La clasificación del riesgo debido a los almacenamientos situados en edificios habitados (I)*

El procedimiento de clasificación incluido en la reglamentación básica puede determinar resultados contradictorios, como consecuencia de su simplicidad.

Por Pedro J. Álvarez Morales ©2014 *revisado ©2015

1. Antecedentes

La reglamentación básica de seguridad contra incendios para edificios habitados ha procurado la compartimentación de aquellas zonas en las que su actividad o la presencia de productos combustibles supusiera un nivel de riesgo mayor que la media de los espacios circundantes.

En las últimas normas NBE-CPI, así como en el actual Documento Básico DB SI del Código Técnico de la Edificación, dichas zonas se identifican como **locales de riesgo especial**. En concreto, la reglamentación básica contempla cuatro posibles situaciones: *riesgo bajo*, *riesgo medio*, *riego alto* y *sin riesgo específico*. En el último no se alcanza siquiera el nivel de riesgo bajo y, por tanto, no se precisan medidas especiales en dicha zona.

Entre los locales de riesgo especial aparecen con cierta frecuencia los almacenamientos. Su clasificación de riesgo conforme al DB SI se incluye en la Tabla 2.1 de la Sección SI 1:

Tabla 2.1. Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios.

Uso previsto* del edificio o *establecimiento - Uso del local o zona	**Tamaño del local o zona** S = superficie construida V = volumen construido		
	Riesgo bajo	**Riesgo medio**	**Riesgo alto**
En cualquier edificio o *establecimiento*: - Talleres de mantenimiento, almacenes de elementos combustibles (p. e.: mobiliario, lencería, limpieza, etc.) archivos de documentos, depósitos de libros, etc.	$100<V\leq 200$ m^3	$200<V\leq 400$ m^3	$V>400$ m^3
Comercial - Almacenes en los que la *densidad de carga de fuego* ponderada y corregida (Q_S) aportada por los productos almacenados sea (5)	$425<Q_S\leq 850$ MJ/m^2	$850<Q_S\leq 3.400$ MJ/m^2	$Q_S>3.400$ MJ/m^2

(5) Las áreas públicas de venta no se clasifican como locales de riesgo especial. La determinación de Q_S puede hacerse conforme a lo establecido en el "Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales". Se recuerda que, conforme al ámbito de aplicación de este DB, los almacenes cuya carga de fuego total exceda de 3 x 10^6 MJ se regulan por dicho Reglamento, aunque pertenezcan a un establecimiento de *uso Comercial*.

La clasificación presenta dos criterios diferentes. Para los almacenamientos en cualquier uso salvo comercial se utiliza un criterio de *volumen de recinto*. Para los

almacenamientos del uso comercial se emplea el criterio de la *densidad de carga de fuego ponderada y corregida*. Recomienda su cálculo mediante el procedimiento descrito en el Anexo I del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RSCIEI).

2. El cálculo de la carga de fuego

El apartado 3.2.2.b) del Anexo I del RSCIEI incluye una fórmula de cálculo especialmente pensada para almacenamientos:

$$Q_S = \frac{\sum_{1}^{n} q_{vi} \cdot C_i \cdot h_i \cdot s_i}{A} \cdot R_a$$

Cada uno de los elementos del sumatorio consiste en el producto de la superficie que ocupa en planta cada zona con diferente tipo de almacenamiento (s_i), por su altura de almacenamiento (h_i), por la carga de fuego por m³ (q_{vi}) y su coeficiente de peligrosidad particular (C_i).

Es decir, se trata de determinar el volumen de cada zona con diferente tipo de almacenamiento ($h_i \cdot s_i$) y aplicarle el valor de carga de fuego por m³ (q_{vi}) que le corresponde según la **tabla 1.2** del Anexo I del RSCIEI. En dicha tabla se recogen más de doscientos valores, de los que para edificios no industriales pueden considerarse útiles aproximadamente un centenar.

El coeficiente C_i también se determina en dicho Anexo, apoyado por la Guía Técnica de Aplicación, y para almacenamientos en edificios habitados suele adoptarse C_i = 1,30. El coeficiente global de riesgo de activación (R_a) se adopta como el más desfavorable que corresponda al menos al 10% del almacenamiento y se determina igualmente en la tabla 1.2. Los valores más frecuentes son R_a = 1,5 ó R_a = 2,0. Obsérvese que la aplicación de los coeficientes C_i y R_a implica ponderar la carga de fuego multiplicado el valor inicial ($q_{vi} \cdot h_i \cdot s_i$) por 2 ó 2,5 veces.

Si en la fórmula se calcula únicamente el numerador se obtiene la *carga de fuego total ponderada y corregida* (en MJ). Al dividir por la superficie en planta del local de riesgo especial se obtiene la densidad de carga de fuego (en MJ/m²).

Los valores límites de densidad de carga de fuego para establecer el nivel de riesgo en el RSCIEI (Tabla 1.3 del Anexo I) coinciden con los que indica la clasificación del DB SI para almacenamiento en el uso comercial. La única diferencia es que el RSCIEI incluye varios subniveles de cada uno de los tres niveles principales (*bajo*, *medio* y *alto*) que se numeran de 1 al 8, y el nivel *riesgo bajo 1* se considera en el DB SI *sin riesgo*.

3. Los problemas de clasificación en el DB SI

La primera cuestión a abordar es la utilización de dos criterios completamente diferentes que dependen del uso a que sirve el almacenamiento y no del almacenamiento en sí mismo. Esto genera agravios comparativos y situaciones contradictorias que se describen a continuación.

Por otra parte, la exclusión de los almacenes subsidiarios del uso comercial respecto al criterio general basado en el volumen del recinto no se cita expresamente en el DB SI, sino en los *Comentarios* incorporados por el Ministerio de Fomento.

Analizaremos en primer lugar la clasificación general basada en el **volumen del recinto**. Presenta la ventaja de su fácil cálculo. Sin embargo, el inconveniente es que el riesgo no depende del tipo de sustancia almacenada ni de la cantidad de almacenamiento en un mismo recinto, y estos pueden influir radicalmente en el resultado final.

Para cuantificar el efecto que produce esta simplificación propongo un ejemplo con cuatro almacenes que pueden encontrarse en establecimientos no comerciales, con referencia al epígrafe de la tabla 1.2 del Anexo I del RSCIEI, y los valores correspondientes:

- Almacén de "Bebidas bajas o sin alcohol": q_{vi} = 125 MJ/m³ R_a = 1,0 C_i =1,0
- Almacén de "Bebidas alcohólicas" q_{vi} = 800 MJ/m³ R_a = 1,5 C_i =1,3
- Almacén de "Material de oficina" q_{vi} = 1.300 MJ/m³ R_a = 2,0 C_i =1,3
- "Archivos" q_{vi} = 1.700 MJ/m³ R_a = 2,0 C_i =1,3

Los almacenes de bebidas son usuales en locales de restauración, de reunión y espectáculos (discotecas, salas de fiesta, etc.). En el uso administrativo es frecuente la existencia de almacenes de material de oficina. Los archivos pueden aparecer en mayor o menor medida asociados al uso administrativo, docente, hospitalario, etc.

Con el fin de poder efectuar una serie de comparaciones entre sí se propone una altura del recinto de almacenamiento de 3,00 m, habitual en edificación, y un nivel de ocupación por el almacenamiento del 50% del volumen de recinto. A partir de estos datos y los anteriores se podrá calcular de carga de fuego total y la densidad. Se podrá comparar la clasificación obtenida por los dos criterios: volumen de recinto y densidad de carga de fuego.

Si el recinto tiene un **volumen de 150 m³** (superficie en planta de 50 m²) la clasificación sería de ***riesgo bajo*** según el DB SI en los cuatro almacenes:

Almacén 150 m³	Densidad de carga de fuego (Q_S)	Riesgo clasificado por la densidad	Carga de fuego total (Q_T)	Riesgo clasificado por el DB SI
Bebidas sin alcohol	188 MJ/m²	Bajo 1	9.375 MJ	BAJO
Bebidas alcohólicas	2.340 MJ/m²	Medio 5	117.000 MJ	BAJO
Material de oficina	5.070 MJ/m²	Alto 6	253.500 MJ	BAJO
Archivo	6.630 MJ/m²	Alto 6	331.500 MJ	BAJO

Si el recinto tiene un **volumen de 75 m³** (superficie en planta de 25 m²) la clasificación sería ***sin riesgo*** según el DB SI en los cuatro almacenes:

Almacén 75 m³	Densidad de carga de fuego (Q_S)	Riesgo clasificado por la densidad	Carga de fuego total (Q_T)	Riesgo clasificado por el DB SI
Bebidas sin alcohol	188 MJ/m²	Bajo 1	4.687 MJ	sin riesgo
Bebidas alcohólicas	2.340 MJ/m²	Medio 5	58.500 MJ	sin riesgo
Material de oficina	5.070 MJ/m²	Alto 6	126.750 MJ	sin riesgo
Archivo	6.630 MJ/m²	Alto 6	165.750 MJ	sin riesgo

La clasificación por volumen es menos exigente que la clasificación por densidad de carga de fuego, excepto en el caso del almacén de 150 m³ destinado a bebidas sin alcohol. Si dicho almacén fuera subsidiario de un uso comercial se clasificaría *sin riesgo*.

Si comparamos los dos recintos entre sí, la densidad no varía, pero la carga de fuego total se reduce en la misma proporción que el volumen del recinto. La carga de fuego en el almacén de 75 m³ destinado a material de oficina (126.750 MJ) es mayor que en el almacén de 150 m³ destinado a bebidas alcohólicas (117.000 MJ). Sin embargo el almacén de bebidas alcohólicas se califica como *riesgo bajo* y el de material de oficina *sin riesgo*.

La carga de fuego de los archivos es 35 veces mayor que los almacenes de bebidas sin alcohol y ambos se clasifican en los mismos niveles de riesgo.

Una vez conocidas las consecuencias de la clasificación por volumen analizamos la clasificación basada en la **densidad de carga de fuego**. En este caso presenta la ventaja de considerar el riesgo de lo almacenado. Pero el inconveniente es que no incluye un límite de tamaño mínimo en la clasificación y no permite una clasificación gradual en función de la cantidad almacenada. Es más fácil comprender estos problemas con un ejemplo.

Se proponen cuatro almacenes que pueden encontrarse en establecimientos comerciales, con referencia al epígrafe de la tabla 1.2 del Anexo I del RSCIEI, y los valores correspondientes:

- Almacén de “Aparatos de televisión”: q_{vi} = 200 MJ/m³ R_a = 1,0 C_i =1,3
- Almacén de “Prendas de vestir” q_{vi} = 400 MJ/m³ R_a = 1,0 C_i =1,3
- Almacén de “Muebles de madera” q_{vi} = 800 MJ/m³ R_a = 1,5 C_i =1,3
- Almacén de “Papelería” q_{vi} = 1.100 MJ/m³ R_a = 2,0 C_i =1,3

Se adopta la misma altura de recinto y la misma proporción de ocupación del almacén, con el fin de hacer posible la comparativa con los ejemplos anteriores.

Si el recinto tiene un **volumen de 200 m³** (superficie en planta de 67 m²) la clasificación según el DB SI en los cuatro almacenes sería la siguiente:

Almacén 200 m³	Densidad de carga de fuego (Q_S)	Riesgo clasificado por la densidad	Carga de fuego total (Q_T)	Riesgo clasificado por el DB SI
Televisores	390 MJ/m²	Bajo 1	26.000 MJ	sin riesgo
Prendas de vestir	780 MJ/m²	Bajo 2	52.000 MJ	BAJO
Muebles de madera	3.340 MJ/m²	Medio 5	156.000 MJ	MEDIO
Artículos de papelería	4.290 MJ/m²	Alto 6	286.000 MJ	ALTO

Si el recinto tiene un **volumen de 25 m³** (superficie en planta de 8 m²) la clasificación según el DB SI en los cuatro almacenes sería la siguiente:

Almacén 25 m³	Densidad de carga de fuego (Q_S)	Riesgo clasificado por la densidad	Carga de fuego total (Q_T)	Riesgo clasificado por el DB SI
Televisores	390 MJ/m²	Bajo 1	3.250 MJ	sin riesgo
Prendas de vestir	780 MJ/m²	Bajo 2	6.500 MJ	BAJO
Muebles de madera	3.340 MJ/m²	Medio 5	19.500 MJ	MEDIO
Artículos de papelería	4.290 MJ/m²	Alto 6	35.750 MJ	ALTO

Como se puede observar, la clasificación no varía aunque el recinto sea muy pequeño y consecuentemente, con una menor *carga de fuego total*. Almacenes relativamente pequeños como el del ejemplo, que no son infrecuentes en los edificios habitados, pueden resultar clasificados incluso como *riesgo alto*.

Este problema no tiene relevancia en la aplicación del RSCIEI a los establecimientos industriales. El sistema de clasificación de riesgo se establece igualmente en función de la *densidad de carga de fuego ponderada y corregida*. No obstante, se contempla la densidad de todos los sectores de incendio y de todo el establecimiento, lo que supone considerar tamaños de recintos muy superiores.

El Ministerio de Fomento ha intentado solventar este problema indicando en los *Comentarios al DB SI* que se considere para aplicar la clasificación de local de riesgo especial una carga de fuego total ponderada y corregida igual o mayor que **10.000 MJ**. Esto significaría clasificar *sin riesgo* a los almacenes de 25 m³ destinados a televisores o a prendas de vestir.

Sin embargo, esos mismos comentarios explican que la carga de fuego de 10.000 MJ corresponde aproximadamente a 570 kg de madera, o 250 kg de hidrocarburos plásticos (polietileno, poliestireno, etc.), o a 330 kg de poliéster. El poder calorífico de estas sustancias, según la tabla 1.4 del Anexo I del Reglamento de

establecimientos industriales, es de 16,7 MJ/kg en el caso de la madera, 42 MJ/kg, en el caso de polietileno o de poliestireno y 25,1 MJ/kg si se trata de poliéster. El producto de las cantidades indicadas y su poder calorífico resulta 9.519 MJ, 10.500 MJ y 8.283 MJ, respectivamente. Como se puede observar, coincide prácticamente con el valor de 10.000 MJ. Esto significa que la carga de fuego de referencia (10.000 MJ) no contempla los coeficientes de ponderación (C_i, R_a), y, por tanto, se trata de una **carga de fuego total sin ponderar**.

Como en la clasificación oficial de riesgo que incluye el DB SI y el RSCIEI se considera la *densidad de carga de fuego ponderada y corregida*, será necesario transformar dicha carga de fuego de referencia ($Q_{T,ref}$) en una carga de fuego ponderada para que los resultados obtenidos puedan ser comparables entre sí. Aplicando los coeficientes de ponderación C_i y R_a a los cuatro almacenes del ejemplo se obtiene la carga de fuego total de referencia ($Q_{T,ref} = 10.000 \cdot C_i \cdot R_a$):

- Almacén de "Aparatos de televisión": $Q_{T,ref} = 10.000 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 13.000$ MJ
- Almacén de "Prendas de vestir" $Q_{T,ref} = 10.000 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 13.000$ MJ
- Almacén de "Muebles de madera" $Q_{T,ref} = 10.000 \cdot 1,3 \cdot 1,5 = 19.500$ MJ
- Almacén de "Papelería" $Q_{T,ref} = 10.000 \cdot 1,3 \cdot 2,0 = 26.000$ MJ

Con esta corrección propuesta en los *Comentarios al DB SI* se obtendría la siguiente clasificación en los recintos de almacén de **25 m³** propuestos en el ejemplo:

Almacén 25 m³	Densidad de carga de fuego (Q_S)	Riesgo clasificado por la densidad	Carga de fuego total (Q_T)	Riesgo clasificado por el DB SI
Televisores	390 MJ/m²	Bajo 1	3.250 MJ	sin riesgo
Prendas de vestir	780 MJ/m²	Bajo 2	6.500 MJ	sin riesgo
Muebles de madera	3.340 MJ/m²	Medio 5	19.500 MJ	MEDIO
Artículos de papelería	4.290 MJ/m²	Alto 6	35.750 MJ	ALTO

Si el almacén de muebles de madera se ubicara en un recinto de 24 m³, solo un poco menos que 25 m³, la carga de fuego total ponderada y corregida (Q_T) sería 18.720 MJ. Al resultar inferior al límite de 19.500 MJ, se clasificaría *sin riesgo*, en lugar de *riesgo medio*.

Análogamente, un almacén de 18 m³ de recinto destinado a artículos de papelería presenta una carga de fuego total (Q_T) de 25.740 MJ. Al resultar inferior al límite de 26.000 MJ, se clasificaría *sin riesgo*. Si el almacén tiene un volumen de recinto de 19 m³, la carga de fuego total resulta 27.170 MJ, es decir, superior al límite, y el almacén se clasifica de *riesgo alto*.

Como se puede observar, la solución dada al problema no es del todo satisfactoria por los siguientes motivos:

a) No parece apropiada para una clasificación que pretenda una graduación del riesgo, la existencia de unos saltos radicales, de manera que una pequeña variación en el tamaño de un recinto o en la carga de fuego total pueda suponer considerar bien un *riesgo alto* o bien *ningún riesgo*, sin la opción de otras clasificaciones intermedias de *riesgo medio* o *bajo*.
b) No parece razonable que el parámetro mínimo para considerar la clasificación de local de riesgo especial sea mayor cuanto mayores sean los coeficientes de ponderación, y, en consecuencia, cuanto mayor sea el riesgo del almacenamiento.

4. Una propuesta de mejora

La clasificación que establece el DB SI está escindida en dos, con motivo del uso a que sirven los almacenamientos.

Por un lado, una clasificación que emplea como criterio el volumen del recinto donde se almacena. Como se ha podido observar, adolece de un complemento relacionado con la densidad de carga de fuego debida al producto almacenado.

Por otro lado, una clasificación que emplea como criterio la densidad de carga de fuego pero adolece de un límite mínimo para la clasificación y cierta gradación del nivel de riesgo en función del tamaño.

Sería necesario subsanar estos problemas. Para que la solución sea lo más cercana posible a los criterios utilizados por la reglamentación básica representada por el DB SI, podrían adoptarse **ambos criterios combinados** para todos los almacenamientos sin distinción.

Los criterios considerados por la clasificación del DB SI son:

a) *Densidad de carga de fuego ponderada y corregida* (Q_S) Se adoptan los mismos intervalos de clasificación:
   - *Riesgo Bajo*: $425 < Q_S \leq 850$ MJ/m².
   - *Riesgo Medio:* $850 < Q_S \leq 3400$ MJ/m².
   - *Riesgo Alto*: $Q_S > 3400$ MJ/m².

b) *Volumen del recinto* (V). Se adoptan los mismos intervalos de clasificación:
   - *Riesgo Bajo*: $100 < V \leq 200$ m³.
   - *Riesgo Medio:* $200 < V \leq 400$ m³.
   - *Riesgo Alto*: $V > 400$ m³.

Esto significa crear una tabla de doble entrada para la clasificación de todos los almacenes como alternativa de mejora. Además, también se propone considerar el parámetro de la **carga de fuego total ponderada y corregida** como valor límite para las clasificaciones, como se indica en los *Comentarios al DB SI*. De hecho, este procedimiento complementario podría usarse no solo para el límite *sin riesgo - riesgo bajo/medio/alto*, sino también en el límite *riesgo bajo - riesgo medio*. Habría que relacionar este parámetro de alguna manera con el volumen de recinto.

Con estos objetivos se confecciona esta tabla provisional de clasificación:

Tabla 2.1. Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios.			
Uso previsto* del edificio o *establecimiento - Uso del local o zona	**Tamaño del local o zona** V = volumen construido Q_S = densidad de carga de fuego ponderada y corregida		
	Riesgo bajo	**Riesgo medio**	**Riesgo alto**
En cualquier edificio o *establecimiento*:			
- Almacenes de elementos combustibles, archivos de documentos, depósitos de libros, etc.:			
$425 < Q_S \leq 850$ MJ/m^2	100 m^3 < V		
$850 < Q_S \leq 3.400$ MJ/m^2	x < V ≤ 200 m^3	200 m^3 < V	
$Q_S > 3.400$ MJ/m^2	y < V ≤ z m^3	z < V ≤ 400 m^3	400 m^3 < V

Tan solo restaría determinar los volúmenes de recinto “x”, “y” y “z”. Estos valores deberían cumplir la condición de representar la misma carga de fuego total que corresponde a los siguientes límites:

- Para considerar que un local de riesgo especial es de *riesgo bajo*: la carga de fuego total del almacén debe superar la que tendría un recinto de almacén de al menos 100 m³ cuya densidad de carga de fuego está comprendida entre 425 y 850 MJ/m², o “x” m³ cuya densidad de carga de fuego está comprendida entre 850 y 3.400 MJ/m², o “y” m³ cuya densidad de carga de fuego exceda de 3.400 MJ/m².

- Para considerar que un local de riesgo especial es de *riesgo medio*: la carga de fuego total del almacén debe superar la que tendría un recinto de almacén de al menos 200 m³ cuya densidad de carga de fuego está comprendida entre 850 y 3.400 MJ/m², o “z” m³ cuya densidad de carga de fuego exceda de 3.400 MJ/m².

- Para considerar que un local de riesgo especial es de *riesgo alto*: la carga de fuego total del almacén debe superar la que tendría un recinto de almacén de al menos 400 m³ cuya densidad de carga de fuego exceda de 3.400 MJ/m².

En consecuencia, se busca que los límites de volumen de cada columna de la tabla representen la misma carga de fuego total, con independencia de su densidad. Obviamente, a mayor densidad el volumen será menor, ya que se alcanza la misma carga de fuego total con un menor almacenamiento cuando la densidad es mayor.

La clave para lograr una clasificación unificada que sea coherente con las cargas de fuego totales de los almacenamientos y con las densidades es la obtención de dichos valores “x”, “y” y “z”. La indagación de estos valores se convierte en la investigación esencial para alcanzar una clasificación de riesgo de los almacenamientos en edificios habitados que constituya una alternativa fiable y más realista.

Pedro J. Álvarez Morales es Jefe de Sección del Dpto. de Prevención de Incendios del Ayuntamiento de Madrid y colaborador habitual de CEPREVEN.