

## **ESTUDIO SOBRE LA VENTILACIÓN DE GARAJES**

### **Objeto**

El objeto del estudio es analizar y comparar las diferentes normas y reglamentos, en particular el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en su ITC 29 relativa a los ambientes con riesgo de explosión, en lo relativo a la ventilación de aparcamientos y garajes a que hacen referencia dichos documentos. Entre estas normas hay que incluir la UNE 100166 relativa precisamente a la ventilación de aparcamientos y también la NBE-CPI-96 en la que, a efectos de combatir el efecto del humo en los incendios, se dan indicaciones sobre la forma de diluir los productos de la combustión mediante la ventilación del aparcamiento. En todos los casos se trata de controlar los ambientes mediante la introducción de aire limpio del exterior para proceder a la dilución de los contaminantes.

La finalidad de la ITC-BT-29 del Reglamento de Baja Tensión es la de clasificar los aparcamientos y garajes como locales con riesgo de explosión a los efectos de diseñar las instalaciones eléctricas de tales locales.

Se pretende concluir en este estudio que los garajes para aparcamiento de vehículos (no los destinados a la reparación o inspección de vehículos) pueden quedar desclasificados como locales con riesgo de explosión.

### **Emisiones contaminantes**

Los gases de escape de los vehículos automóviles contienen dos tipos generales de contaminantes del aire. Unos son gases o vapores nocivos para la salud de las personas en tanto que otros presentan riesgo de explosión al tratarse de compuestos volátiles susceptibles de inflamabilidad.

Conviene diferenciar los contaminantes contenidos en los escapes de los motores de gasolina o de ciclo termodinámico Otto de los contenidos en los procedentes de motores de ciclo Diesel. En el caso de los motores de gasolina se producirán escapes con unos contenidos importantes de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> y también de monóxido de carbono CO, y con trazas de hidrocarburos inquemados, generalmente durante la fase de arranque y funcionamiento del vehículo con el starter en posición de máxima apertura. Igualmente puede esperarse algún contenido de vestigios de aceite sobre todo en el caso de los motores con cierto grado de desgaste. Naturalmente, como producto de la combustión en los humos del escape va a existir una importante

emisión de vapor de agua, que a efectos de este estudio no va a tener la consideración de contaminante.

Cuando hay motores de ciclo Diesel en funcionamiento, los escapes van a contener, además del vapor de agua mencionado, una importante concentración de CO<sub>2</sub> y de CO. La combustión realizada a altas temperaturas y a las presiones correspondientes al ciclo Diesel provoca la existencia de concentraciones importantes de óxidos de nitrógeno o NO<sub>x</sub>, con aportaciones de formaldehído, trazas de combustible inquemado (hidrocarburos pesados) y naturalmente restos de aceite en el caso de los motores con cierto desgaste.

De entre todos estos compuestos químicos contaminantes solamente el CO<sub>2</sub> puede considerarse como no nocivo para la salud y, desde luego, absolutamente inocuo del punto de vista del riesgo de incendio o explosión. Los restantes compuestos presentan en mayor o menor grado ciertos riesgos tanto del punto de vista higiénico al ser tóxicos cuando se inhalan como del punto de vista de su capacidad de producir mezclas explosivas en contacto con el aire.

En relación con el carácter nocivo de los gases y vapores contenidos en los escapes de los motores hay que considerar los valores de las concentraciones admisibles del punto de vista de su *toxicidad*. Este concepto viene siempre ligado al tiempo de permanencia de las personas en una atmósfera conteniendo el contaminante que se considere. Así, generalmente se definen y aceptan como criterios razonables, los valores de:

AMP = punta máxima de concentración admisible durante corto tiempo de exposición al contaminante.

ACC = concentración límite aceptable, que no puede excederse durante un período de 8 horas.

TWA8 = promedio ponderado en el tiempo, que no puede excederse durante un período de 8 horas en una semana laboral de 40 horas.

Las limitaciones que se establecen en los aparcamientos para tener en cuenta los efectos nocivos de la toxicidad de los escapes toman en consideración la salud de los empleados que atienden el funcionamiento de estos establecimientos. Los usuarios de los aparcamientos van a estar sometidos a la atmósfera contaminada por los escapes durante muy poco tiempo, de modo que difícilmente se van a superar los límites

impuestos por los valores AMP. En cambio, la presencia de empleados durante una jornada laboral completa va a imponer condiciones a los límites de la concentración de contaminantes que puede admitirse, en general, en el interior del establecimiento. Es por ello que debe atenderse a mantener unas concentraciones de contaminantes por debajo del TWA8. En alguna literatura este valor límite suele denominarse TLV o valor umbral límite.

Para definir el riesgo de explosión de un agente gaseoso o vapor se introduce el concepto de límite de explosividad o porcentaje de contaminante en una mezcla con el aire. Existen dos límites, uno llamado inferior o LIE por debajo del cual la cantidad de agente es tan baja que en caso de encendido del agente no se puede producir la propagación de la llama y, en consecuencia, no puede producirse explosión. Igualmente existe un límite superior de la concentración por encima de la cual no es posible la combustión por falta de aire comburente, y como resultado no se puede producir explosión. Se entiende, pues, que del punto de vista del riesgo de explosión en la atmósfera de un aparcamiento el límite interesante es precisamente el límite inferior o LIE.

El control de los agentes contaminantes debe hacerse en todos los casos mediante su dilución por aportación de aire exterior al ambiente contaminado, que se supone va a estar menos contaminado o exento de agente contaminante. Esta estrategia es reconocida en todos los reglamentos o normas relacionadas con el problema de la ventilación de los aparcamientos y garajes, tanto en el caso de fijar condiciones saludables en los mismos como para evitar los riesgos de explosión en ellos.

### **Condicionantes**

Se recogen como condicionantes dentro del objeto de este estudio aquellas normativas que hacen referencia a las condiciones de ventilación de aparcamientos o garages. Igualmente se recogen datos de emisiones y de valores límite de contaminantes, dados por instituciones que parecen ser de reconocido prestigio para el análisis de los sistemas de ventilación que permitan limitar el riesgo de explosión o incendio.

Los contaminantes producidos durante el funcionamiento de vehículos automóvil con motor de ciclos Otto o Diesel, de acuerdo con la mayor parte de fuentes prestigiosas relacionadas mayormente con los temas de protección del ambiente del punto de vista higiénico (riesgo de daños a personas expuestas a los efectos respiratorios de los

mismos ), son el monóxido de carbono CO y, en menor medida, los NO<sub>x</sub> y los vapores de hidrocarburo. Desde luego, los dos primeros tipos van asociados directamente al funcionamiento de los motores. La producción de vapores de hidrocarburo vendrá asociada a leves emanaciones procedentes de los venteos de los depósitos de combustible y en la poco probable existencia en los humos de escape como inquemados.

En primer lugar se hace referencia a la ITC-BT- 29 del citado Reglamento de Baja Tensión, la cual indica que para la clasificación de locales o emplazamientos peligrosos debe recurrirse a lo que se indica en la Norma UNE EN 60079-10. En el Reglamento se expresa, en el apartado 4.2 de la ITC-BT-29 que “los garajes y talleres de reparación de vehículos, a título orientativo, y salvo que el proyectista pueda justificar que no existe el correspondiente riesgo” pueden considerarse como emplazamientos peligrosos. Quedan excluidos los garajes de uso privado para estacionamiento de 5 vehículos o menos.

La Norma UNE 100166 de ventilación de aparcamientos va destinada a fijar los criterios de diseño de los sistemas de ventilación con el fin de evitar los efectos nocivos de los escapes de los automóviles. En esta Norma se reconoce que, dada la finalidad de protección de las personas contra las emisiones de gases nocivos para la salud, únicamente cabe preocuparse de las emanaciones de CO indicándose expresamente que “la ventilación requerida para la dilución del CO a niveles aceptables para la salud de las personas es suficiente para controlar satisfactoriamente también las otras sustancias contaminantes”. Entre éstas dicha Norma incluye precisamente los NO<sub>x</sub> y los vapores de hidrocarburos inquemados.

Por otra parte, esta Norma indica que en los motores de ciclo Otto los vapores de hidrocarburos inquemados llega a ser de 1000 ppm, cifra realmente demasiado redonda. ASHRAE (2003, HVAC Applications) en el caso de los autobuses con motor de ciclo Diesel indica que, aproximadamente, las emisiones de hidrocarburos en el escape oscila entre las 90 y 390 ppm según sea el régimen del motor. Ya se ve que estos valores se hallan muy por debajo de los indicados en dicha Norma UNE, los cuales están referidos, como es lógico, a los automóviles. Por lo tanto, este dato de 1000 ppm no parece ser demasiado relevante y exacto como para ser tenido en cuenta de manera fiable en el estudio. Sin embargo, en el Apéndice se justifica que, incluso admitiendo una tal concentración en los humos de escape la tasa de ventilación que la Norma recomienda es suficiente para el control de este tipo de

contaminante. Así pues, se concluye que únicamente hay que considerar el CO como el contaminante a controlar mediante la ventilación de un aparcamiento.

ASHRAE (2003, HVAC Applications), al tratar de la ventilación de aparcamientos suministra valores de las posibles emisiones de CO en condiciones de verano y de invierno según el parque automóvil en EEUU entre los años 1991 y 1996, con una clara disminución de las concentraciones este último año.

La American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) proporciona datos sobre los límites de explosividad de diversos gases y vapores junto con valores de las máximas concentraciones admisibles a efectos de la salud. Estos datos se han recogido en el presente estudio como base para la justificación de las conclusiones obtenidas.

### **Bases del estudio**

- Puesto que el objeto del estudio debe ser la fijación de criterios para la desclasificación de los aparcamientos, en primer lugar debe considerarse que aquí no se trata de analizar el comportamiento de los talleres de reparación, aunque la ITC-BT-29 incluye ambas actividades bajo la misma calificación. Por tanto, se tratan solamente los *aparcamientos ventilados mecánicamente*.

Los datos de ACGIH referidos a los *contaminantes con riesgo de explosión* de los motores de automóvil son:

Monóxido de carbono CO:	Límite Inferior de Explosividad -	12,5%
	Concentración máx. admisible-	50 ppm
	Peso molecular-	28
Vapores de hidrocarburo:	Límite Inferior de Explosividad -	1,3 %
	Concentración máx. admisible-	1000 ppm
	Peso molecular-	86
Formaldehído:	Límite Inferior de Explosividad -	7 %
	Concentración máx. admisible-	4 ppm
	Peso molecular-	30

Los NO<sub>x</sub> procedentes de la combustión en motores Diesel no presentan ningún riesgo de explosión.

- En ASHRAE (2003, HVAC Applications) se dan valores de las *emisiones de CO* por vehículos a motor de explosión según:

<u><b>Año</b></u>	<u><b>Emisión en caliente</b></u>		<u><b>Emisión en frío</b></u>	
	(mg/s)		(mg/s)	
	<u><b>1991</b></u>	<u><b>1996</b></u>	<u><b>1991</b></u>	<u><b>1996</b></u>
Verano (32 °C)	42,3	31,5	71,2	61,0
Invierno (0 °C)	60,2	56,3	345,7	316,0

Igualmente se dan valores de las *emisiones de formaldehído* referidas a autobuses con motor de ciclo Diesel. Estos valores corregidos a motores de automóvil (con menor cilindrada) dan unas emisiones de HCHO del orden de 8,7 mg/s.

- La Norma UNE 100166 también da valores de las *emisiones de CO*:

	<u><b>Emisión en caliente</b></u>	<u><b>Emisión en frío</b></u>
	(mg/s)	(mg/s)
Verano (32 °C)	40	
Invierno (0 °C)		350

No considera relevantes las emisiones de otros contaminantes, ya que concluye que todos ellos quedan suficientemente diluidos al aplicar la tasa de ventilación obtenida siguiendo la Norma para el control higiénico de las emisiones de CO.

Conviene observar que muy probablemente estos valores de las emisiones de CO han sido tomados precisamente de los datos de ASHRAE, aunque habría que hacer la crítica de si tales concentraciones pueden ser extrapoladas sin más a las condiciones de Europa teniendo en cuenta la diferencia de cilindrada entre los automóviles europeos y los americanos. En todo caso puede afirmarse que al considerar estos valores como válidos para nuestros aparcamientos estamos introduciendo un factor de seguridad importante en los cálculos de la ventilación. Es decir, las conclusiones de la Norma UNE 100166 gozan de un amplio margen de seguridad.

Dicha Norma considera como valor medio más probable de las emisiones de CO los 240 mg/s, y sobre esta base fija los criterios de ventilación. En el supuesto de mantener la concentración respirable (TWA8) a 50 ppm y considerando que en los aparcamientos normales la densidad de automóviles corresponde a 30 m<sup>2</sup> por plaza y que normalmente el movimiento de vehículos es el 2,4 % de las plazas de aparcamiento, la Norma concluye que la tasa de ventilación adecuada para la dilución de la concentración de CO debe ser de 18 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> de aparcamiento bruto.

Conviene advertir que en la Norma se admite que el flujo o movimiento de automóviles en un aparcamiento es función de la actividad del edificio asociado al mismo, es decir, en el caso de un edificio residencial puede ser del 1 % en tanto que en el caso de edificio comercial o institucional en hora punta se llega hasta el 20 %.

- La NBE-CPI-96 indica como tasa de ventilación a aplicar en los aparcamientos a efectos del *control de los humos procedentes de un incendio* un valor de 6 cambios por hora, de tal modo que en el caso de una altura del local de 3 m el caudal de aire necesario debe ser precisamente igual al valor de 18 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> h indicado en la norma UNE 100166.

- La norma UNE 60079-10, que define los emplazamientos con riesgo de explosión, se ha pensado para ser aplicada a situaciones estáticas en plantas de proceso químico donde se tienen probables emisiones procedentes de equipos como bombas o recipientes diversos, o bien de componentes de las instalaciones anexas de manipulación y trasiego de fluidos con riesgo de explosión. En el caso de un aparcamiento el funcionamiento es dinámico, es decir, las fuentes de contaminación están en movimiento de modo que no puede considerarse el movimiento de un vehículo circunscrito a su plaza de aparcamiento si no el conjunto de todos los vehículos que probablemente pueden estar corriendo por el interior del local considerado como un conjunto, al que se está emitiendo una determinada masa de agente contaminante. Es, por tanto, este conjunto del local al que hay que aplicar los criterios que se exponen en la citada norma a fin de comprobar la clasificación de emplazamiento peligroso aplicable al aparcamiento de forma global y no sólo a una plaza de aparcamiento, por ejemplo. El funcionamiento normal de un aparcamiento es el de mantener los vehículos con el motor sin funcionar, o sea sin producir emisiones de ningún tipo.

Además, debe observarse que la ITC-BT-29 no considera como locales con riesgo de explosión los aparcamientos para menos de 5 vehículos, en los que cabe pensar que como mínimo habrá un vehículo en movimiento. Por ello, no es aventurado suponer que el espíritu del reglamento considere la aplicación de la UNE 60079-10 de modo dinámico a todo el recinto y no solamente el efecto de un vehículo de modo estático.

- Como consecuencia de todo esto en el presente estudio se consideran las siguientes bases de partida:

Contaminante a considerar:	CO
Peso molecular del CO:	28
Emisión típica de CO de un vehículo:	240 mg/s
Límite inferior de explosividad del CO:	12,5 %
Temperatura ambiente media:	15 °C
Número de vehículos en funcionamiento:	2,4 %
Ocupación de superficie por vehículo:	30 m <sup>2</sup>
Tasa de ventilación mínima:	18 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h

Se hacen, sin embargo, consideraciones particulares a otros contaminantes, que de acuerdo con UNE 100166 no presentan problemas de tipo higiénico o de salud al aplicar al tasa de control del CO.

### **Determinación del nivel de ventilación necesario**

Se comparan los niveles de ventilación necesarios para el control de agentes contaminantes con riesgo de explosión con la tasa de ventilación que, para el control de la toxicidad de dichos agentes, se deduce de la Norma UNE 100166 aplicada a los aparcamientos y garajes. A este fin se calcula el nivel de ventilación necesario para el control del CO como agente responsable de riesgo de explosión. En el Apéndice se calculan los efectos que como agentes explosivos plantean otros contaminantes procedentes de los escapes de vehículos.

Para la determinación del riesgo de explosión se aplica la Norma UNE-EN 60079-10 a la que se refiere el Reglamento de Baja Tensión en su ITC-BT-29. El objeto de dicha norma UNE “es la clasificación de los emplazamientos peligrosos donde los riesgos son debidos a la presencia de gas o vapor inflamables a fin de poder seleccionar e instalar adecuadamente los aparatos (eléctricos) a usar en los citados emplazamientos”. Esta norma “está destinada para ser aplicada donde pueda existir



un riesgo de ignición debido a la presencia de gas o vapor inflamables mezclados con el aire en condiciones atmosféricas habituales”.

Se definen los emplazamientos como peligrosos y no peligrosos, entendiéndose como no peligroso “un espacio en el que no se prevé la presencia de una atmósfera de gas explosiva en cantidad tal como para requerir precauciones especiales en la construcción, instalación y utilización de aparatos”.

Asimismo se clasifican los emplazamientos en zonas, y en particular se define la zona 2 como “un emplazamiento en el que no es probable que aparezca una atmósfera de gas explosiva en funcionamiento normal y si aparece es probable sólo de forma infrecuente y en períodos de corta duración”.

En la Norma se hace una descripción del procedimiento de clasificación de emplazamientos mediante la identificación de la fuente de escape y la determinación de su grado de importancia. La tipificación de una zona va a indicar la probabilidad de la presencia de una atmósfera de gas explosiva, la cual también va a ser responsabilidad de la ventilación existente. Es decir, la Norma admite que para el control de la atmósfera explosiva deben aplicarse técnicas de ventilación al ambiente donde pueden producirse los escapes.

Los escapes se definen a través de una clasificación en grados. A efectos de los aparcamientos y garajes es interesante considerar los escapes de grado secundario, que son aquellos “que no se prevén en funcionamiento normal y si se producen es probable que ocurran infrecuentemente y en períodos de corta duración”.

La norma UNE 60079-10 se aplica a todo el recinto de un aparcamiento de superficie S. De conformidad con esta norma debe definirse el grado de escape probable. En el caso de un vehículo automóvil cabe pensar en las emisiones de los venteos de los depósitos, en primer lugar, para considerar después las emisiones por el tubo de escape. En el primer caso se trata de escapes no clasificados o despreciables según dicha norma, ya que se producen en pequeñas cantidades dentro del funcionamiento normal del aparcamiento, equivalentes al caso, citado en la propia norma, de las fugas en los cierres de ejes de bombas que bombean fluidos peligrosos.

En el caso de los tubos de escape hay que considerar las emisiones como de *escapes secundarios*, ya que no se prevén en funcionamiento normal del aparcamiento (los

vehículos están aparcados con el motor parado) y se producen “de forma periódica u ocasionalmente durante el funcionamiento normal”.

La Norma UNE 60079-10 indica que debe definirse la cuantía de la fuga de contaminante que se produce. Admitiendo que se dispone de un vehículo por cada 30 m<sup>2</sup>, en la superficie S se tendrán S/30 vehículos. Si cada motor emite 240 mg/s y se admite que sólo el 2,4 % de los vehículos pueden estar en marcha simultáneamente, la emisión total será de:

$$\frac{dG}{dt} = 240[mg/s] \cdot \frac{2,4}{100} \cdot \frac{S}{30} = 1,92 \cdot 10^{-7} \cdot S [kg/s] \quad (1)$$

De acuerdo con UNE 60079-10 debe calcularse la ventilación mínima necesaria para asegurar que la concentración de CO no rebasará el LIE o límite inferior de explosividad del contaminante, que en el caso del CO es del 12,5 %. Este valor del LIE expresado en (kg/m<sup>3</sup>) es:

$$LIE = (1/22,4) \times (273/293) \times PM \times (12,5/100), \text{ a } 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad (2)$$

donde PM es el peso molecular del CO y la relación 273/293 corresponde a la corrección del volumen por temperatura, supuesta ésta la del aparcamiento o sea 15 °C. Entonces el valor de LIE será:

$$LIE = 0,146 \text{ (kg/m}^3\text{)}, \text{ a } 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

La ventilación mínima necesaria será según UNE 60079-10:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\frac{dG}{dt}}{k \cdot LIE} \cdot \frac{273 + 15}{273 + 20} = 5,17 \cdot 10^{-6} \cdot S [m^3/s] \quad (3)$$

habiendo considerado un factor de seguridad k = 0,25 de acuerdo con la propia norma UNE. Por tanto, la ventilación mínima necesaria será de:

$$\text{Caudal necesario} = 5,17 \cdot 10^{-6} \text{ (m}^3\text{/s m}^2\text{)} = 0,019 \text{ (m}^3\text{/h m}^2\text{)}$$

Considerando el valor de la ventilación que sugiere la norma UNE 100166 de 18 m<sup>3</sup>/h-m<sup>2</sup> ya se ve que el valor necesario para la dilución del CO, a efectos del riesgo de explosión, es considerablemente inferior al necesario para controlar las emisiones de monóxido en evitación de problemas de toxicidad.

La norma UNE 60079-10 sugiere que para definir el grado de ventilación se evalúe el *volumen teórico* V<sub>z</sub>, en el que se puede tener una atmósfera explosiva. Si el volumen

puede considerarse como despreciable la tasa de ventilación aplicada será calificada como de *alto grado*.

En el caso de la ventilación calculada arriba, para una superficie de aparcamiento S se tendrá de acuerdo con la citada norma un volumen  $V_z$  como:

$$V_z = (\text{Caudal necesario}) \cdot f / c \quad (4)$$

Siendo  $f = 1$  el factor que califica la buena distribución del aire en el espacio ventilado y siendo  $c$  el número de cambios de aire por hora, que define la tasa de ventilación. Si  $V$  es el volumen total del aparcamiento podrá escribirse:

$$V_z / V = (\text{Caudal necesario por unidad de superficie}) / (\text{Altura del aparcamiento}) \cdot c = (\text{Caudal necesario por unidad de superficie}) / (\text{Caudal de ventilación por unidad de superficie}) \quad (5)$$

Aquí, para una altura del aparcamiento de 2,5 m (valor usual) será:

$$V_z / V = (5,17 \cdot 10^{-6}) / 18 = 2,9 \cdot 10^{-7} \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$$

relación que indica que el volumen mínimo  $V_z$  es completamente despreciable.

Se concluye, pues, que siguiendo las consideraciones de la norma UNE 60079-10, con la tasa de ventilación dada en la norma UNE 100166 o en la NBE-CPI-96, se estará en situación de *alto grado de ventilación*. Al mismo tiempo, y dado que el tipo de escape definido es de grado secundario la propia norma indica que la zona, o sea el aparcamiento, puede considerarse como zona no peligrosa siempre que se disponga de unos equipos de ventilación con disponibilidad buena o muy buena.

En relación con la disponibilidad de la ventilación, la Norma UNE 60079-10 considera que la disponibilidad es *muy buena* cuando la ventilación está garantizada de forma prácticamente permanente. Esta garantía puede conseguirse mediante el funcionamiento en continuo del sistema de ventilación o bien controlándolo mediante detectores de la concentración de CO, los cuales aseguran el funcionamiento al 100% de la ventilación al llegar a una concentración de 50 ppm. de CO, o sea muy por debajo del valor del LIE. Por consiguiente, si los equipos de ventilación se hallan alimentados por el sistema eléctrico de emergencia o mediante un sistema duplicado de alimentación y se dispone de un mínimo de 2 equipos al 50 % de la capacidad total, podrá considerarse que la disponibilidad es muy buena. Efectivamente, incluso

en el caso de fallo de un equipo, quedando, por tanto, el nivel de ventilación reducido al 50% del valor dado por UNE 100166 (o CPI 96), la tasa de ventilación existente todavía garantizará la presencia de un alto grado de ventilación en el recinto. La norma UNE 60079-10 y, en consecuencia, la ITC-BT-29 admite que la zona queda clasificada como *no peligrosa*.

### **Conclusión**

La norma UNE 100166 va dirigida al control de los contaminantes nocivos a la salud mediante ventilación, sugiriendo un valor mínimo de  $18 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$ , como válido para el control del CO a valores acordes con un TWA8 de 50 ppm. Con esta tasa de ventilación la propia norma reconoce que es posible el control de los restantes contaminantes, siempre bajo el concepto de mantener una concentración inferior a los límites de TWA8.

La norma UNE 100.011, también define el valor de  $18 \text{ m}^3/\text{h m}^2$  como tasa de ventilación para mantener la calidad del aire en aparcamientos, coincidente por tanto con la UNE-100166 y con las Ordenanzas Municipales que también especifican valores similares.

La norma básica NBE-CPI-96 está orientada solamente al control de los humos resultantes de un incendio mediante la extracción del aire del recinto. Sin embargo, da un valor de la tasa de ventilación que para una determinada altura del aparcamiento (3 m) coincide con el valor deducido de UNE 100166. Parece, por tanto, que al haber coincidencia entre estos parámetros de ventilación pueden aceptarse como válidas las renovaciones por hora indicadas en NBE; o sea, las 6 renovaciones o extracciones por hora.

Los aparcamientos con ventilación forzada diseñados para una tasa de ventilación acorde con la NBE-CPI-96 y con UNE 100166 permiten ser desclasificados de acuerdo con la norma UNE 60079-10, y por lo tanto no quedan calificados como emplazamientos peligrosos según la ITC-BT- 29 del Reglamento de Baja Tensión.

Parece adecuado establecer este criterio claro y conciso para la ventilación de los aparcamientos, a través de una Guía Técnica del REBT. En ella debería precisarse que los aparcamientos de más de 5 plazas, tanto públicos como privados, con

ventilación forzada realizada según NBE-CPI-96 y UNE 100.166, no son emplazamientos peligrosos según la ITC-BT-29 del REBT.

## Apéndice

### a) Ventilación necesaria para el control del CO en el caso de un aparcamiento en un edificio comercial

En este caso se puede suponer un movimiento de vehículos del 20% de las plazas. La formula 1 del informe da una emisión total de:

$$dG/dt = 16 \cdot 10^{-7} \cdot S \text{ (kg/s)}$$

El caudal necesario para ventilación según la formula (2) será:

$$(dV/dt)_{\min} = 43,1 \cdot 10^{-6} \cdot S \text{ (m}^3/\text{s)} = 0,16 \cdot S \text{ (m}^3/\text{h)}$$

o sea, un caudal de  $0,16 \text{ (m}^3/\text{m}^2 \text{ h)}$ .

Con un caudal de ventilación de  $18 \text{ (m}^3/\text{m}^2 \text{ h)}$  es posible determinar el volumen mínimo  $V_z$  de la formula (4):

$$V_z = 0,0086 \cdot V_0$$

Que indica que es despreciable frente al valor del volumen total del aparcamiento  $V_0$ .

### b) Ventilación para el control de hidrocarburos

La emisión de un vehículo automóvil partiendo de los datos considerados antes será de  $119 \cdot 10^{-6} \text{ (kg/s)}$

La emisión debida al 2,4 % de vehículos será según la formula (1):

$$dG/dt = 9,53 \cdot 10^{-8} \cdot S \text{ (kg/s)}$$

La ventilación necesaria para el control del límite de explosividad será:

$$(dV/dt)_{\min} = 8,06 \cdot 10^{-6} \cdot S \text{ (m}^3/\text{s)}$$

o lo que es lo mismo:  $0,029 \text{ (m}^3/\text{m}^2 \text{ h)}$ .

que hace despreciable el riesgo de explosión.