marzo	3,7	3,5	2,3
Abril	7,4	5,4	6,6
Mayo	8,7	7,4	8,1
Junio	12,6	12,2	12,3
Julio	16,2	14,7	14,8
Agosto	15,3	13,7	14,5
Septiembre	12,2	10,9	11,9
Octubre	9,3	7,9	8,3
Noviembre	4,8	4,4	3,3
Diciembre	0,7	0,4	0,3

Media mensual
1,13
1,23
3,17
6,47
8,07
12,37
15,23
14,50
11,67
8,50
4,17
0,47

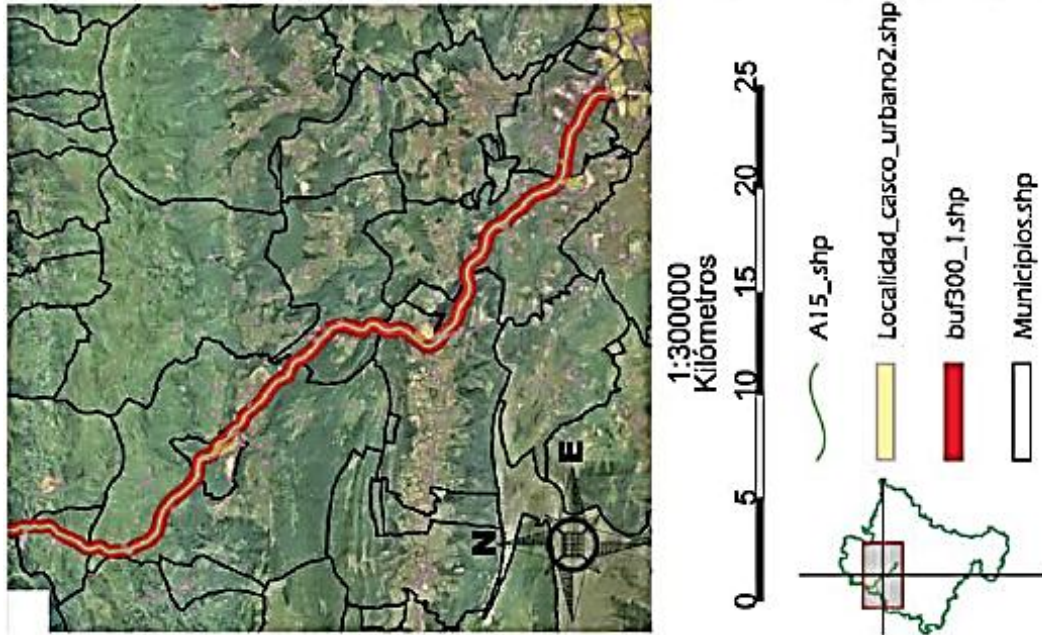
### A 5.3 Tablas de valores máximos y mínimos por alternativa.





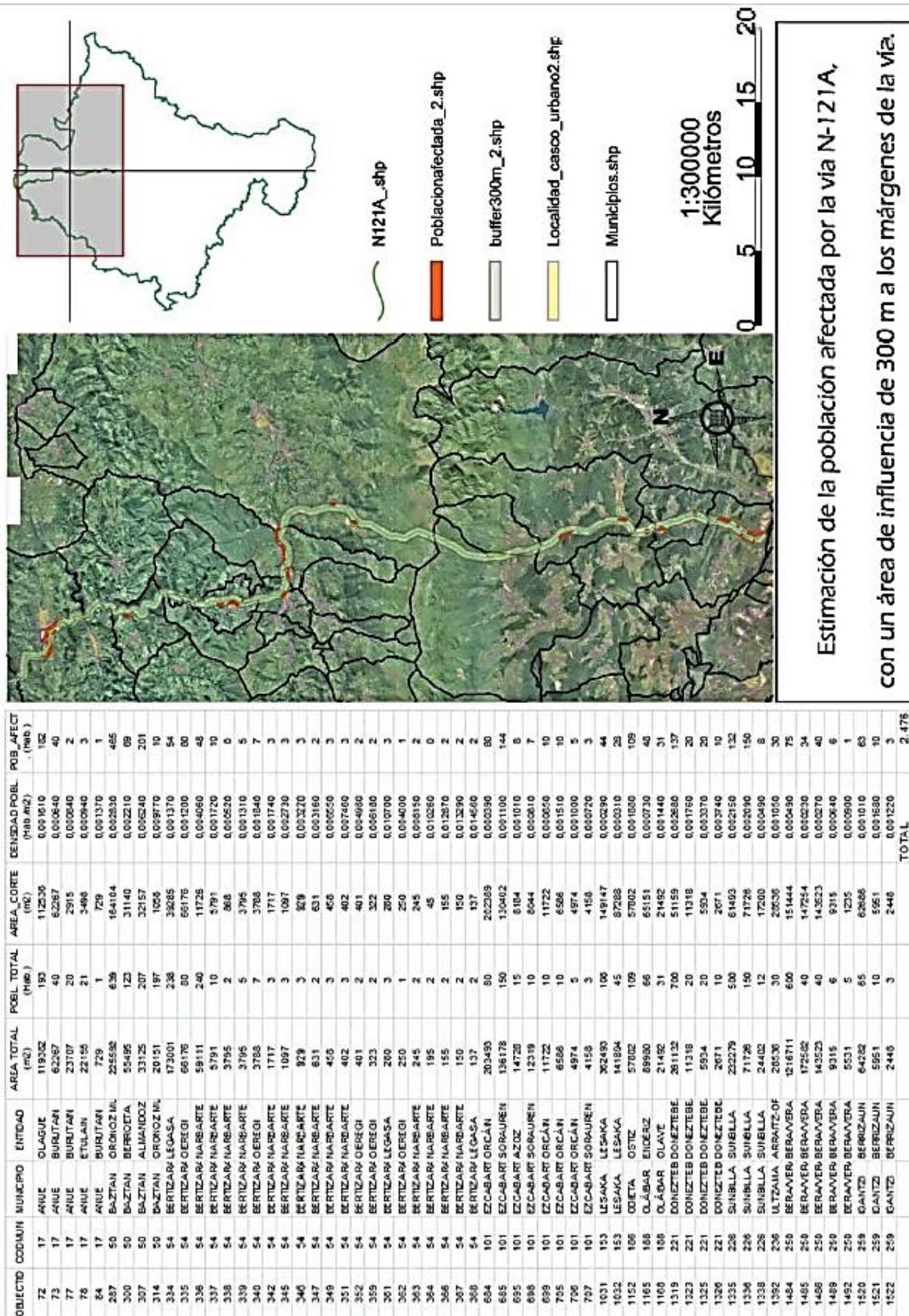
# ANEXO 6: DATOS CRITERIO: CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.

OBJECTID	CODMUN	MUNICIPIO	ENTIDAD	AREA TOTAL (m2)	TOTAL (Hab.)	AREA_COR TE (m2)	POBL (Hab./m2)	POB_AECT. (Hab.)
133	25	ARAKL	ZURDIAGA	122607	100	55189	0,000810	45
135	25	ARAKL	ZURDIAGA	65967	87	65967	0,001310	87
201	31	ARESO	ARESO	130848	288	8553	0,002200	19
848	126	IMOTZ	URRITZA	63110	19	37160	0,000300	11
851	126	IMOTZ	LATASA DE M	43982	59	43982	0,001340	59
855	126	IMOTZ	URRITZA	6977	6	6977	0,000860	6
856	126	IMOTZ	URRITZA	1534	3	1534	0,001950	3
857	126	IMOTZ	URRITZA	1459	2	1459	0,001370	2
859	126	IMOTZ	LATASA DE M	1161	4	1161	0,003440	4
860	126	IMOTZ	URRITZA	949	2	949	0,002100	2
861	126	IMOTZ	URRITZA	947	2	947	0,002110	2
862	126	IMOTZ	LATASA DE M	697	4	697	0,005730	4
863	126	IMOTZ	URRITZA	621	2	621	0,003220	2
866	126	IMOTZ	URRITZA	301	2	301	0,006630	2
883	131	IZA	ERICE DE IZA	87857	42	87581	0,000470	42
901	131	IZA	ERICE DE IZA	8488	8	8488	0,000940	8
966	144	LARRAUN	GORRITI	74555	97	55925	0,001300	73
995	144	LARRAUN	AZPIROTZ	37554	57	12580	0,001510	19
1576	902	BERRIOPLA	LARRAGUETA	46555	71	41935	0,001520	64
1597	904	IRURTZUN	IRURTZUN	672964	2200	507474	0,003260	1.659
1607	908	LEKUNBERR	LEKUNBERRI	1259320	1163	340019	0,000920	314
1608	908	LEKUNBERR	LEKUNBERRI	41987	10	41987	0,000230	10
1609	908	LEKUNBERR	LEKUNBERRI	21854	12	21854	0,000540	12
1610	908	LEKUNBERR	LEKUNBERRI	235	3	235	0,012770	3
								2.452



Estimación de la población Afectada por la vía AP-15 y A-15, con un área de influencia de 300 m a los márgenes de la vía.

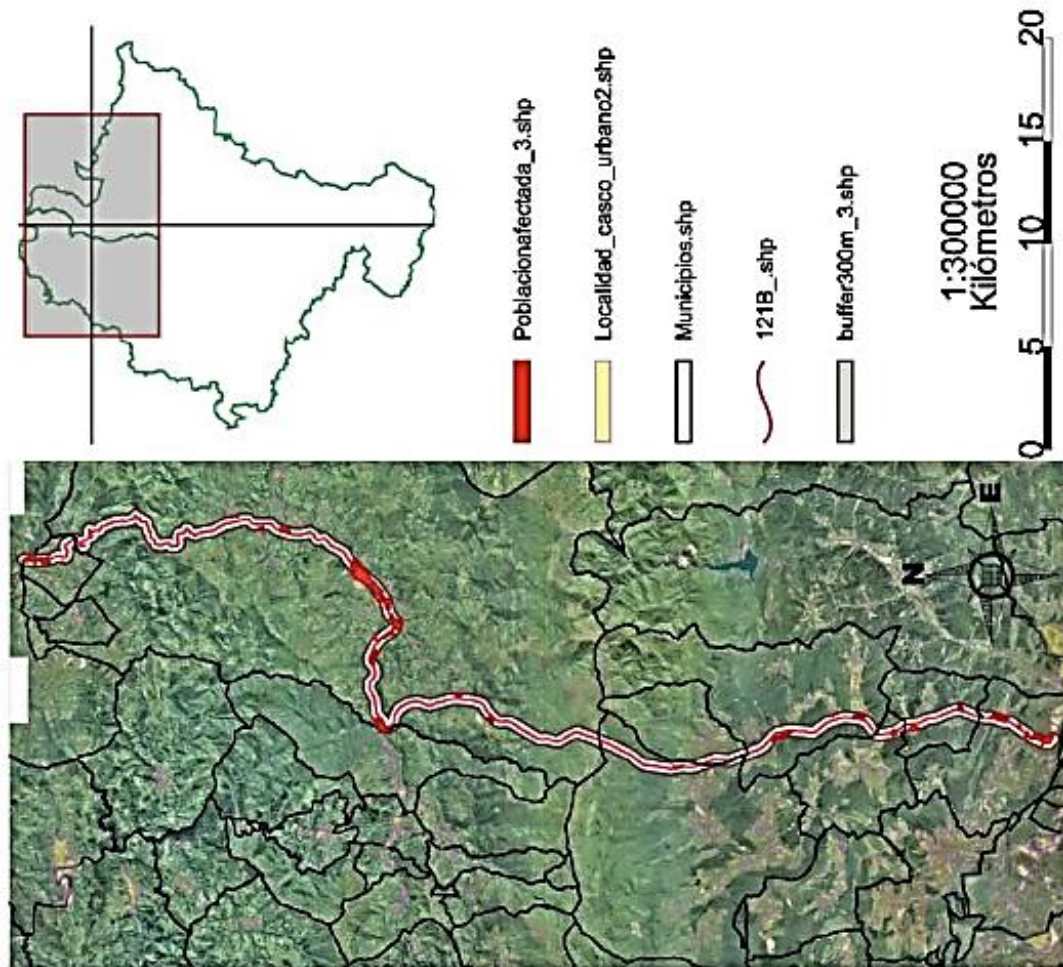




Estimación de la población afectada por la vía N-121A,  
con un área de influencia de 300 m a los márgenes de la vía.

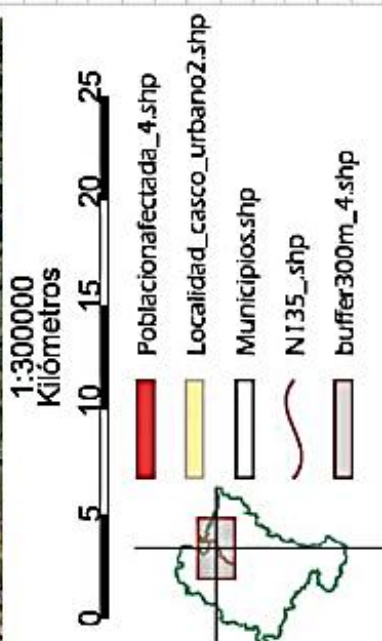
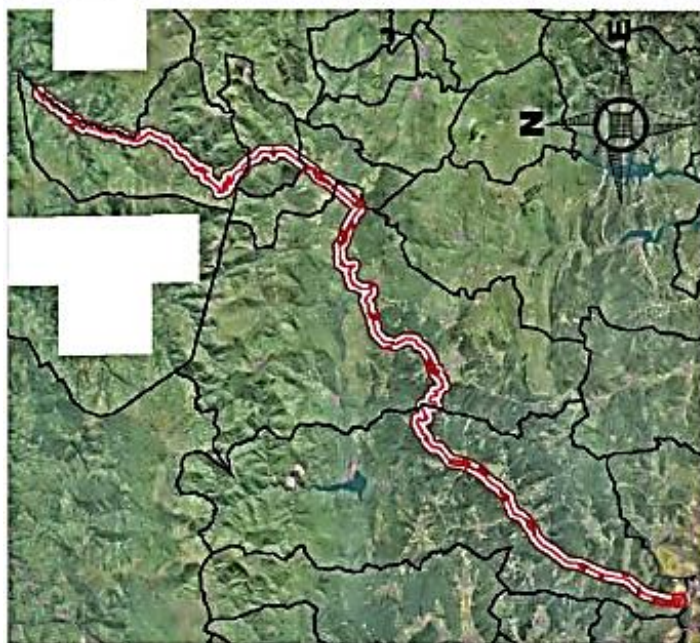


OBJETO	CODUN	MUNIC	ENTD	AREA TOTAL (m2)	POBL. TOTAL (HAB.)	AREA, COTE (m2)	DENSAD POBL. (HAB./m2)	POBL. AFECT. (HAB.)
72	17	ANLE	OLAVE	112532	193	112536	0.001610	192
73	17	ANLE	SURUTAIN	62267	40	62267	0.000640	40
77	17	ANLE	SURUTAIN	23707	20	23715	0.000340	2
78	17	ANLE	ETILAN	22155	21	3493	0.000340	3
84	17	ANLE	SURUTAIN	729	1	729	0.001370	1
285	50	BAZTAN	EL ONDO	963061	3150	681175	0.003270	2228
286	50	BAZTAN	RURTA	252307	738	197996	0.002890	571
287	50	BAZTAN	ORNOZ ML	225532	639	164134	0.002300	465
288	50	BAZTAN	EL BETE	154196	230	140370	0.001490	209
292	50	BAZTAN	GARTZAN	112321	212	111839	0.001860	211
293	50	BAZTAN	ARZAJAN	96586	20	96585	0.000200	20
294	50	BAZTAN	ARRAJOZ	95738	174	82049	0.001810	149
297	50	BAZTAN	RURTA	62513	100	62613	0.001590	100
299	50	BAZTAN	ALIAURIA	56534	268	3848	0.004740	18
300	50	BAZTAN	BERRIETA	54895	123	31140	0.002210	69
304	50	BAZTAN	LEVAROZ	45831	63	4605	0.001150	5
307	50	BAZTAN	ALIANDOZ	33125	207	32157	0.002620	201
314	50	BAZTAN	ORNOZ ML	20151	197	1053	0.009770	10
316	50	BAZTAN	ALPUKETA	16220	23	16220	0.001410	23
317	50	BAZTAN	EL ONDO	15044	30	3770	0.001990	8
319	50	BAZTAN	ARRAJOZ	7704	63	7704	0.008170	63
320	50	BAZTAN	ARZAJAN	4030	3	4030	0.000740	3
684	101	ECABARTE ORCAN		203493	80	203289	0.003990	80
685	101	ECABARTE SORLAUREN		136178	150	130402	0.001400	144
695	101	ECABARTE AZOZ		14728	15	8184	0.001010	8
698	101	ECABARTE SORLAUREN		12319	10	8044	0.000810	7
699	101	ECABARTE ORCAN		11722	10	11722	0.000800	10
705	101	ECABARTE ORCAN		6586	10	6586	0.001510	10
706	101	ECABARTE ORCAN		4974	5	4974	0.001000	5
707	101	ECABARTE SORLAUREN		4158	3	4158	0.000720	3
1152	186	ODIETA OSTZ		57802	109	57802	0.001890	109
1165	188	OLABAR ENDEIZ		89980	66	65151	0.000730	48
1168	188	OLABAR OLAVE		21492	31	21492	0.001440	31
1392	236	ULTZAILA ARRAITZ-OF		28836	30	28536	0.001080	30
1415	239	UPONAZUBIU UPONAZUBIU		111057	20	111057	0.000160	20
1419	239	UPONAZUBIU UPONAZUBIU		63467	15	63467	0.000230	15
1421	239	UPONAZUBIU UPONAZUBIU		23608	6	23608	0.000250	6
1422	239	UPONAZUBIU UPONAZUBIU		10754	62	5287	0.000760	30
1423	239	UPONAZUBIU UPONAZUBIU		7829	66	7829	0.000430	66
1425	239	UPONAZUBIU UPONAZUBIU		2295	5	2295	0.000170	5
1426	239	UPONAZUBIU UPONAZUBIU		1865	3	1865	0.001600	3
								TOTAL
								5211



Estimación de la población afectada por la vía N-121B, con un área de influencia de 300 m a los márgenes de la vía.

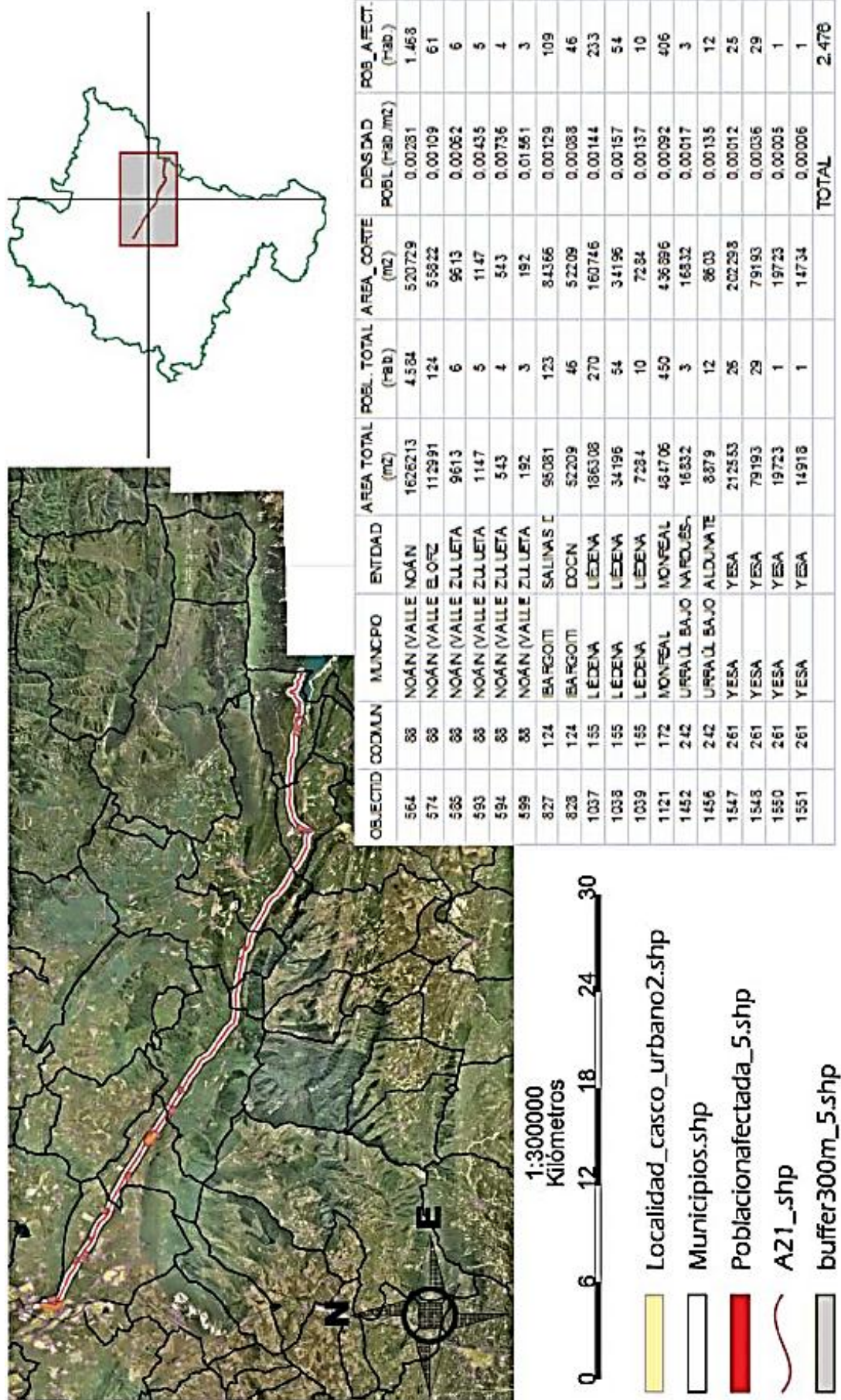




OBJECTO	CODIMUN	MUNICIPIO	ENTIDAD	AREA TOTAL (m2)	POBL. TOTAL (Hab.)	AREA_CORTE (m2)	DENSIDAD POBL.(Hab./m2)	POB. AFECT. (Hab.)
380	58	AURITZ/BL	AURITZ/BUF	139970	312	139970	0,002220	312
381	58	AURITZ/BL	AURITZ/BUF	43087	20	26505	0,000460	12
383	58	AURITZ/BL	AURITZ/BUF	6864	6	6864	0,000870	6
384	58	AURITZ/BL	AURITZ/BUF	607	3	607	0,004940	3
385	58	AURITZ/BL	AURITZ/BUF	290	3	290	0,010350	3
609	92	ERRO	AURZBERR	172606	220	172606	0,001270	220
610	92	ERRO	ERRO	149350	120	149350	0,000800	120
613	92	ERRO	BIZKARRET.	69000	92	68212	0,001330	91
614	92	ERRO	AURZBERR	61308	10	61118	0,000160	10
617	92	ERRO	LINTZOAIN	43481	45	8267	0,001030	9
623	92	ERRO	AURZBERR	12000	6	12000	0,000490	6
629	92	ERRO	LINTZOAIN	460	3	460	0,006510	3
630	92	ERRO	LINTZOAIN	327	3	327	0,009180	3
631	92	ERRO	LINTZOAIN	201	2	201	0,009930	2
643	98	ESTERBAI	OLLOKI	536331	324	240020	0,000600	145
644	98	ESTERBAI	ARLETA	233386	7	156452	0,000020	5
645	98	ESTERBAI	ZUBIRI	183934	460	183934	0,002500	460
647	98	ESTERBAI	LARRASOA	111194	135	111194	0,001210	135
649	98	ESTERBAI	URDAITZUF	66635	75	66635	0,001120	75
651	98	ESTERBAI	ZURIAN	41314	15	41314	0,000360	15
656	98	ESTERBAI	ANTXORITZ	14046	35	14046	0,002490	35
660	98	ESTERBAI	IROTZ	11073	24	11073	0,002160	24
664	98	ESTERBAI	AGORRETA	9185	18	9185	0,001950	18
667	98	ESTERBAI	ZABALDKA	6339	14	6339	0,002200	14
668	98	ESTERBAI	ZABALDKA	6338	13	6338	0,002050	13
1298	211	ORREAGA	ORREAGAUF	20482	24	20482	0,001170	24
1476	248	LUZADEA	LUZADEAUF	93309	179	93066	0,001910	179
1477	248	LUZADEA	LUZADEAUF	22349	67	22349	0,002990	67
1478	248	LUZADEA	LUZADEAUF	8817	36	8817	0,004080	36
1480	248	LUZADEA	LUZADEAUF	255	6	255	0,023570	6
TOTAL								2.051

Estimación de la población Afectada por la vía N-135,  
con un área de influencia de 300 m a los márgenes de la vía.





Estimación de la población afectada por la vía A-21 y N-240, con un área de influencia de 300 m a los márgenes de la vía.

A 6.1 Población afectada por la contaminación acústica en cada alternativa.



Población	Punto	Distancia [m]	Leq	Población afectada	Clasificación Tipo 1	Clasificación Tipo 2
Olagüe	1	60	51	182	C	150
	2	215	50,9	182	C	150
Sunbilla	1	20	60,5	290	B-C	300
	2	350	54,2	290	B-C	300
Irurita	1	1	63	671	A	700
	2	50	44,2	671	A	700
Elizondo	1	1,5	66,9	2236	A	2500
	2	50	47,8	2236	A	2500
Irurtzun	1	0	69,5	1659	B-C	1500
	2	60	57	1659	B-C	1500
	3	120	49,9	1659	B-C	1500
Gorriti	1	350	41,2	73	C	150
	2	120	47,2	73	C	150
Berrioplano	1	0	74,5	64 (Iarragueta)	B-C >600m	150
	2	120	59,4	64 (Iarragueta)	B-C >600m	150
Zubiri	1	1,5	74,5	460	A-B	700
	2	50	59,4	460	A-B	700
Espinal	1	0	61,7	220	A	150
	2	70	39,4	220	A	150
Liédena	1	0	70	297	B-C	300
	2	400	48,4	297	B-C	300
	3	200	51,5	297	B-C	300
	4	122	51,8	297	B-C	300
Noain	1	20	72	1468	A-B	1500
	2	32,5	61,5	1468	A-B	1500
	3	100	56,6	1468	A-B	1500

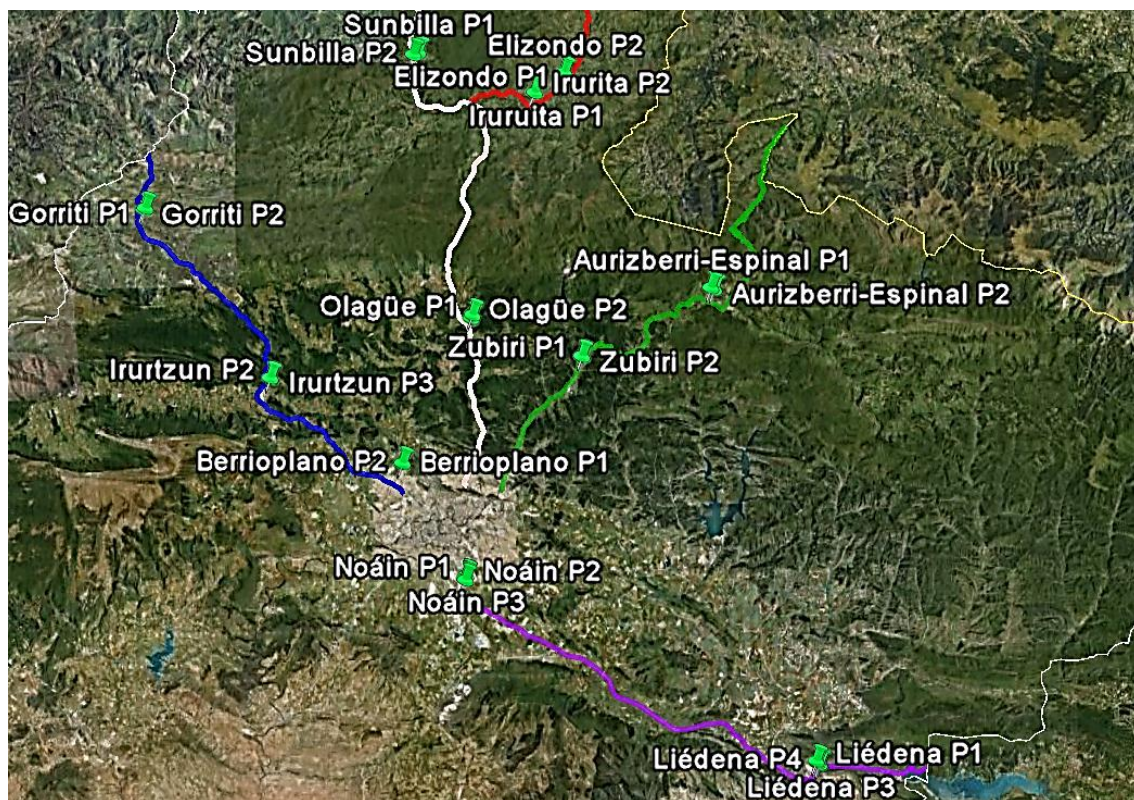
Clasificación	Tipo 1	Información
Configuración geográfica del poblado	A	La vía atraviesa poblado
	B	La vía es frontera lateral del poblado
	C	La vía está a distancia del poblado

Clasificación	Tipo 2	Información
Nivel de población afectada	150	Población afectada entre 0 y 250 personas
	300	Población afectada entre 251 y 350 personas
	700	Población afectada entre 351 y 900 personas
	1500	Población afectada entre 901 y 2000 personas
	2500	Población afectada entre 2001 y 4000 personas

Tabla	Alternativa	Información IMD
IMD en caso de tener que cambiar de vía en población de referencia	1	31500 - 17500
	2	14250
	3	14250 - 3200
	4	3800 - 550
	5	9800 - 4150

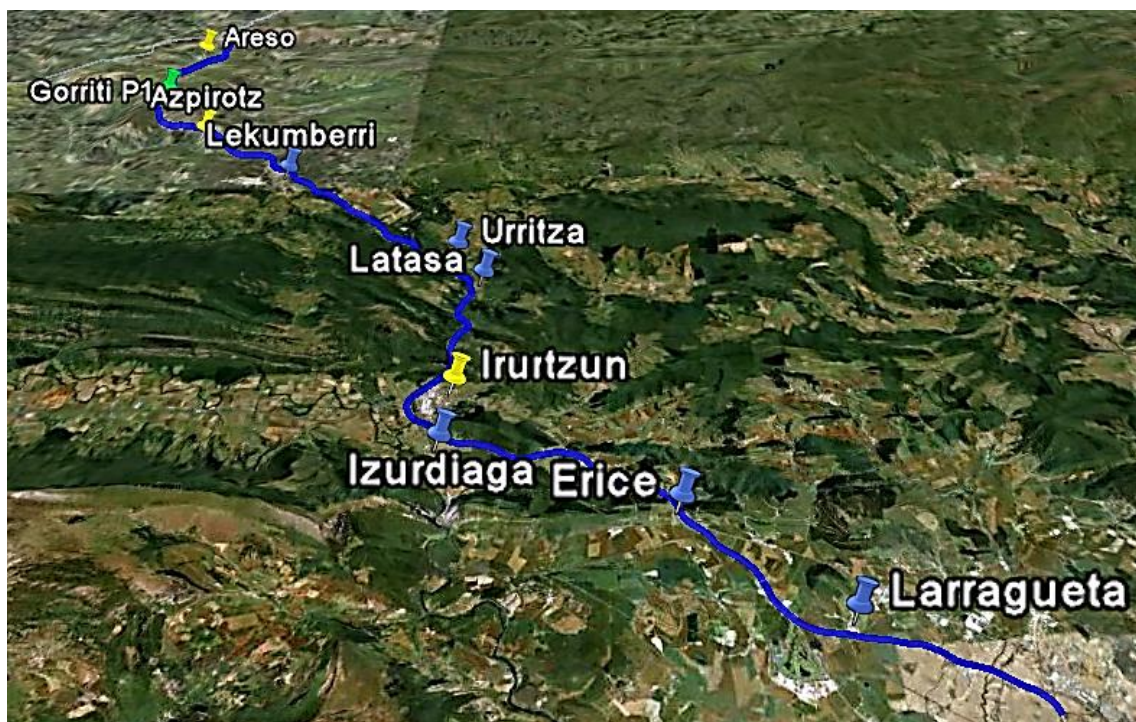
## A 6.2 Poblaciones de referencia clasificadas con datos, y leyenda de las clasificaciones.





A 6.3 Localización de poblaciones de referencia (imagen superior), y localización de puntos de tomas sonoras en ellos (imagen inferior) en el conjunto de las cinco alternativas.





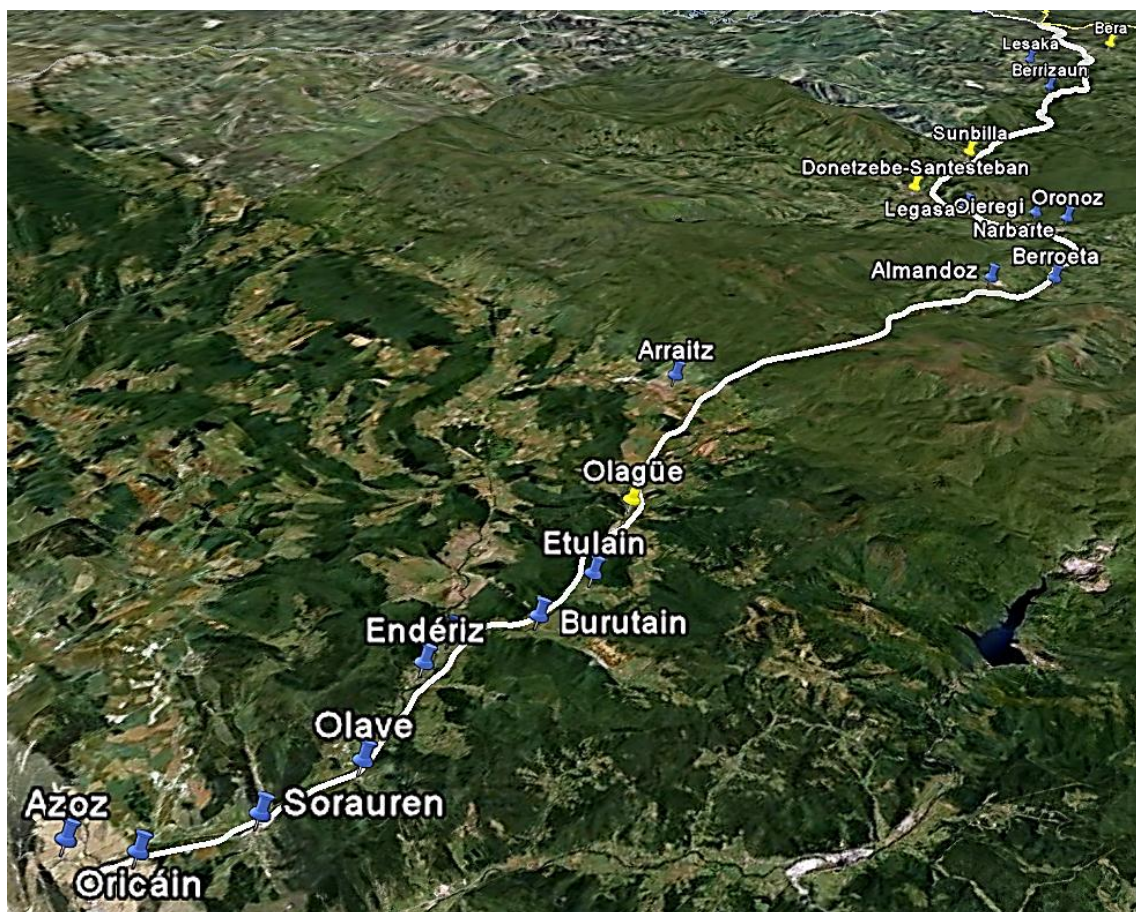
Población	Población afectada	Clasificación Tipo 1	Clasificación Tipo 2	Población referencia	Punto	Leq	Pob afect * Leq
Izurdiaga	132	B-C	150	Gorriti	1	41,2	5438,4
* Areso	19	C	150	Gorriti	1	41,2	782,8
Urritza	30	C	150	Gorriti	1	41,2	1236
Latasa	67	B-C	150	Gorriti	1	41,2	2760,4
Erice	50	B-C	150	Gorriti	2	47,2	2360
Gorriti	73	C	150	Gorriti	1	41,2	3007,6
* Azpirotz	19	C	150	Gorriti	2	47,2	896,8
Larragueta	64	B-C	150	Gorriti	2	47,2	3020,8
* Irurtzun	1659	B-C	1500	Irurtzun	3	49,9	82784,1
Lekumberri	339	B-C	300	Irurtzun	3	49,9	16916,1
<b>SUMA total</b>	<b>2452</b>					<b>Media 48,61</b>	

Nota:	Información
*	Poblaciones con estación meteorológica utilizada en proyecto
—	Poblaciones de paso que además es de referencia

Afectación de ruido total
119203,00

A 6.4 Localización de poblaciones de paso afectadas (imágenes superiores), y poblaciones de paso clasificadas con datos, leyenda afectación total (tablas inferiores) de la Alternativa 1.



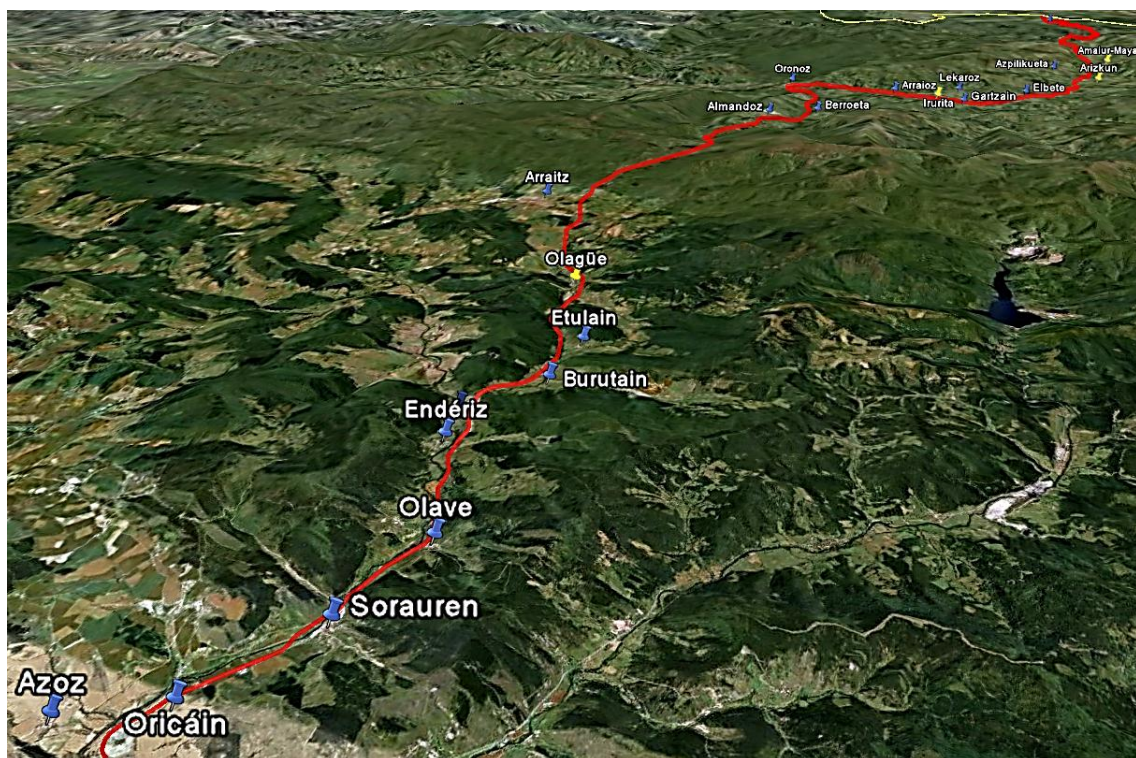


Población	Población afectada	Clasificación Tipo 1	Clasificación Tipo 2	Población referencia	Punto	Leq	Pob afect * Leq
* Olagüe	182	C	150	Olagüe	2	50,9	9263,8
Burutain	43	B-C	150	Olagüe	2	50,9	2188,7
Etulain	3	C	150	Olagüe	2	50,9	152,7
Oronoz	475	B-C	700	Sunbilla	2	54,2	25745
Berroeta	69	C	150	Olagüe	2	50,9	3512,1
Almandoz	201	C	150	Olagüe	2	50,9	10230,9
Legasa	59	C	150	Olagüe	2	50,9	3003,1
Oieregi	92	C	150	Olagüe	2	50,9	4682,8
Narbarte	86	C	150	Olagüe	2	50,9	4377,4
Oricáin	105	C	150	Olagüe	2	50,9	5344,5
Sorau	154	B-C	150	Olagüe	2	50,9	7838,6
Azoz	8	C	150	Olagüe	2	50,9	407,2
Lesaka	72	C	150	Olagüe	2	50,9	3664,8
Ostiz	109	C	150	Olagüe	2	50,9	5548,1
Endériz	48	C	150	Olagüe	1	51	2448
Olave	31	B-C	150	Olagüe	1	51	1581
* Donetzebe-Santesteban	187	C	150	Olagüe	1	51	9537
* Sunbilla	290	B-C	300	Sunbilla	1	60,5	17545
Arraitz	30	C	150	Olagüe	2	50,9	1527
* Bera	156	C	150	Olagüe	2	50,9	7940,4
Berrizaun	76	B-C	150	Sunbilla	1	60,5	4598
<b>SUMA total</b>	<b>2476</b>					<b>Media 52,96</b>	

Nota:	Información
*	Poblaciones con estación meteorológica utilizada en proyecto
—	Poblaciones de paso que además es de referencia

Afectación de ruido total
131136,10

A 6.5 Localización de poblaciones de paso afectadas (imagen superior), y poblaciones de paso clasificadas con datos, leyenda y afectación total (tablas inferiores) de la Alternativa 2.



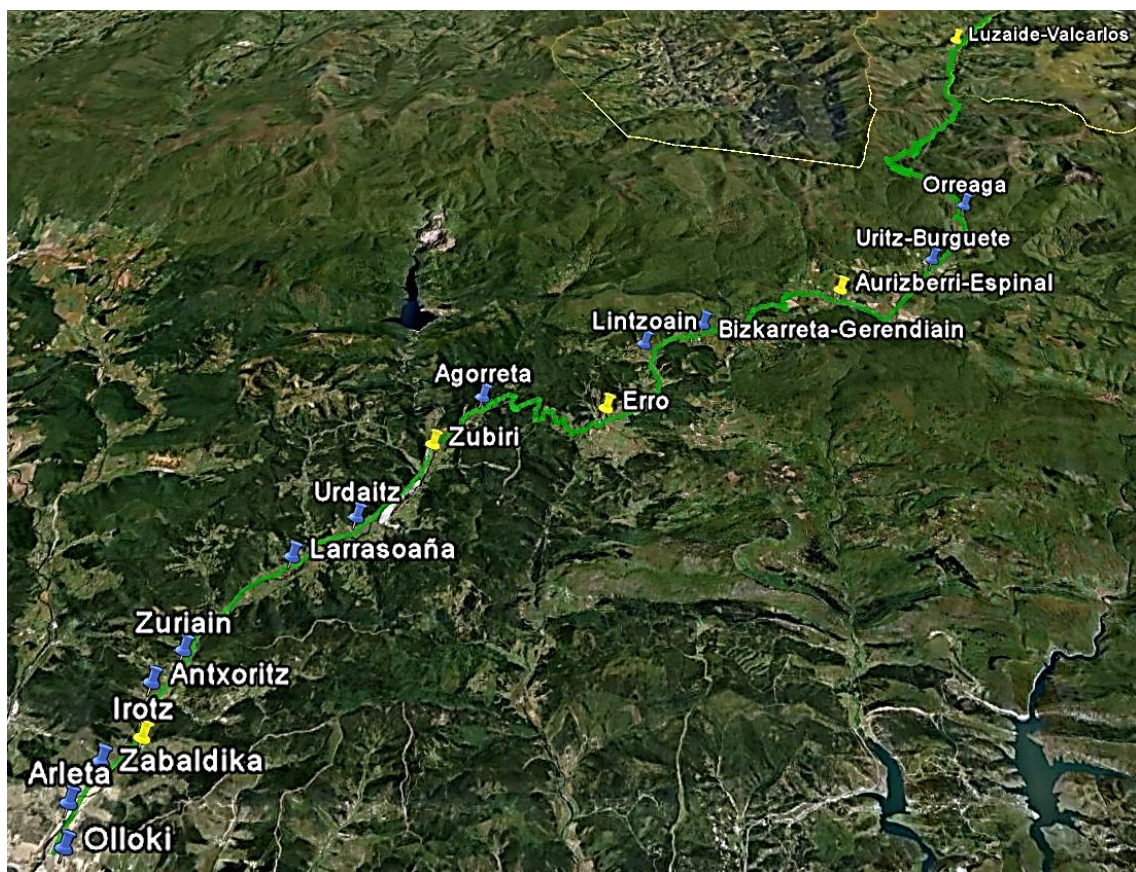
Población	Población afectada	Clasificación Tipo 1	Clasificación Tipo 2	Población referencia	Punto	Leq	Pob afect * Leq
* Olagüe	182	C	150	Olagüe	2	50,9	9263,8
Burutain	43	B-C	150	Olagüe	2	50,9	2188,7
Etulain	3	C	150	Olagüe	2	50,9	152,7
Oronoz	475	B-C	700	Sunbilla	1	60,5	28737,5
Berroeta	69	C	150	Olagüe	2	50,9	3512,1
Almandoz	201	C	150	Olagüe	2	50,9	10230,9
Elizondo	2236	A	2500	Elizondo	1	66,9	149588,4
* Irurita	671	A	700	Irurita	1	63	42273
Elbete	209	A	150	Irurita	1	63	13167
Gartzain	211	C	150	Olagüe	2	50,9	10739,9
* Arizkun	23	C	150	Olagüe	2	50,9	1170,7
Arraioz	212	C	150	Olagüe	1	51	10812
* Amaiur-Maya	18	C	150	Olagüe	2	50,9	916,2
Lekaroz	5	C	150	Olagüe	2	50,9	254,5
Azpilikueta	23	C	150	Olagüe	2	50,9	1170,7
Oricáin	105	C	150	Olagüe	2	50,9	5344,5
Sorauren	154	B-C	150	Olagüe	2	50,9	7838,6
Azoz	8	C	150	Olagüe	2	50,9	407,2
Ostiz	109	C	150	Olagüe	2	50,9	5548,1
Endériz	48	C	150	Olagüe	1	51	2448
Olave	31	B-C	150	Olagüe	1	51	1581
Arraitz	30	C	150	Olagüe	2	50,9	1527
Urdazubi-Urdax	145	C	150	Olagüe	2	50,9	7380,5
<b>SUMA total</b>	<b>5211</b>					<b>Media 60,69</b>	

Nota:	Información
*	Poblaciones con estación meteorológica utilizada en proyecto
—	Poblaciones de paso que además es de referencia

Afectación de ruido total
316253,00

A 6.6 Localización de poblaciones de paso afectadas (imagen superior), y poblaciones de paso clasificadas con datos, leyenda y afectación total (tablas inferiores) de la Alternativa 3.





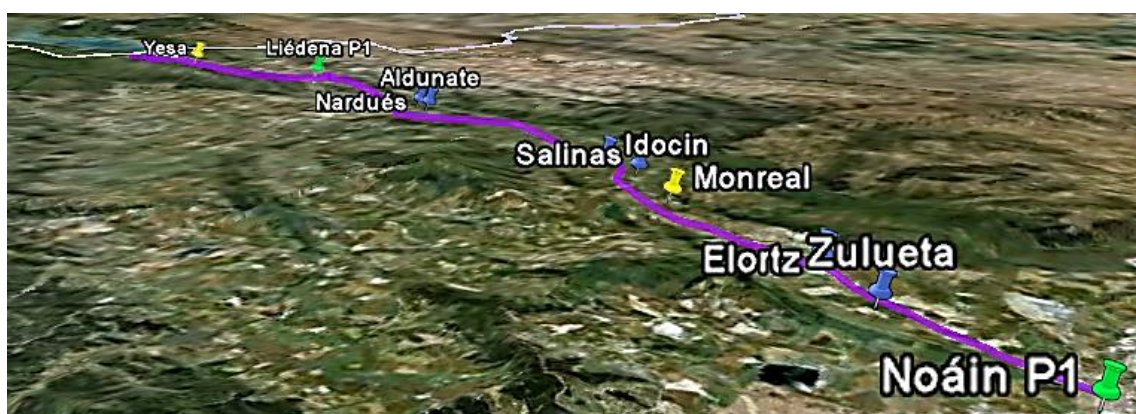
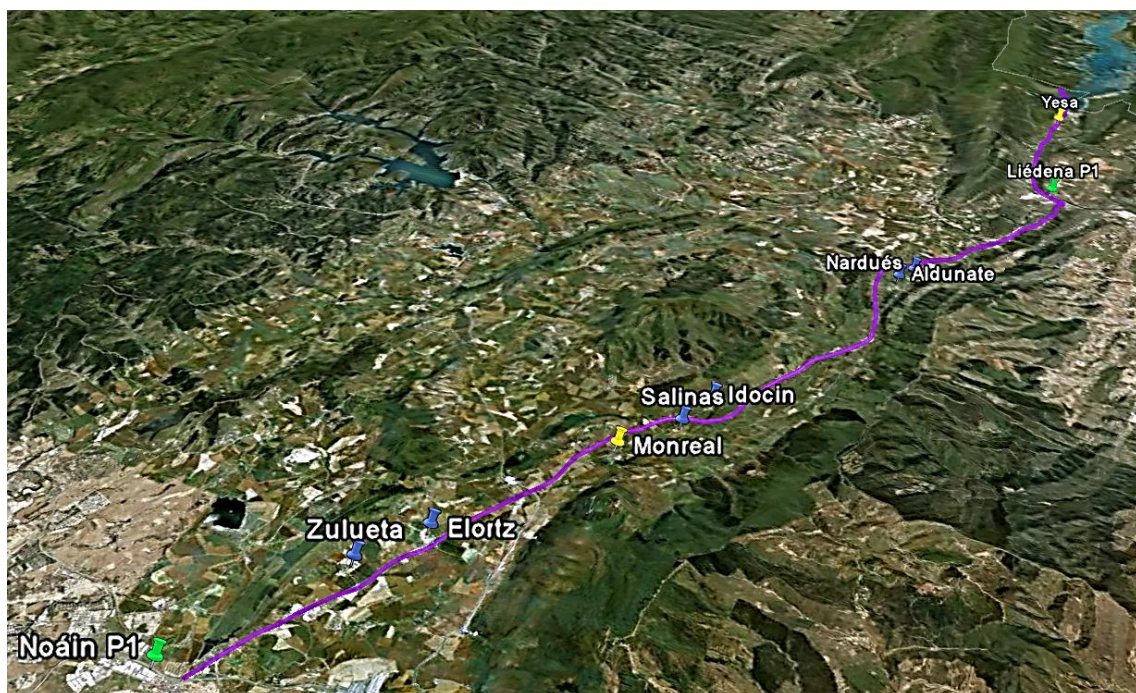
Población	Población afectada	Clasificación Tipo 1	Clasificación Tipo 2	Población referencia	Punto	Leq	Pob afect * Leq
Uritz-Burguete	336	A	300	Auzberri-Espinal	1	61,7	20731,2
* Aurizberri-Espinal	236	A	150	Auzberri-Espinal	1	61,7	14561,2
* Erro	120	A-B	150	Zubiri	1	74,5	8940
Bizkarreta-Gerendiain	91	A-B	150	Auzberri-Espinal	1	61,7	5614,7
Lintzoain	17	B-C	150	Liédena	4	51,8	880,6
Olloki	145	B-C	150	Liédena	3	51,5	7467,5
Arleta	5	B-C	150	Liédena	4	51,8	259
* Zubiri	460	A-B	700	Zubiri	1	74,5	34270
Larrasoña	135	A	150	Auzberri-Espinal	2	39,4	5319
Urdaitz	75	A	150	Auzberri-Espinal	2	39,4	2955
Zuriain	15	A-B	150	Zubiri	1	74,5	1117,5
Antxoritz	35	C	150	Liédena	3	51,5	1802,5
* Irotz	24	C	150	Liédena	3	51,5	1236
Agorreta	18	A-B	150	Zubiri	1	74,5	1341
Zabaldika	27	A-B	150	Zubiri	2	59,4	1603,8
Orreaga	24	B	150	Zubiri	1	74,5	1788
* Lizaide-Valcarlos	288	A	300	Auzberri-Espinal	1	61,7	17769,6
<b>SUMA total</b>	<b>2051</b>					<b>Media 62,24</b>	

Nota:	Información
*	Poblaciones con estación meteorológica utilizada en proyecto
—	Poblaciones de paso que además es de referencia

<b>Afectación de ruido total</b>
127656,60

A 6.7 Localización de poblaciones de paso afectadas (imagen superior), y poblaciones de paso clasificadas con datos, leyenda y afectación total (tablas inferiores) de la Alternativa 4.





Población	Población afectada	Clasificación Tipo 1	Clasificación Tipo 2	Población referencia	Punto	Leq	Pob afect * Leq
Noáin	1468	A-B	1500	Noáin	2	61,5	90282
Elorz	61	C	150	Liédena	4	51,8	3159,8
Zulueta	18	C	150	Liédena	2	48,4	871,2
Salinas	109	C	150	Liédena	2	48,4	5275,6
Idocin	46	C	150	Liédena	2	48,4	2226,4
Liédena	297	B-C	300	Liédena	4	51,8	15384,6
* Monreal	406	C	700	Liédena	2	48,4	19650,4
Nardués	3	C	150	Liédena	2	48,4	145,2
Aldunate	12	C	150	Liédena	2	48,4	580,8
* Yesa	56	A-B	150	Liédena	1	70	3920
<b>SUMA total</b>	<b>2476</b>					<b>Media 57,15</b>	

Nota:	Información
*	Poblaciones con estación meteorológica utilizada en proyecto
—	Poblaciones de paso que además es de referencia

Afectación de ruido total
141496,00

A 6.8 Localización de poblaciones de paso afectadas (imágenes superiores), y poblaciones de paso clasificadas con datos, leyenda y afectación total (tablas inferiores) de la Alternativa 5.

## ANEXO 7: DATOS AHP ECONÓMICO - MEDIOAMBIENTAL.

ECONOMICO				
ALTERNATIVA (Ai)	VALOR CRITERIO	VALOR ESCALADO de 0 a 1 $A_i = (S \cdot \sum P_j \cdot X_{ij})$	PREFERENCIA EN LA ESCALA DE COMPARACIÓN POR PARES DEL MÉTODO AHP	AJUSTE A LA INVERSA DE LA ESCALA
		Factor de escala: ( $S=1/0,275$ )		
A1	0,208	0,76	3	7
A2	0,246	0,89	2	8
A3	0,130	0,47	5	5
A4	0,090	0,33	6	4
A5	0,275	1,00	1	9

GASES			
ALTERNATIVA (Ai)	VALOR CRITERIO	VALOR ESCALADO de 0 a 1 $A_i = (S \cdot \sum P_j \cdot X_{ij})$	PREFERENCIA EN LA ESCALA DE COMPARACIÓN POR PARES DEL MÉTODO AHP
		Factor de escala: ( $S=1/0,38$ )	
A1	0,38	1,00	1
A2	0,25	0,66	4
A3	0,23	0,61	4
A4	0,30	0,79	3
A5	0,34	0,89	2

ACUSTICO			
ALTERNATIVA (Ai)	VALOR CRITERIO	VALOR ESCALADO de 0 a 1 $A_i = (S \cdot \sum P_j \cdot X_{ij})$	PREFERENCIA EN LA ESCALA DE COMPARACIÓN POR PARES DEL MÉTODO AHP
		Factor de escala: ( $S=1/316253$ )	
A1	119203,0	0,38	6
A2	131136,1	0,41	6
A3	316253,0	1,00	1
A4	127656,6	0,40	6
A5	141496,0	0,45	5

### A 7.1 Acondicionamiento de datos para implementar en el método AHP.

Comparación por pares de las alternativas desde el punto de vista de ECONOMICO de preferencias.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5			Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	PREFERENCIA
Alternativa 1	1,00	0,88	1,40	1,75	0,78			Alternativa 1	0,21	0,21	0,21	0,21	0,212
Alternativa 2	1,14	1,00	1,60	2,00	0,89			Alternativa 2	0,24	0,24	0,24	0,24	0,242
Alternativa 3	0,71	0,63	1,00	1,25	0,56			Alternativa 3	0,15	0,15	0,15	0,15	0,152
Alternativa 4	0,57	0,50	0,80	1,00	0,44			Alternativa 4	0,12	0,12	0,12	0,12	0,121
Alternativa 5	1,29	1,13	1,80	2,25	1,00			Alternativa 5	0,27	0,27	0,27	0,27	0,273
	4,71	4,13	6,60	8,25	3,67				1,00	1,00	1,00	1,00	1,000
CONSISTENCIA													
	0,21	1,00 1,14 0,71 0,57 1,29	0,24  0,63 0,50 1,13	0,88 1,00 0,63 0,50 1,13	1,40 1,60 1,00 0,80 1,80	0,15	0,12	1,75 2,00 1,25 1,00 2,25	0,27		0,78 0,89 0,56 0,44 1,00		
		+	0,21 0,24 0,15 0,12 0,27	+	0,21 0,24 0,15 0,12 0,27	+	0,21 0,24 0,15 0,12 0,27	+	0,21 0,24 0,15 0,12 0,27	+	0,21 0,24 0,15 0,12 0,27	=	1,06 1,21 0,76 0,61 1,36
Alternativa 1	5,00												
Alternativa 2	5,00	λmax =		5									
Alternativa 3	5,00												
Alternativa 4	5,00	CI =		0									
Alternativa 5	5,00												
		CR =	0		0,1			n	RI				
								3	0,58				
								4	0,9				
								5	1,12				
								6	1,24				
								7	1,32				
								8	1,41				

Comparación por pares de las alternativas considerando los GASES. Cálculo de preferencias.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5			Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	PREFERENCIA
Alternativa 1	1,00	0,25	0,25	0,33	0,50			0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Alternativa 2	4,00	1,00	1,00	1,33	2,00			0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Alternativa 3	4,00	1,00	1,00	1,33	2,00			0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Alternativa 4	3,00	0,75	0,75	1,00	1,50			0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Alternativa 5	2,00	0,50	0,50	0,67	1,00			0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
	14,00	3,50	3,50	4,67	7,00			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CONSISTENCIA													
	0,07	1,00 4,00 3,00 2,00	0,29	0,25 1,00 0,75 0,50	0,29	0,25 1,00 0,75 0,50	0,21	0,33 1,33 1,33 1,00 0,67	0,14	0,50 2,00 2,00 1,50 1,00			
		+	0,07 0,29 0,29 0,21 0,14	+	0,07 0,29 0,29 0,21 0,14	+	0,07 0,29 0,29 0,21 0,14	+	0,07 0,29 0,29 0,21 0,14	+	0,07 0,29 0,29 0,21 0,14	=	0,36 1,43 1,43 1,07 0,71
Alternativa 1	5,00												
Alternativa 2	5,00		$\lambda_{\max} =$	5									
Alternativa 3	5,00												
Alternativa 4	5,00		Ci =	0									
Alternativa 5	5,00												
			CR =	0	0,1								
						n	Ri						
						3	0,58						
						4	0,9						
						5	1,12						
						6	1,24						
						7	1,32						
						8	1,41						

Comparación por pares de las alternativas desde el punto de vista ACUSTICO. Cálculo de preferencias.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5					Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	PREFERENCIA
Alternativa 1	1,00	1,00	6,00	1,00	1,20					0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Alternativa 2	1,00	1,00	6,00	1,00	1,20					0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Alternativa 3	0,17	0,17	1,00	0,17	0,20					0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Alternativa 4	1,00	1,00	6,00	1,00	1,20					0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Alternativa 5	0,83	0,83	5,00	0,83	1,00					0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
	4,00	4,00	24,00	4,00	4,80					1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CONSISTENCIA															
	0,25	1,00 1,00 0,17 1,00 0,83	0,25	1,00 1,00 0,17 1,00 0,83	0,04	6,00 6,00 1,00 6,00 5,00	0,25	1,00 1,00 0,17 1,00 0,83	0,21	1,20 1,20 0,20 1,20 1,00					
		+ 0,25 0,04 0,25 0,21		+ 0,25 0,04 0,25 0,21		+ 0,25 0,04 0,25 0,21		+ 0,25 0,04 0,25 0,21		+ 0,25 0,04 0,25 0,21		+ 0,25 0,04 0,25 0,21	=		1,25 1,25 0,21 1,25 1,04
Alternativa 1	5,00														
Alternativa 2	5,00		$\lambda_{max} =$	5											
Alternativa 3	5,00														
Alternativa 4	5,00		$CI =$	0											
Alternativa 5	5,00														
			$CR =$	0	0,1	n	Ri								
						3	0,58								
						4	0,9								
						5	1,12								
						6	1,24								
						7	1,32								
						8	1,41								

### A 7.2 Calculo de las matrices de comparación por pares de las alternativas según cada criterio.

Comparación por pares para la ponderación de los criterios.

[illegible]

### A 7.3 Calculo de la matriz de criterios y obtención de los pesos.

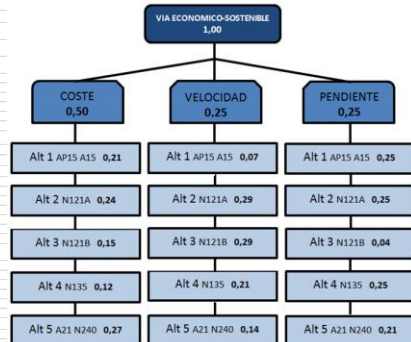
Metodo AHP. Matriz decisional. Analisis de sensibilidad.

	MATRIZ DECISIONAL				
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
ECONOMICO	0.21	0.24	0.15	0.12	0.27
GASES	0.07	0.29	0.29	0.21	0.14
ACUSTICO	0.25	0.25	0.04	0.25	0.21

PESO CRITERIOS	
ECONOMICO	0.51
GASES	0.35
ACUSTICO	0.13

RESULTADOS AHP	
Alternativa 1	0.166
Alternativa 2	0.260
Alternativa 3	0.187
Alternativa 4	0.128
Alternativa 5	0.117

VALORES ALEATORIOS DE LOS PESOS					VALORES ALEATORIOS DE LOS PESOS(Normalizados)				
ECONOMICO	GASES	ACUSTICO	TOTAL		ECONOMICO	GASES	ACUSTICO	TOTAL	
Intervalo [0.36-0.66]	Intervalo [0.21-0.51]	Intervalo [0.09-0.26]	TOTAL		Intervalo [0.36-0.66]	Intervalo [0.21-0.51]	Intervalo [0.09-0.26]	TOTAL	
0.37	0.32	0.14	0.83	0.45	0.38	0.17	0.10	0.64	0.262
0.37	0.49	0.16	1.010167965	0.37	0.48	0.15	1.00	0.150	0.266
0.52	0.24	0.19	0.952686692	0.54	0.26	0.49	1.00	0.182	0.256
0.38	0.31	0.26	0.944841731	0.40	0.33	0.27	1.00	0.176	0.260
0.46	0.32	0.26	1.040357422	0.44	0.31	0.25	1.00	0.177	0.259
0.59	0.39	0.16	1.147823203	0.51	0.34	0.14	1.00	0.169	0.260
0.44	0.39	0.10	0.945051737	0.47	0.42	0.11	1.00	0.157	0.261
0.53	0.29	0.23	1.056220315	0.50	0.28	0.22	1.00	0.181	0.257
0.48	0.21	0.09	0.780523304	0.62	0.27	0.11	1.00	0.178	0.256
0.42	0.29	0.18	0.984831499	0.47	0.32	0.20	1.00	0.174	0.259
0.65	0.45	0.25	1.349270038	0.48	0.34	0.18	1.00	0.171	0.260
0.39	0.41	0.15	0.947167966	0.41	0.43	0.16	1.00	0.157	0.264
0.57	0.30	0.00	0.871937015	0.65	0.34	0.01	1.00	0.164	0.258
0.60	0.50	0.04	1.137677449	0.52	0.44	0.04	1.00	0.151	0.263
0.36	0.48	0.13	0.963242962	0.38	0.49	0.13	1.00	0.147	0.267
0.58	0.40	0.17	1.148501855	0.50	0.35	0.10	1.00	0.168	0.260
0.56	0.37	0.15	1.081139649	0.52	0.34	0.14	1.00	0.169	0.260
0.48	0.37	0.10	0.93745601	0.51	0.39	0.11	1.00	0.161	0.262
0.48	0.49	0.04	1.028773441	0.48	0.48	0.04	1.00	0.145	0.266
0.45	0.21	0.20	0.861351705	0.53	0.25	0.23	1.00	0.186	0.258
0.44	0.25	0.10	0.789833902	0.55	0.32	0.13	1.00	0.172	0.258
0.39	0.43	0.19	1.009851201	0.39	0.43	0.18	1.00	0.158	0.264
0.37	0.37	0.25	0.988627885	0.37	0.26	0.24	1.00	0.169	0.261
0.42	0.37	0.18	0.973132845	0.43	0.38	0.19	1.00	0.185	0.256
0.47	0.21	0.19	0.870524733	0.54	0.25	0.21	1.00	0.185	0.256
0.47	0.32	0.03	0.822160693	0.57	0.35	0.08	1.00	0.157	0.262
0.62	0.50	0.21	1.33411319	0.46	0.38	0.16	1.00	0.164	0.261
0.52	0.41	0.13	1.06107155	0.49	0.39	0.12	1.00	0.162	0.261
0.36	0.47	0.05	0.887203699	0.41	0.53	0.06	1.00	0.139	0.268
0.64	0.51	0.22	1.369952407	0.47	0.37	0.16	1.00	0.166	0.261
0.45	0.27	0.20	0.927588516	0.49	0.29	0.22	1.00	0.179	0.258
0.38	0.33	0.20	0.910746867	0.42	0.42	0.16	1.00	0.161	0.277
0.59	0.31	0.15	1.043205494	0.56	0.30	0.14	1.00	0.175	0.257
0.45	0.51	0.10	1.153859049	0.39	0.44	0.17	1.00	0.156	0.265
0.49	0.46	0.12	0.973886639	0.46	0.43	0.12	1.00	0.156	0.263
0.53	0.28	0.16	0.873545133	0.54	0.29	0.17	1.00	0.177	0.257
0.60	0.23	0.11	0.946000044	0.64	0.24	0.12	1.00	0.182	0.265
0.40	0.34	0.15	0.893089933	0.45	0.38	0.17	1.00	0.164	0.262
0.37	0.39	0.22	0.970728506	0.38	0.40	0.22	1.00	0.164	0.261
0.54	0.43	0.23	1.200674184	0.45	0.36	0.19	1.00	0.168	0.261
0.37	0.39	0.01	0.763560248	0.48	0.51	0.01	1.00	0.139	0.267
0.56	0.35	0.09	1.157629492	0.49	0.45	0.03	1.00	0.153	0.263
0.39	0.25	0.22	0.86152082	0.46	0.26	0.10	1.00	0.181	0.258
0.63	0.45	0.17	1.244750205	0.50	0.36	0.14	1.00	0.166	0.260
0.49	0.42	0.08	0.909451026	0.49	0.43	0.08	1.00	0.161	0.262
0.63	0.40	0.23	1.258287547	0.50	0.32	0.18	1.00	0.174	0.259
0.43	0.47	0.13	1.032720393	0.42	0.46	0.13	1.00	0.152	0.265
0.45	0.41	0.22	1.084301216	0.41	0.38	0.20	1.00	0.161	0.266
0.37	0.34	0.24	0.946959714	0.39	0.36	0.25	1.00	0.171	0.261
0.48	0.50	0.13	1.107119907	0.43	0.45	0.12	1.00	0.153	0.265
0.63	0.27	0.09	0.860458971	0.64	0.27	0.09	1.00	0.177	0.256
0.50	0.35	0.19	1.029950282	0.48	0.34	0.18	1.00	0.171	0.261
0.42	0.37	0.02	0.812689567	0.52	0.44	0.02	1.00	0.148	0.264



0.57	0.47	0.02	1.05253768	0.54	0.44	0.02	1.00	0.150	0.263	0.210	0.163	0.213	4949	1				
0.58	0.33	0.11	1.017203071	0.57	0.32	0.11	1.00	0.170	0.258	0.185	0.163	0.223	4950	1				
0.44	0.30	0.13	0.871013072	0.51	0.34	0.15	1.00	0.169	0.260	0.182	0.171	0.218	4951	1				
0.40	0.30	0.20	0.893089933	0.45	0.33	0.22	1.00	0.173	0.260	0.173	0.175	0.215	4952	1				
0.46	0.29	0.02	0.770237375	0.59	0.38	0.03	1.00	0.180	0.260	0.201	0.158	0.221	4953	1				
0.47	0.24	0.12	0.830501307	0.56	0.29	0.15	1.00	0.176	0.257	0.176	0.166	0.225	4954	1				
0.54	0.34	0.10	0.948602754	0.45	0.34	0.11	1.00	0.155	0.267	0.188	0.165	0.221	4955	1				
0.38	0.36	0.24	0.97896528	0.39	0.36	0.24	1.00	0.170	0.261	0.175	0.185	0.209	4956	1				
0.52	0.41	0.22	1.157507402	0.45	0.36	0.19	1.00	0.168	0.261	0.180	0.177	0.213	4957	1				
0.65	0.26	0.09	0.941731203	0.69	0.39	0.04	1.00	0.174	0.256	0.186	0.150	0.234	4958	1				
0.53	0.38	0.13	1.033332322	0.51	0.36	0.13	1.00	0.165	0.261	0.188	0.170	0.217	4959	1				
0.56	0.37	0.19	1.124745562	0.50	0.33	0.17	1.00	0.172	0.259	0.178	0.172	0.219	4960	1				
0.56	0.49	0.15	1.105956582	0.47	0.41	0.12	1.00	0.159	0.263	0.195	0.174	0.211	4961	1				
0.42	0.43	0.05	0.892626552	0.47	0.48	0.05	1.00	0.146	0.265	0.212	0.170	0.206	4962	1				
0.42	0.29	0.11	0.818017606	0.52	0.35	0.13	1.00	0.167	0.260	0.186	0.169	0.218	4963	1				
0.57	0.38	0.24	0.991624535	0.37	0.38	0.24	1.00	0.167	0.262	0.178	0.186	0.207	4964	1				
0.37	0.47	0.12	0.966881496	0.39	0.49	0.12	1.00	0.147	0.267	0.206	0.180	0.200	4965	1				
0.40	0.51	0.20	1.107655457	0.36	0.46	0.18	1.00	0.154	0.265	0.195	0.185	0.201	4966	1				
0.38	0.33	0.00	0.713992949	0.54	0.46	0.00	1.00	0.147	0.264	0.215	0.162	0.212	4967	1				
0.60	0.46	0.09	1.151565216	0.52	0.40	0.08	1.00	0.159	0.262	0.198	0.167	0.215	4968	1				
0.49	0.42	0.09	0.997165098	0.49	0.42	0.09	1.00	0.156	0.263	0.200	0.170	0.211	4969	1				
0.49	0.24	0.03	0.754703081	0.64	0.31	0.04	1.00	0.169	0.257	0.190	0.154	0.229	4970	1				
0.38	0.29	0.07	0.736110093	0.51	0.39	0.10	1.00	0.160	0.262	0.195	0.168	0.215	4971	1				
0.56	0.39	0.03	0.8743768	0.58	0.40	0.03	1.00	0.157	0.261	0.203	0.160	0.219	4972	1				
0.40	0.25	0.01	0.659304767	0.61	0.38	0.01	1.00	0.159	0.260	0.203	0.156	0.222	4973	1				
0.49	0.27	0.14	0.898837738	0.54	0.30	0.14	1.00	0.176	0.258	0.175	0.168	0.223	4974	1				
0.43	0.48	0.11	1.018491518	0.43	0.47	0.10	1.00	0.149	0.265	0.205	0.176	0.204	4975	1				
0.63	0.38	0.24	1.249207135	0.51	0.30	0.19	1.00	0.176	0.258	0.172	0.172	0.221	4976	1				
0.53	0.31	0.15	0.903945463	0.53	0.32	0.15	1.00	0.173	0.258	0.179	0.169	0.221	4977	1				
0.45	0.43	0.26	1.135281795	0.39	0.38	0.22	1.00	0.166	0.262	0.180	0.184	0.208	4978	1				
0.43	0.50	0.00	0.935403896	0.46	0.54	0.00	1.00	0.135	0.268	0.226	0.169	0.201	4979	1				
0.55	0.47	0.17	1.190248196	0.46	0.39	0.14	1.00	0.161	0.262	0.191	0.174	0.212	4980	1				
0.56	0.30	0.19	1.047220287	0.53	0.29	0.18	1.00	0.178	0.257	0.172	0.170	0.223	4981	1				
0.38	0.38	0.24	1.000117253	0.38	0.38	0.24	1.00	0.168	0.262	0.177	0.186	0.208	4982	1				
0.62	0.35	0.04	1.001080357	0.43	0.35	0.04	1.00	0.164	0.265	0.195	0.157	0.225	4983	1				
0.63	0.49	0.08	1.007020478	0.43	0.49	0.08	1.00	0.145	0.275	0.211	0.175	0.203	4984	1				
0.57	0.36	0.10	1.029642535	0.55	0.35	0.10	1.00	0.166	0.260	0.190	0.165	0.220	4985	1				
0.39	0.48	0.03	0.895963449	0.43	0.53	0.03	1.00	0.138	0.268	0.222	0.173	0.200	4986	1				
0.47	0.26	0.02	0.924193317	0.51	0.28	0.11	1.00	0.180	0.267	0.184	0.172	0.212	4987	1				
0.55	0.39	0.15	1.080384434	0.51	0.36	0.13	1.00	0.166	0.260	0.186	0.170	0.211	4988	1				
0.62	0.41	0.15	1.174448528	0.53	0.35	0.13	1.00	0.168	0.260	0.186	0.168	0.219	4989	1				
0.60	0.40	0.17	1.175466215	0.51	0.34	0.17	1.00	0.169	0.260	0.183	0.170	0.218	4990	1				
0.64	0.27	0.21	1.130421648	0.57	0.24	0.19	1.00	0.185	0.255	0.164	0.167	0.229	4991	1				
0.62	0.49	0.25	1.515312076	0.46	0.36	0.18	1.00	0.168	0.261	0.181	0.177	0.214	4992	1				
0.39	0.33	0.08	0.687949655	0.44	0.37	0.19	1.00	0.156	0.270	0.182	0.179	0.212	4993	1				
0.46	0.40	0.25	1.111891913	0.41	0.36	0.23	1.00	0.169	0.261	0.176	0.183	0.211	4994	1				
0.40	0.45	0.21	1.097463601	0.38	0.42	0.20	1.00	0.160	0.264	0.178	0.184	0.204	4995	1				
0.33	0.23	0.02	0.746173994	0.54	0.24	0.16	1.00	0.182	0.260	0.160	0.171	0.207	4996	1				
0.55	0.33	0.17	1.052127034	0.52	0.31	0.16	1.00	0.174	0.258	0.176	0.181	0.221	4997	1				
0.44	0.46	0.18	1.088531178	0.41	0.42	0.17	1.00	0.158	0.264	0.192	0.180	0.206	4998	1				
0.40	0.40	0.29	0.745941517	0.53	0.39	0.15	1.00	0.166	0.266	0.186	0.166	0.216	4999	1				
0.36	0.37	0.22	0.96144696	0.38	0.39	0.23	1.00	0.166	0.263	0.180	0.186	0.207	5000	1				
PARAMETERS														5000				
0.186														0.260	0.188	0.169	0.217	5000