Gipuzkoako Peritu eta
Industri Injineru Teknikoen
Elkargo Ofiziala

Zurriola Hiribidea, 14 – behea., 20.002 Donostia (Gipuzkoa)

Colegio Oficial y Asociación
de Peritos e Ingenieros Técnicos
Industriales de Gipuzkoa

Tlfno.: 943.29.05.00 Fax: 943.29.05.34 E-mail: **dtecnica@copitig.com**
Pág Web **www.copitig.com**

DOSSIER VENTILACION

PROPUESTA TÉCNICA

GRUPO DE TRABAJO:	Vocal de Ejercicio Libre
Iñaki Álvarez Santa Cristina – Coleg. nº 1278 Luis Maria Arteaga Ansa – Coleg. nº 1.513 Javier Colomo Arenaza – Coleg. nº 2.364 José Miguel Gállego Valverde – Coleg. nº 1.177 Juan Luis Goñi Sánchez – Coleg. nº 2.062.	José Luis Infante Martínez

Ante los diferentes criterios suscitados, previos a la aplicación que el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Decreto 842/2002 de 2 de agosto, en concreto a la Instrucción ITC-BT29 y en lo concerniente a la aplicación de las instalaciones ha llevar a cabo en estaciones de servicio, garajes y talleres de reparación de vehículos, en comparación con la línea que emanaba el anterior R.E.B.T. 2413/1973.

Como primer paso, es necesario tener muy en cuenta, los principios que deben guiarnos en el momento de realizar los estudios y en el diseño de los sistemas de ventilación para este tipo de instalaciones:

- Debe garantizarse y prevenirse de la imposibilidad de llegar a disponer en el interior del garaje de una atmósfera potencialmente explosiva.

Para ello, hay que tener en cuenta los límites de explosividad.

"*Limite Inferior de Explosividad*" LIE - definido como aquel en que la concentración mínima de vapor - aire por debajo de la cual el fuego no se propaga -

Por debajo del LIE se considera que la mezcla es ***demasiado pobre*** para arder

"*Limite Superior de Explosividad*" LSE - definido como la máxima concentración de vapor - aire por encima de la cual el fuego no se propaga -

Por encima del LSE es ***demasiada rica*** también para arder.

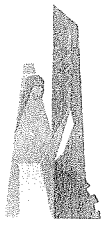
- Debe garantizarse que la atmósfera en el interior de los aparcamientos sea aceptable para la salud las personas

Por lo qué, se tendrá en cuenta, que la cantidad de contaminante generada no sea elevada y se tendrá en cuenta en el cálculo, un nuevo término:

MAC *la máxima concentración aceptable para la vida de los humanos*.

Son datos muy necesarios al tratar las atmósferas de recintos cerrados en los que exista la presencia humana ya que la ventilación de una atmósfera para asegurar su nulo riesgo de explosión puede no ser suficiente para asegurar la salud de las personas allí existentes.

Vamos señalar las características físicas y los limites LIE - LSE y MAC de los dos productos más significativos en el interior de un garaje.



Materias	Peso molecular Pm	Densidad relativa	Limite de explosividad Porcentaje % en volumen		Máxima concentración MAC	
			Inferior LIE	Superior LSE	p.p.m.	mg/m^3
Gasolina	86,00	0,680	1,3	6,00	300	890
Monóxido de carbono	28,10	0,968	12,5	74,20	50	55

- Debe quedar siempre asegurado que el sistema de ventilación nos garantiza seis (6) renovaciones hora, de acuerdo con el Art. 18 de la NBE-CPI-96.

Por todo ello, lo que debemos obtener es el caudal de ventilación que nos garantice un grado de dilución tal, que la zona a ventilar quede clasificada como emplazamiento no peligroso.

La respuesta nos puede venir o la podemos obtener de la norma **UNE 100-166-92 VENTILACION DE APARCAMIENTOS,** en su **capitulo 3 GENERALIDADES**, se especifica en uno de sus apartados:

"El *cálculo se llevará a cabo por dilución del monóxido de carbono debido a que la ventilación requerida para la dilución del CO a niveles aceptables para la salud de las personas es suficiente para controlar satisfactoriamente otras sustancias contaminantes*".

Podemos entender; que si garantizamos una ventilación que elimine el CO, aseguramos la dilución de otros contaminantes que puedan existir - hidrocarburos - y se desclasifica la zona

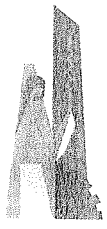
CAUDAL DE VENTILACION - MONOXIDO DE CARBONO

El caudal de aire que debe aportar la ventilación, teniendo en cuenta el Limite Inferior de Explosividad (LIE).

$$Q_{LIE} = \frac{G \times 100 \times C}{LIE \times B}$$

En donde:

Elemento	Descripción	Unidades
G	Velocidad generación gases en	m^3/h.
LIE	Limite Inferior explosividad en	%
C	Factor seguridad entre	4 y 12
B	Constante para temperaturas	°C
Q_{LIE}	Caudal	m^3/h



C → valor "4" significa mantener una concentración inferior al 25 % de LIE
B = Constante igual a 1 para temperaturas hasta 120 º C, para temperaturas superiores debe tomarse 0,7

El caudal de aire que debe aportar la ventilación, teniendo en cuenta la máxima concentración de tóxico permitida por los humanos - MAC -

$$Q_{MAC} = \frac{G \times 10^6 \times K}{MAC}$$

En donde:

Elemento	Descripción	Unidades
G	Velocidad generación gases en	$m^3/h.$
MAC	Máxima concentración admisible en	%
K	Factor seguridad entre	1 y 12
B	Constante para temperaturas	ºC
Q_{LIE}	Caudal en	m^3/h

Vamos ha llevar a cabo una comparativa de calculo, referida a la ventilación que nos resulta teniendo en cuenta los criterios LIE y MAC

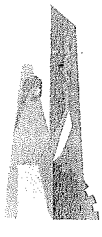
Caudal sobre la base del LIE

$$Q_{LIE} = \frac{G \times 100 \times C}{LIE \times B}$$

Para:

Elemento	Valor	Unidades
G	1	$m^3/h.$
C	1	
B	1	
LIE	12,5	%

$$Q_{LIE} = \frac{1 \times 100 \times 1}{12,5 \times 1} = 8\ m^3/h$$



Caudal sobre la base del MAC

$$Q_{MAC} = \frac{G \times 10^6 \times K}{MAC}$$

Para:

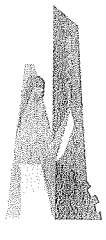
Elemento	Valor	Unidades
G	1	$m^3/h.$
K	1	
MAC	50	ppm [1)]

$$Q_{MAC} = \frac{1 \times 10^6 \times 1}{50} = 20.000\ m^3/h$$

1) Según datos del M. Trabajo y Asuntos Sociales - y OSALAN - Tabla VLA - Valor Limite Admitido - Diario 25 p.p.m., Corta duración 50 p.p.m.

CONCLUSION:

Comparando los resultados obtenidos de ambas formulas; Comprobamos que el caudal de ventilación necesario para diluir la máxima concentración de tóxico permitida por el ser humano y recogida bajo el termino MAC es **2.500 veces superior** que el caudal de ventilación necesario para evitar la atmósfera potencialmente explosiva que se encuentra por debajo del LIE.



Aplicando las formulas anteriormente señaladas, vamos a calcular el caudal de aire necesario en m^3/h, cuando la atmósfera explosiva es debida a la emanación de vapores de gasolina

CAUDAL DE VENTILACION SOBRE LA BASE DEL LIMITE INFERIOR EXPLOSIVIDAD - LIE - GASOLINA

$$Q_{LIE} = \frac{24 \times d \times 100 \times C \times S}{Pm \times LIE \times B}$$

En donde:

Elemento	Descripción	Unidades
Q_{LIE}	Caudal necesario en	m^3/h
d	Densidad de la gasolina	Kg/m^3
Pm	Peso molecular de la gasolina	86
LIE	Limite Inferior explosividad	%
C	Factor seguridad entre	4 y 12 [1)]
S	Litros/hora de gasolina a diluir	l/h

Para:

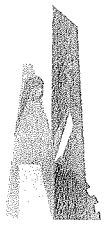
Elemento	Valor	Unidades
d	0,68	Kg/m^3
Pm	86	
LIE	1,3	%
C	12	
S	0,002	l/h
B Constante para temperaturas hasta 120 °C igual a		1

Valor experimental en un vehículo se evaporar 50 litros en 1.000 días
Cada vehículo evapora 0,05 litros cada día y 0,002 litros hora.

Sustituyendo valores, obtenemos:

$$Q_{LIE} = \frac{24 \times 0{,}68 \times 100 \times 12 \times 0{,}002}{86 \times 1{,}3 \times 1} = 0{,}35 \ m^3/h \text{ por vehículo}$$

1) Consideramos para el cálculo el coeficiente más desfavorable - 12



CAUDAL DE AIRE SOBRE LA BASE DE LA Máx. CONCENTRACION TOXIDAD - MAC

$$Q_{MAC} = \frac{24 \times d \times 10^6 \times K \times S}{Pm \times MAC}$$

En donde:

Elemento	Descripción	Unidades
Q_{MAC}	Caudal necesario en	m^3/h
d	Densidad de la gasolina	Kg/m^3
Pm	Peso molecular de la gasolina	86
MAC	máxima concentración admisible en ppm	ppm
K	Coeficiente de valores entre	3 y 10 [1)]
S	Litros/hora de gasolina a diluir	l/h

Para:

Elemento	Valor	Unidades
d	0,86	Kg/m^3
Pm	86	
MAC	300	ppm
K	10	
S	0,002	l/h

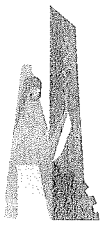
$$Q_{MAC} = \frac{24 \times 0{,}68 \times 10^6 \times 10 \times 0{,}002}{86 \times 300} = 12{,}65\ m^3/h \text{ por vehículo}$$

Los valores, tanto por el cálculo del LIE como por el del MAC para la gasolina son despreciable, si lo comparamos con el caudal de ventilación necesaria para eliminar el CO por la Máxima Concentración Toxicidad - MAC

1) Consideramos el coeficiente más desfavorable

CAUDAL DE AIRE EN FUNCION DE LA UNE 100.166.92

Vamos a calcular el caudal de ventilación por **MAC**; teniendo en cuenta la **Norma UNE 100.166.92.**



De acuerdo con la expresión recogida en dicha Norma:

$$Q = \frac{p \times 10^6}{C_{ai} - C_{ae}}$$

En donde:

Elemento	Drescripción	Unidades
Q	Caudal de aire en	m^3/h
p	Caudal de CO producido en	m^3/h
C_{ai}	Concentración de CO en el aire interior	ppm
C_{ae}	Concentración de CO en el aire exterior	ppm

Para:

Elemento	Valor	Unidades
p	0,72	m^3/h
C_{ai}	50	ppm
C_{ae}	18	ppm

Sustituyendo valores:

$$Q = \frac{0{,}72 \times 10^6}{50 - 18} = 22.500 \text{ m}^3/\text{h por vehículo}$$

- Coches en funcionamiento en garaje público el 2,4 % del número total de plazas del aparcamiento
- Coches en funcionamiento en garaje residenciales el 1 % del número total de plazas del aparcamiento [1)]

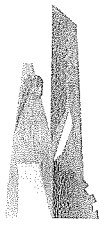
[1)] - UNE 100-166-92, Punto 4.2

GARAJES PUBLICOS

La ventilación necesaria por plaza

$$Q = 22.500 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{nº plazas} \times \frac{2{,}4}{100} = \mathbf{540\ m^3/h\ por\ plaza}$$

Si admitimos que una plaza dispone de superficie de 30 m^2



$$Q = 22.500\ m^3/h \times \frac{\text{Superficie}}{30} \times \frac{2,4}{100} = \mathbf{18\ m^3/h\ por\ m^2}$$

GARAJES RESIDENCIALES

$$Q = 22.500\ m^3/h \times n^o\ plazas \times \frac{1}{100} = \mathbf{225\ m^3/h\ por\ plaza}$$

Si admitimos que una plaza dispone de superficie de 30 m^2

$$Q = 22.500\ m^3/h \times \frac{\text{Superficie}}{30} \times \frac{2,4}{100} = \mathbf{7,48\ m^3/h\ por\ m^2}$$

Teniendo en cuenta el Capítulo 4 de la CPI-96, Art. 18, que nos indica en su apartado a):

La ventilación será capaz de realizar 6 renovaciones por hora, siendo activada mediante detectores automáticos.

Suponiendo que un garaje dispone de una altura media de 2,5 m ó inferior; el ratio de ventilación podrá ser de 15 $m^3/h\ m^2$. En los garajes residenciales estaremos ventilando por encima de lo obtenido en los cálculos anteriores.

VOLUMEN PELIGROSO SEGUN LA UNE 60.079-10/1996 [1)]

Se reconocen tres grados de ventilación:

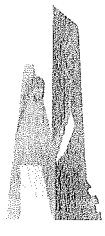
B1	Ventilación alta
B2	Ventilación media
B3	Ventilación baja

Evaluación del grado de ventilación y su influencia en el emplazamiento peligroso

El caudal mínimo teórico necesario para diluir un escape dado de sustancia inflamable hasta una concentración por debajo LIE se puede calcular por la formula

(B1.)

$$(dV/dt)_{mín} = \frac{(dG/dt)_{máx}}{k\ .\ LIE} \times \frac{T}{293}$$



donde:

$(dV/dt)_{min}$ es el caudal en volumen de aire fresco (Volumen por unidad de tiempo m^3/s)

$(dG/dt)_{máx}$ es la tasa máxima de escape de la fuente (Masa por unidad de tiempo, kg/s)

LIE es el limite inferior de explosión (masa por unidad de volumen, kg/m^3)

1) - Norma EN 60079-10:1996 punto B.4

K→es un factor de seguridad aplicado al LIE, normalmente:
K = 0,25 (grados de escape continuo y primario) y
K = 0,5 (grado de escape secundario);

T→es la temperatura ambiente (en grados Kelvin)

NOTA: Para convertir el LIE en % de volumen a LIE en masa por unidad de volumen se puede utilizar la siguiente formula para las condiciones atmosféricas normales

$$LIE\ (kg/m^3) = 0{,}416\ x10^{-3} \times M \times LIE\ (\%)\ ^{1)}$$

Donde M es la masa molecular (kg /Kmol)

$$LIE\ (kg/m^3) = 0{,}416\ x10^{-3} \times 28{,}1 \times 12{,}5 = 146{,}12\ kg/m^3$$

Estimación del volumen teórico Vz

para T = 293 °K (20 °C)
K= 0,5

(B1)

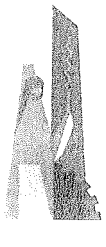
$$(dV/dt)_{mín} = \frac{240 \times 10^{-6}}{146{,}12 \times 10^{-3} \times 0{,}5} \times \frac{293}{293} = 3{,}285 \times 10^{-3}\ m^3/s$$

Para un número dado de cambios del aire por unidad de tiempo, C, en función de la ventilación general del emplazamiento, el volumen teórico, Vz de atmósfera potencialmente explosiva alrededor de la fuente de escape puede calcularse usando la siguiente fórmula [2)]

(B2)

$$Vz = \frac{(dV/dt)_{mín}}{C}$$

1) - 2) - Norma EN 60079-10:1996 punto B.4



C = es el número de renovaciones de aire fresco por unidad de tiempo - NBE-CPI/96 - Capitulo 4/ Art. 18 - G18

La **ventilación forzada** deberá ser capaz de realizar **6 renovaciones por hora,** que corresponde a 1,666 $x10^{-3}$ renovaciones por segundo.

$$Vz = \frac{3{,}285 \times 10^{-3}}{1{,}666 \times 10^{-3}} = 1{,}97\ m^3$$

Como en la práctica no se dan las condiciones ideales del movimiento del aire fresco. Introduciremos un factor de corrección adicional, f, a la formula (B2) quedando:

(B3)

$$Vz = \frac{f \,.\, (dV/dt)_{mín}}{C}$$

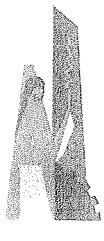
donde f expresa la eficacia de la ventilación en la dilución de la atmósfera explosiva con un valor que va de f = 1 (Situación ideal) a f = 5 (circulación de aire con dificultades debido a los obstáculos)

$$Vz = \frac{5 \times 3{,}285 \times 10^{-3}}{1{,}666 \times 10^{-3}} = 9{,}855\ m^3$$

Considerando que una plaza de garaje se estima una media de 30 m^2. La altura del volumen de peligro será:

$$h = \frac{9{,}855}{30} = 0{,}328\ m.$$

Dado el valor obtenido y la experiencia histórica acumulada en éste tipo de instalaciones, donde la altura del volumen de peligro dentro de un estacionamiento hasta la entrada en vigor del REBT 2.002 era de 0,60 m respecto al suelo. Consideramos que se puede seguir manteniendo dicho valor.



SISTEMA DE VENTILACION

La ventilación de los garajes, será siempre mediante **extracción**, disponiendo la entrada de aire a través de las rampas de entrada o a través de aberturas directas o conducidas.

CONDUCTOS

En el diseño de los conductos de ventilación se tendrá en cuenta:

a) Que el recorrido del aire exterior en el interior del aparcamiento desde la entrada a la rejilla más alejada, no será excesivamente largo. Se recomienda que el recorrido más largo sea inferior a 50 m.

b) Se evitara el cortocircuito del aire exterior.

c) Se evitara la estratificación de los gases de escape en zonas altasdel aparcamiento.

d) Los materiales empleados en los conductos, rejillas, etc., estarán fabricados con materiales incombustibles.

e) La distancia entre rejillas, no será superior a 10 metros entre ellas.

f) Se dispondrá rejillas colocadas a 30 cm. del suelo, con el fin de facilitar la extracción de productos contaminantes más pesados que el aire.

g) La superficie del garaje se dividirá en zonas de no más de 1000m^2 y cada una de ellas se encontrara servida por una red de conductos y dos ventiladores - extractores funcionando en paralelo y cada uno dimensionado para la mitad del caudal de la zona.

DETECCION DE CO

El aparcamiento estará dotado de un sistema de detección de monóxido de carbono cuyo funcionamiento no permita que la concentración de CO, alcance valores superiores a los permitidos o proyectados.

Su instalación será recomendada en todo tipo de garaje e independientemente de la superficie del mismo, al objeto de asegurara siempre un nivel de concentración de CO inferior a la permitida.

Los detectores se situaran a razón de uno por cada 300 m^2 de superficie del aparcamiento o fracción ó de acuerdo con las características de los equipos UNE 23.300

El sistema una vez detectada la concentración, da señal a una central de detección, que envía una orden de funcionamiento automática del sistema de extracción, el cual se activa

hasta conseguir que la concentración presentada vuelva a encontrase por debajo de los límites permitidos o proyectados.

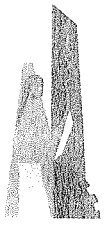
CONCLUSION

Conforme a lo indicado hasta el momento y asegurando tanto los valores de extracción citados como una correcta detección de CO, conforme a la UNE 60079-10 - TABLA B1 - ANEXO I, podemos concluir que en el garaje contamos con un grado de ventilación alto, disponibilidad de la misma, buena o muy buena y considerando que el grado de escape será secundario, podemos concluir que nos encontramos ante una **zona no peligrosa**.

BIBLIOGRAFIA

Para la realización de este dossier, se ha tenido en cuenta, lo siguiente:

- ☐ Norma UNE 100-166-92 VENTILACION DE APARACAMIENTOS.
- ☐ Ventilación Industrial de la Consellería de Trebali i Afers Sociales de la Generalitat Valenciana.
- ☐ Hojas Técnicas - ventilación de atmósferas explosivas editadas por la firma SyP.
- ☐ Real Decreto 2177/1996 - Norma Básica de edificación NBE-CPI/96.
- ☐ Real Decreto 842/2002 - ITC-BT 29 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- ☐ Norma UNE 60079-10 Clasificación de emplazamientos peligrosos.



ANEXO I

Tabla B.1

Influencia de la ventilación en el tipo de zona

Grado de Escape	Ventilación						
	Grado						
	Alto			Medio			Bajo
	Disponibilidad						
	muy buena	buena	mediocre	Muy buena	buena	mediocre	Muy buena, buena o mediocre
Continuo	(Zona 0 ED) No peligrosa[1)]	(Zona 0 ED) Zona 2[1)]	Zona 0 ED) Zona 1[1)]	Zona 0	Zona 0 + Zona 2	Zona 0 + Zona 1	Zona 0
Primario	(Zona 1 ED) No peligrosa[1)]	(Zona 1 ED) Zona 2[1)]	(Zona 1 ED) Zona 2[1)]	Zona 1	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 ó Zona 0 [3)]
Secundario[2]	(Zona 2 ED) No peligrosa[1)]	(Zona 2 ED) No peligrosa[1)]	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 1 e igual Zona 0 [3)]

1) Zona 0ED, 1ED ó 2ED indica una zona teórica despreciable en condiciones normales

2) La Zona 2 creada por un escape de grado secundario puede ser excedida por las zonas correspondientes a los escapes de grado continuo o primario; en este caso debe tomarse la extensión mayor.

2) Será Zona 0 si la ventilación es tan débil y el escape es tal que prácticamente la atmósfera explosiva esté Presente de manera permanente, es decir, es una situación próxima a la de ausencia de ventilación.

NOTA - "+" significa " rodeada por "