

Anexo. Metodología análisis de la calidad del aire en espacios urbanos

El análisis de la calidad del aire en este documento se clasifica en dos partes. La primera es aquella que relaciona al modelo de movilidad y las emisiones que se derivan del flujo vehicular producido. La segunda se refiere a las incidencias sobre el grado de habitabilidad a partir del nivel de inmisión de los gases contaminantes estudiados. Los diferentes cálculos y su implementación en un entorno GIS proporcionan una visión global y concreta de la ciudad de Vitoria. A partir de los resultados se pueden tomar medidas oportunas para la redistribución del tráfico en caso de que alguna calle en concreto se vea especialmente afectada. Este anexo tiene como objetivo exponer la metodología empleada en el análisis tanto de las emisiones como de inmisiones en Vitoria-Gasteiz.

Para la estimación tanto de las emisiones como de las inmisiones se ha utilizado el software Street 5.2. El modelo de calidad del aire Street, es un método de evaluación simple pero a la vez eficaz útil para determinar la polución provocada por el tráfico vehicular. Tiene su origen en el programa de investigación de la antigua República Federal Alemana y ha sido validado en ciudades tales como Düsseldorf, de Neuss,... Para el estudio de la ciudad de Vitoria se ha utilizado la versión francesa del modelo desarrollada por KTT Umwelttechnik und Software Dr. Kunz GmbH en colaboración con Targetting. Esta adaptación tienen en consideración el parque francés automovilístico (prácticamente idéntico al español) y los factores de emisión específicos. Las emisiones se obtienen a partir del modelo COPERT III (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport) y la dispersión microescalar de los gases contaminantes se estima con el MISKAM (Mikroskaliges Klima - und Ausbreitungsmodell). El modelo de difusión euleriano 3D, MISKAM calcula los campos de viento y las inmisiones al nivel de superficie.

Calculo de emisiones

El **flujo vehicular** es la principal fuente de emisión en los sistemas urbanos, en este estudio, debido a que solo se puede inferir en esta fuente, es la única que se ha tenido en específica consideración, los contaminantes derivados de otras fuentes quedan incluidos dentro de la contaminación de fondo de la ciudad. Las emisiones provenientes del flujo vehicular dependen de multitud de factores complicando así su estimación. Se puede considerar que no hay dos vehículos que emitan la misma cantidad de gases contaminantes. Los factores de los que dependen estas emisiones son: (1) factores propios del vehículo como la tipología de vehículo, la antigüedad de éste, el peso, el combustible que usa o la velocidad a la que circula, (2) factores externos como la pendiente del tramo, el tipo de pavimento de la vía por donde circula o la temperatura ambiente y (3) factores personales tales como la forma de conducir o la longitud de los recorridos. Todos estos factores hacen casi imposible un cálculo determinado de las emisiones producidas por el tráfico de vehículos y se ha optado por una estimación a partir del máximo número de factores posibles. Estos factores son:

Intensidad Media Diaria (IMD) y características del parque vehicular: Expresa el número de vehículos diarios que pasan por la sección. Este dato se obtiene a partir de la microsimulación del tráfico de la ciudad. La microsimulación, a partir de los datos obtenidos del anuario estadístico, también aporta el porcentaje vehículos ligeros y pesados de carga, motocicletas, así como los autobuses que circulan por cada tramo. Otro dato importante es la velocidad de circulación de los vehículos por la vía así como el porcentaje de tiempo en que la vía está congestionada. La completitud de toda la información determina el factor de emisión de cada contaminante que se aplicará a un determinado tramo. En la imagen siguiente se puede apreciar los factores de emisión de óxido de nitrógeno para los diferentes tipos de vehículos en un tramo cuyo tipo de circulación es *Stop and Go* con velocidad media aproximada de 5,3 Km/h.

	Emission factors		Gradient fac.	
	[g/km/vehicle]		0 à 4%	4 à 6%
Cars	0,748		1,00	1,00
LL	1,878		1,00	1,00
HL	15,225		1,00	1,00
Bus	20,160		1,00	1,00
2-wheel	0,080		1,00	1,00

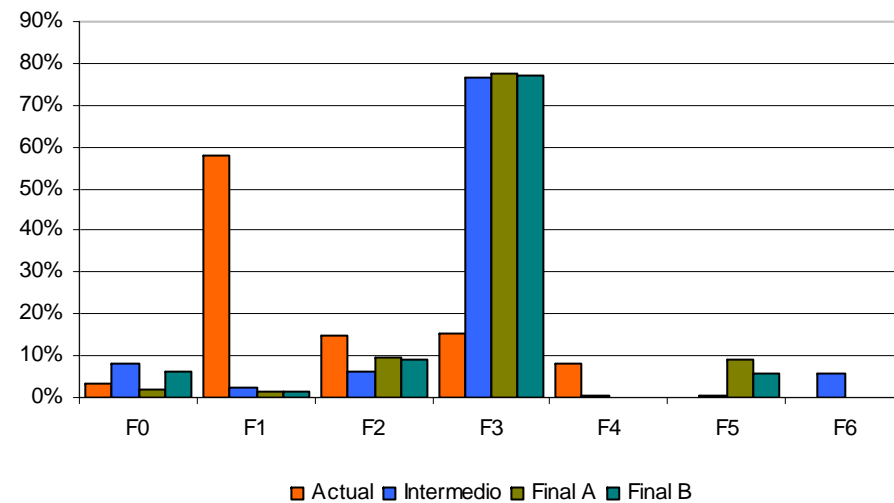
Ejemplo de factores de emisión de NO_x para diferentes vehículos. Fuente: Modelo de calidad del aire Street 5.2

Tipología de circulación: Define la manera de circular de los vehículos por el tramo, depende del tipo de vía por donde circulen, la intensidad de tráfico y la velocidad media. Se han definido 6 tipologías de circulación diferentes y se han estudiado para el escenario actual y los escenarios futuros Intermedio, Final A y Final B.

TIPOLOGÍA DE CIRCULACIÓN					
TIPO	DESCRIPCIÓN DE LA CIRCULACIÓN	LONGITUD	LONGITUD	LONGITUD	LONGITUD
		(%) Actual	(%) Intermedio	(%) Final A	(%) Final B
F0	Stop and Go, Vel. Media=5.3 Km/h	3,24	8,34	2,14	6,39
F1	Vía secundaria, fuertes perturbaciones, Vel. Media= 19 Km/h	58,14	2,45	1,57	1,67
F2	Vía secundaria, perturbaciones medias, Vel. Media= 28 Km/h	15,03	6,18	9,68	9,18
F3	Vía secundaria, perturbaciones mínimas, Vel. Media= 37 Km/h	15,36	76,50	77,58	77,02
F4	Vía principal, perturbaciones mínimas, Vel. Media= 46 Km/h	8,23	0,26	0,11	0,13
F5	Vía principal sin perturbaciones, Vel. Media= 58 Km/h	0,00	6,28	8,92	5,60
TOTAL		100	100	100	100

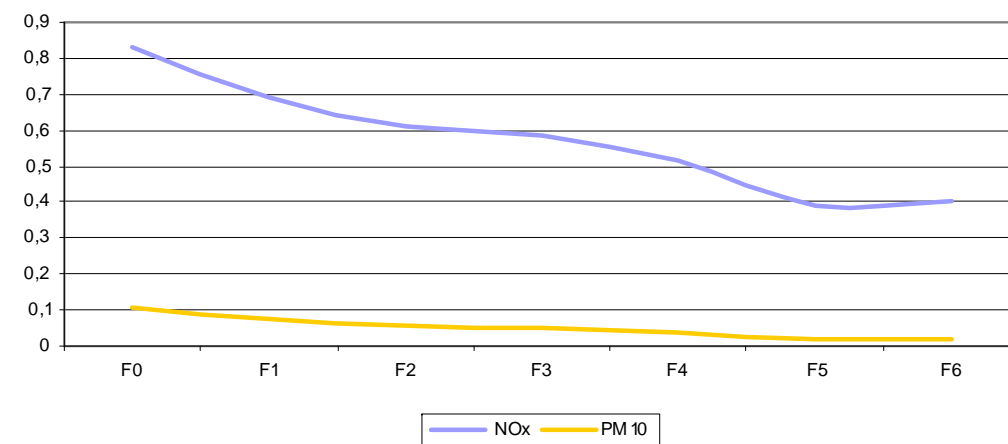
Clasificación del tramario según la tipología de circulación. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestran los resultados estadísticos de la tipología de circulación que soportan los tramos por donde circula 1 o más vehículos (se han eliminado de la estadística los tramos peatonales).



Evolución de la tipología de circulación según la velocidad. Fuente: Elaboración propia.

Un principio importante para la reducción de las emisiones es alcanzar un régimen de velocidades adecuado tal que el vehículo emita la mínima cantidad de gases posibles.

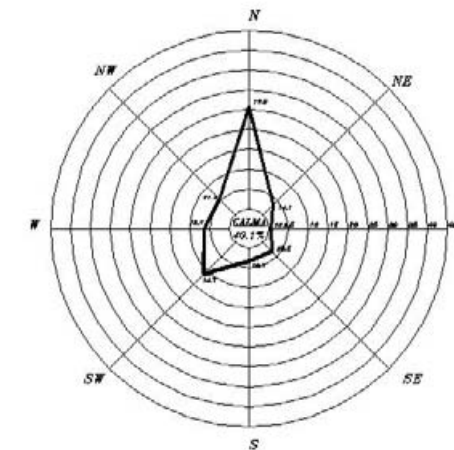


Factores de emisión (g/km) según los rangos de velocidad. Fuente: Modelo Street 5.2

Calculo de inmisiones

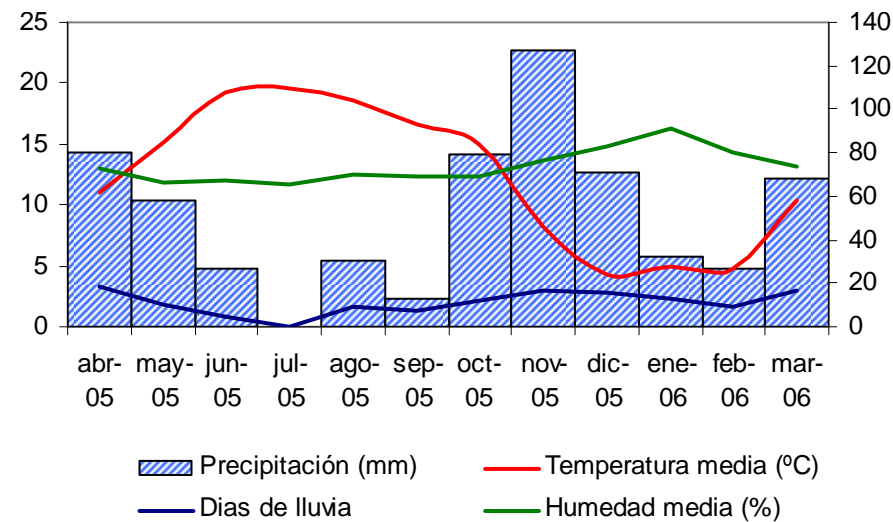
La estimación de los niveles de inmisión es el resultado de la modelización de la dispersión de los gases emitidos en los tramos debido al efecto del viento por las calles, así en este apartado es necesario el conocimiento de la **meteorología** dominante en la ciudad de Vitoria-Gasteiz y de las **características morfológicas de las calles**.

La **meteorología** es un factor básico para conocer la dispersión de los contaminantes emitidos por el tráfico vehicular. El modelo utilizado requiere de datos anuales tanto de **intensidad** como de **dirección del viento**, así como los días de precipitación. Estos datos se han obtenido de la estación situada en la propia ciudad de Vitoria perteneciente a la *euskal meteorologia agentzia*, en un análisis llevado a cabo durante el año meteorológico 2005 (Abril 05 -Marzo 06). La rosa de los vientos describe una dirección dominante del viento de componente Norte con un 26% del tiempo, es necesario marcar que un 40% del tiempo se registró una situación de calma, así se ha estimado que la dirección anual dominante del viento es Norte-Sur con una intensidad media de 3 m/s.



Rosa de los vientos de la estación meteorológica de Vitoria-Gasteiz Fuente: Euskal meteorologia agentzia

En lo referente a las demás variables meteorológicas se puede apreciar que la temperatura media máxima se registra durante los meses de junio y julio (19°C), mientras que el mes de diciembre es el más frío (4°C). En lo referente a la precipitación Noviembre se puede considerar el mes más lluvioso debido a que de un total de 133 días con precipitación, en noviembre hubieron 18 y de un total de precipitación anual de 611 litros, en noviembre se registraron 157 litros. La humedad media de los meses oscila entre el 65%, el mes de julio y el 90% el mes de enero.



Evolución de la Temperatura, Humedad media, precipitación y días de lluvia en Vitoria-Gasteiz.

Fuente: Elaboración propia.

Otra información necesaria par estimar los niveles de inmisión es la **contaminación de fondo** de la ciudad. Los niveles de contaminación de fondo de la calle se extraen de datos medidos por estaciones de fondo urbano pertenecientes a la Red de Vigilancia y Control del Aire, ubicadas en la ciudad de Vitoria-Gasteiz y gestionadas por el Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Para dotar a las calles de un nivel de contaminación de fondo se ha realizado una interpolación espacial sobre la ciudad entre los valores medios anuales medidos por estaciones siguientes:

NOMBRE	UBICACIÓN	CONTAMINANTES
PARQUE SAN MARTIN	Parque San Martín s/n	NO ₂ , O ₃ , CO, PM ₁₀ , SO ₂
FARMACIA	Paseo Universidad 7 - Fac. de Farmacia	NO ₂ , O ₃ , PM ₁₀ , SO ₂
LOS HERRÁN	Judizmendi Parkea	NO ₂
3 DE MARZO	Pl. Tres de Marzo s/n	NO ₂ , O ₃ , CO, PM ₁₀ , SO ₂

Ubicación de las estaciones de medida de la contaminación atmosférica de fondo en Vitoria-Gasteiz.

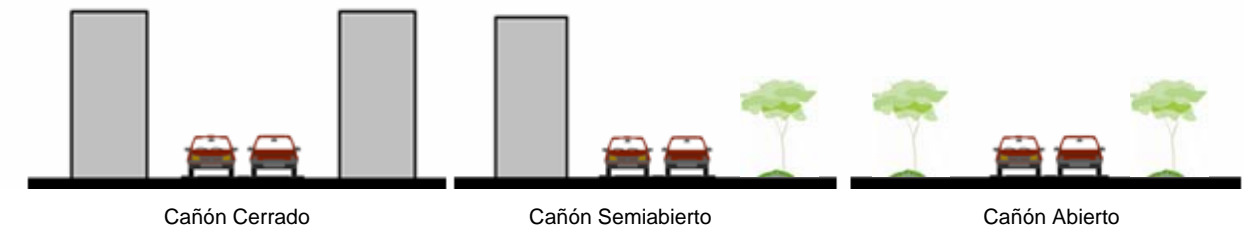
Fuente: Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

A partir de los datos obtenidos de las estaciones de fondo se ha estimado que el nivel de concentración de fondo de NO₂ para la ciudad de Vitoria-Gasteiz es de 33 µg/m³ y en el caso de las partículas de 20 µg/m³.

Por otro lado la **morfología de las secciones viarias** es un parámetro fundamental a la hora de la estimación de los niveles de inmisión, en el caso de de Vitoria-Gasteiz, se han definido 5 características principales:

Existencia de edificios: Los tramos viarios con edificios a ambos lados se denominan *Cañón cerrado*, los tramos viarios con edificios a un único lado se expresan como *Cañón Semiabierto* y los tramos viarios sin

edificios a los lados que interfieran en la dispersión de los contaminantes se denomina *Cañón Abierto*. Un tramo viario con las características de un cañón no permite la dispersión lateral de los contaminantes y si su dispersión por el inicio y el final del mismo, en cambio un tramo abierto si que puede dispersar la contaminación perpendicularmente.



Relación h/d : Si se introduce una tercera dimensión, la altura, se pueden definir valores diferentes para el cociente entre la altura de los edificios y el ancho de la calle, en este caso, para la ciudad de Vitoria-Gasteiz se han definido 5 intervalos para los valores de este cociente: 0-0.25; 0.25-0.5; 0.5-1; 1-2; >2. Cuanto mayor es el cociente más angosta es la calle, esto supone una mayor dificultad en la dispersión de los gases contaminantes.

Número de carriles: Se diferencian entre menos o 2 carriles y más de 2 carriles en cada calle. Esta variable tiene relevancia tanto en la anchura de la calle como en su nivel de congestión de la circulación.

Los resultados del tramario estudiado en el Escenario Actual 2006 y los nuevos tramos incorporados al estudio en el Escenario Intermedio.

MORFOLOGÍA DE LAS SECCIONES VIARIAS					
CODIGO DE CALLE	EXISTENCIA DE EDIFICIOS	CARRILES	RELACIÓN h/d	LONGITUD TRAMOS ACTUAL (%)	LONGITUD TRAMOS NUEVOS (%)
S2LB	Cañón cerrado	≤2	0 - 0,25	15,79	1,38
S2DB	Cañón cerrado	≤2	0,25 - 0,50	6,27	4,20
S2DH	Cañón cerrado	≤2	0,50 - 1,00	8,09	3,32
S2BG	Cañón cerrado	≤2	1,00 - 2,00	5,16	1,24
S2DS	Cañón cerrado	≤2	> 2,00	1,03	0,00
S2OB	Cañón abierto	≤2	Todos	12,04	45,84
S4LB	Cañón cerrado	>2	0 - 0,25	6,37	4,31
S4DB	Cañón cerrado	>2	0,25 - 0,50	4,21	6,06
S4DH	Cañón cerrado	>2	0,50 - 1,00	4,30	11,96
S4BG	Cañón cerrado	>2	1,00 - 2,00	3,79	3,48
S4DS	Cañón cerrado	>2	> 2,00	0,11	0,00
S4OB	Cañón abierto	>2	Todos	6,37	0,00
SQA1	Cañón semiabierto	Todos	100 < dist. fachada	12,29	7,39
SQA4	Cañón semiabierto	Todos	50 < dist. Fachada < 100	10,52	8,80
SQA7	Cañón semiabierto	Todos	dist. Fachada < 50	3,67	2,03
TOTAL				100	100

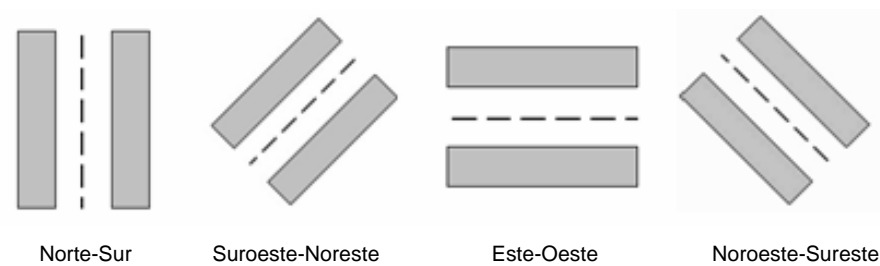
Clasificación del tramario según morfología. Fuente: Elaboración propia.

Orientación: Todas las calles anteriores se subordinan a una orientación geográfica. Se definen 4 ejes básicos orientados, Norte-Sur (NS), Este-Oeste (EW), Noroeste-Sureste (NWSE) y Suroeste-Noreste (SWNE). La orientación de una calle es importante debido a su estrecha relación con la dirección del viento dominante, esto es, en una calle orientada en la misma dirección que el viento los gases contaminantes se dispersan con mayor facilidad.

ORIENTACIÓN	LONGITUD TRAMOS ACTUAL (%)	LONGITUD TRAMOS NUEVOS (%)
NS	28.6	26,2
EW	23.4	26,5
NWSE	29.9	28,7
SWNE	18.1	18,6
TOTAL		100

Clasificación del tramario según orientación. Fuente: Elaboración propia.

Siendo:



El global de la información anteriormente detallada se integra en el modelo de calidad del aire Street 5.2 y se modelizan tanto las emisiones como las inmisiones de cada tramo estudiado. A partir de los niveles de inmisión se calculan los indicadores de calidad del aire, incluidos dentro de los indicadores de habitabilidad, referentes a los contaminantes dióxido de nitrógeno (NO₂) y partículas de diámetro inferior a 10 (PM₁₀).