

CAPITULO 3

MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN: RIESGOS MAYORES Y RIESGOS CONVENCIONALES	1
2. BREVE RESEÑA HISTÓRICA DE LOS ACCIDENTES MAYORES.....	3
3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS CONVENCIONALES.....	5
3.1. MÉTODOS DE EVALUACIÓN ESTADÍSTICA.....	5
3.1.1. Método de evaluación estadística SEPTRI	7
3.2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN PROSPECTIVA O ESTOCÁSTICA	24
3.2.1. Métodos de esquemas de puntos.....	24
4. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO	26
5. MÉTODO SIMPLIFICADO PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO (MESERI).....	28
5.1. INTRODUCCIÓN.....	28
5.2. APLICACIÓN DEL MÉTODO	29
5.3. INSTRUCCIONES DE USO	30
5.4. FACTORES EVALUADOS.....	31
5.4.1. Factores generadores y agravantes.....	31
5.4.2. Factores reductores y protectores	41
5.5. FORMULARIO DE TOMA DE DATOS.....	46
6. METODOLOGÍA DEL REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES (RSCIEI)	51
6.1. CÁLCULO DE LA CARGA DE FUEGO	54
6.2. UBICACIONES INCOMPATIBLES DE SECTORES DE INCENDIO CON ACTIVIDAD INDUSTRIAL	58
6.3. EJERCICIO PRÁCTICO DE CÁLCULO DE CARGAS DE FUEGO	60
7. BIBLIOGRAFÍA	65

1. INTRODUCCIÓN: RIESGOS MAYORES Y RIESGOS CONVENCIONALES

Según se vio en capítulos anteriores, es función de la gerencia de riesgos evaluar la magnitud de los mismos. No obstante, también se dijo que esta responsabilidad corresponde a la empresa, no a la industria aseguradora. En particular, hay una serie de riesgos, capaces de desembocar en lesiones o muertes múltiples, daños importantes al medio ambiente o grandes pérdidas materiales, que se denominan “riesgos mayores” y requieren los servicios de expertos en seguridad, pertenecientes a la empresa o contratados por ella. En estos casos, la única misión del inspector de riesgos es conocer si la actividad se encuentra sujeta a una normativa especial, qué requerimientos le son exigibles y si la empresa se encuentra al día en sus obligaciones, es decir, conviene conocer la legislación que afecta a la actividad.

La Dirección General de Protección Civil, [a través de su página web](#), permite la descarga de una serie de guías¹ en las que se explican en detalle los métodos más habituales de análisis de riesgos mayores, tanto cualitativos como cuantitativos. Dada la relativa complejidad de los mismos y puesto que no le corresponde al inspector de riesgos aplicarlos, tan sólo se nombran a continuación, remitiéndose al lector a las guías mencionadas para profundizar en la materia si así lo considera oportuno.

- Métodos cualitativos:
 - ✓ Análisis histórico de accidentes.
 - ✓ Listas de chequeo de montaje y operación.
 - ✓ Análisis preliminar de riesgos.
 - ✓ Analisis What if? (¿Qué pasa si?).
 - ✓ Análisis funcional de operatividad (HAZOP).
 - ✓ Análisis del modo y efecto de los fallos (FMEA).
 - ✓ Análisis del modo, efecto y criticidad de los fallos.

¹ DGPC-a, 'Guía técnica. Metodologías para el análisis de riesgos. Visión general'.

DGPC-b, 'Guía técnica. Métodos cualitativos para el análisis de riesgos'.

DGPC-c, 'Guía técnica. Métodos cuantitativos para el análisis de riesgos'.

- Métodos semicuantitativos
 - ✓ Índice de DOW de incendio y explosión.
 - ✓ Índice de MOND.

- Métodos probabilísticos
 - ✓ Árboles de fallos.
 - ✓ Árboles de sucesos.
 - ✓ Análisis Causa-Consecuencias.

Las bases de datos estadísticas de accidentabilidad constituyen una información indispensable en el análisis de los riesgos mayores. Algunas de las bases de datos más reconocidas son: FACTS, SONATA, SAFETI, HARIS, WOAD, BDF, FAFR, UCSIP y CHAFINC.

Para evaluar la intensidad, se modelizan los accidentes, con el apoyo informático para ejecutar los numerosos y laboriosos cálculos requeridos (análisis de consecuencias). Los resultados que aportan se refieren a daños potenciales de muertes, lesiones, destrucción o inutilización de instalaciones y afectación medioambiental. Los programas de uso más extendido son: MHIDAS, WHAZAN, CHARM, PAPA, RISKAT, EFFECTS, PHAST, FIABEX, CONCERTO, UCSIP, RSM y RADIANT.

Frente a los riesgos mayores, algunos ejemplos de los cuales se muestran en el siguiente apartado, se encuentran los denominados riesgos convencionales, para los cuales también existe una gran diversidad de métodos de evaluación. De entre todos ellos, se han seleccionado aquellos que, por su sencillez, hacen innecesario el empleo de programas informáticos y son capaces de aportar al inspector una rápida valoración de la magnitud de los riesgos considerados. De nuevo, por razones de alta frecuencia de suceso y moderada o alta intensidad de consecuencias, la mayoría de métodos que se han realizado hasta la fecha se dedican al incendio.

2. BREVE RESEÑA HISTÓRICA DE LOS ACCIDENTES MAYORES

Para completar la visión de lo que significan riesgos mayores y la evolución de los métodos de análisis, se mencionan acontecimientos sucedidos en las últimas décadas del siglo XX. En particular, hubo varios accidentes durante los años ochenta que cambiaron la historia de la seguridad a nivel mundial:

- En 1984, en la ciudad de Sao Paulo (Brasil), la rotura de una conducción de gasolina provocó 800 muertos.
- En noviembre de ese mismo año, en San Juan Ixhuatepec (San Juanico), una zona residencial de Ciudad de México hubo una explosión e incendio en un parque de almacenamiento de GLP (gases licuados del petróleo), que provocó 450 muertos.
- El año 1984 finalizaba como el más trágico de la década tras el accidente de Bohal (India) en diciembre, un escape de gas a la atmósfera (Isocianato de metilo) generó una nube tóxica con un alcance mortal de once kilómetros, pereciendo más de 2.500 personas.
- En el año 1986, la explosión del reactor nuclear en Chernovyl (Unión Soviética), afectó a más de 100.000 personas que sufrieron radiaciones nucleares dañinas en un radio de 200 Km. Hubo más de 300 muertos por lesiones en la piel y en órganos internos en el momento de la explosión.
- En el terreno medioambiental , también 1986 registró un grave accidente, el vertido de dos toneladas de mercurio y su consecuente contaminación, al río Rhin, en la frontera entre Suiza y Alemania, mientras se controlaba un incendio ocurrido en un almacén de productos químicos ubicado en Schweizerhalle (Suiza).

Paralelamente, se desarrollaban en el mundo distintas metodologías de análisis de riesgo:

- En 1961 H.A. Watson de la compañía telefónica Bell, inventó el concepto de “árbol de fallos”, modificado por Boeing al poco tiempo para resolverlo mediante uso de ordenadores. En 1965, D.F. Haasl desarrolló la técnica de construcción del árbol de fallos y lo aplicó a una gran variedad de problemas de seguridad en la industria, culminando el proceso en el empleo de este método por la empresa Du Pont en la evaluación del riesgo de sus plantas en todo el mundo.
- Esta década también vio toda una serie de técnicas de evaluación de riesgo de incendio y explosión, encabezada por la desarrollada por Dow Chemical en Estados Unidos, denominada “índice Dow de fuego y explosión”, y seguida más tarde por la técnica creada por ICI (Imperial Chemical Industries) de Inglaterra, llamada índice MOND de fuego, explosión y toxicidad.
- En la década de los setenta, el profesor N. Rasmussen y un valioso grupo de expertos norteamericanos desarrollaron al máximo las técnicas del Árbol de Fallos y el análisis de modo de fallo y efecto, aplicados a un estudio exhaustivo de seguridad en los reactores nucleares que se empezaban a construir en todo el mundo, analizando accidentes nucleares ocurridos anteriormente, sus causas y efectos, y determinando un rango de confiabilidad en orden a probabilidades de ocurrencia en una emergencia.

En Europa, el proceso finaliza con el desarrollo, a principios de los ochenta, de una Directriz Básica para la Elaboración y Homologación de los Planes Especiales del Sector Químico (82/501/CEE), desarrollada en España a través de los correspondientes Reales Decretos (886/1988 y 952/1990).

3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS CONVENCIONALES

Como se ha visto en el apartado anterior, industrias como la nuclear, aeronáutica o química, presentan un elevado potencial de daño en caso de accidente. En consecuencia, los expertos en diseño y operación de instalaciones de esos sectores realizan estudios detallados de seguridad, con métodos de identificación y evaluación científico-técnicos de gran complejidad.

En actividades convencionales, en las que la gravedad de los riesgos no es tan alta, se utilizan métodos más elementales de evaluación, como los que se presentan en los siguientes apartados.

3.1. MÉTODOS DE EVALUACIÓN ESTADÍSTICA.

Están basados en una ecuación del tipo:

$$\text{Riesgo} = \text{probabilidad} \times \text{intensidad}$$

La metodología suele ser sencilla, estribando la dificultad en la obtención de datos estadísticamente fiables. Así, en el caso de los accidentes laborales, averías rutinarias o siniestros de automóviles, de frecuencia media o alta y margen estrecho de intensidad, los principios estadísticos tienen plena vigencia y la validez de los datos está garantizada. Por el contrario, en los riesgos de baja frecuencia e intensidad muy variable (inundaciones, terremotos, explosiones, incendios, daños por producto, etc) se tropieza con la falta de una muestra representativa de casos reales.

Las probabilidades de ocurrencia de riesgos muy aleatorios están disponibles sólo en contadas entidades y no en todos los países. Dichos valores proceden de años pasados, con un estado de la técnica que puede ser distinta de la vigente en el momento del análisis, e incluso puede que los únicos datos de los que podemos disponer correspondan a otros países, cuestión que introduce nuevas incertidumbres respecto a la validez del estudio.

No obstante, y a pesar de estas dificultades, el análisis es capaz de discriminar el orden de magnitud de los daños que se pueden producir, estableciéndose una

clasificación de los riesgos y, como consecuencia, una priorización de medidas a adoptar.

Supuesto que se ha conseguido información estadística suficiente, se generarían tablas para la probabilidad del tipo de la siguiente:

	Un accidente cada:	Coeficiente probabilidad
Altísima	De cero a 7 días	10
Muy alta	De 1 a 4 semanas	9
Alta	De 1 a 12 meses	7
Media	De 1 a 10 años	5
Baja	De 10 a 100 años	3
Muy baja	De 100 a 500 años	2
Remota	Mas de 500 años	1

En lo que se refiere a la intensidad del siniestro, cuando el estudio se hace desde el punto de vista asegurador, se presta particular atención al daño económico, por lo clasificación utiliza este parámetro, resultando una tabla similar a:

	Valor promedio por accidente		
	Daños personales	% en patrimonio	Coeficiente I
Leve	Incidente sin baja	Menor de 0,05%	1
Baja	Accidente leve con baja	De 0,05 a 0,1 %	2
Moderada	Accidente grave con baja	De 0,1 a 1	4
Alta	Incapacidad permanente	De 1 a 10	6
Muy alta	Una muerte	De 10 a 20	7
Grave	Varias muerte	De 20 a 40	9
Catastrófica	Múltiples muertes	Mas de 40	10

Una vez identificados todos los riesgos, la magnitud R, según los valores anteriores nos informará de la mayor o menor importancia de cada uno de los posibles siniestros. Si lo que se desea es un primer análisis cualitativo de gran rapidez, puede emplearse una tabla muy simplificada, como la que se presenta a continuación, en la que la

importancia del riesgo se valora desde 1 hasta 9, requiriéndose una atención progresiva en el mismo sentido.

Intensidad	Probabilidad		
	Alta	Media	Baja
Catastrófica	9	8	7
Grave	6	5	4
Leve	3	2	1

Métodos de análisis de estas características son el Fine, Mosles, CAPA y MEPTRI. A continuación se analiza el último de ellos, a modo de ejemplo.

3.1.1. Método de evaluación estadística SEPTRI

El Método de Evaluación y Propuesta del Tratamiento de Riesgos (MEPTRI), proporciona una evaluación cuantitativa del riesgo, a partir de la cual propone el tratamiento a seguir en las directrices generales de la seguridad y gestión de riesgos del elemento objeto de análisis.

El método propuesto tiene una aplicación universal a todo tipo de riesgos y actividades empresariales (peligros o fuentes liberadoras de agentes agresivos frente a los distintos activos), lo que permite una comparación cuantitativa entre toda la gama que amenaza a una empresa concreta y una jerarquización de los mismos, con la propuesta de las líneas generales de tratamiento. El tratamiento del riesgo, según los valores resultantes del método, contempla una o varias de las siguientes actuaciones:

- Eliminación.
- Reducción y control: mejora de la seguridad.
- Retención financiera.
- Transferencia financiera aseguradora.

3.1.1.1. Cálculo del valor del riesgo

En el MEPTRI, la conocida ecuación del riesgo se modifica con un tercer factor, que actúa en el denominador, y que se corresponde con el nivel de seguridad de la empresa, y la probabilidad se desglosa en un nuevo término, denominado exposición, quedando al final la expresión:

$$R = \frac{P \times E \times I}{S}$$

Donde cada uno de estos parámetros se corresponde con:

- P = coeficiente de probabilidad
- E = coeficiente de exposición
- I = coeficiente de intensidad
- S = coeficiente de nivel de seguridad.

Veamos cada uno de estos parámetros:

- **Coeficiente de Probabilidad “P”**

El valor de la probabilidad a utilizar es el correspondiente a la experiencia propia mas reciente, o el valor obtenido de estadísticas genéricas del sector y del país o en caso de no estar disponibles, valores internacionales o de otros países.

Tabla de coeficientes de probabilidad:

Periodo de recurrencia (un accidente cada)	Coeficiente P
Menos de 1 día	10
Menos de una semana	9
Menos de un mes	8
Menos de un año	7
Menos de 5 años	6
Menos de 10 años	5
Menos de 25 años	4
Menos de 50 años	3
Menos de 100 años	2
Menos de 500 años	1
Menos de 1000 años	0,5
Mas de 1000 años	0,1

▪ **Coeficiente de Exposición “E”**

El valor de exposición representa la frecuencia con que se lleva a cabo la acción u operación que motiva el riesgo.

Tabla de coeficientes de Exposición

Frecuencia de la operación (una vez cada)	Coeficiente E
Continuamente	10
Una hora	9
Un día	8
Una semana	7
Un mes	6
6 meses	5
1 año	4
10 años	3
50 años	2
100 años	1
Mas de 100 años	0,5

Para ver la diferencia entre probabilidad y exposición, imaginemos que se quiere analizar el riesgo de derrame de material durante la carga en los depósitos. Si en los últimos años se han producido tres incidentes de este tipo en la empresa, el valor de P será 6. Ahora bien, si la carga de los depósitos se efectúa semanalmente, el coeficiente de exposición será 7.

En la realización de una actividad intervienen distintas operaciones o funciones que entrañan la posible ocurrencia del accidente. En el momento de calificar el coeficiente de exposición, se tomará la operación generadora de riesgo más frecuente. Por ejemplo, al riesgo de derrame de acero fundido en la descarga de un alto horno, operación que se efectúa cada tres días, le correspondería el coeficiente inmediato inferior a tres días, es decir 1 día, y, por tanto, el valor de 8. Al riesgo de incendio en una empresa, generado por operaciones como posibles soldaduras, fumadores, o la electricidad, entre otras, la determinación de la exposición se atribuye a la más frecuente, que en este caso es la electricidad, con un uso continuado, aunque sea por plazos de tiempo interrumpidos (turnos de operación), y le correspondería el coeficiente de 10.

- **Coeficiente de intensidad “I”**

Para dar un valor a este parámetro se emplean dos conceptos puramente aseguradores, cuyo cálculo se abordará un poco más adelante. De momento baste saber:

- ✓ **VME** (Valor Máximo Expuesto), **PMP** (Pérdida Máxima Posible) o **MFL** (Maximum Foreseeable Loss).

Es la cantidad máxima expuesta a destrucción ante un riesgo determinado, en las condiciones más desfavorables y de factores del entorno con mas influencia negativa, es decir, no funcionan los medios de protección, no pueden acudir los bomberos, se presentan condiciones climatológicas adversas, etc.

- ✓ **PML** (Probable Maximum Loss): pérdida máxima probable.

Se considera como tal la cantidad máxima expuesta a destrucción ante un riesgo determinado en las condiciones normales de operación de los medios propios y externos de seguridad. Es decir, si la empresa dispone de medios activos y humanos de protección, se hace la hipótesis de que van a mitigar las consecuencias del siniestro.

El valor de coeficiente I es la media aritmética de los valores I_r e I_p , obtenidos de las tablas siguientes:

$$I = \frac{I_r + I_p}{2}$$

Tabla de coeficiente de intensidad de VME (I_r)

Valor Máximo Expuesto (Euros)	Perdida máxima posible %	Coficiente I_r
Menos de 100	0,05	1
101 a 1.000	0,1	2
1.001 a 10.000	1	3
10.001 a 100.000	5	4
100.001 a 1.000.000	10	5
1.000.001 a 10.000.000	40	6
10.000.001 a 100.000.000	60	7
100.000.001 a 200.000.000	80	8
200.000.001 a 500.000.000	90	9
Mayor que patrimonio empresa	100	10

Tabla de coeficiente de intensidad de PML (Ip)

Perdida Máxima Probable (Euros)	Perdida Máxima Probable %	Coeficiente Ip
Menos de 50	0,01	1
50 a 100	0,05	2
101 a 1.000	0,1	3
1.001 a 10.000	1	4
10.001 a 100.000	5	5
100.001 a 500.000	7	6
500.001 a 1.000.000	10	7
1.000.001 a 10.000.000	30	8
10.000.001 a 50.000.000	35	9
Mas de 50.000.000	Mayor que 40	10

De los dos valores posibles (unidades monetarias o porcentaje de pérdidas), se tomará aquel que genere un valor más alto del coeficiente.

- **Coeficiente de Seguridad “S”**

Resulta de la ponderación de muchos factores que determinan el nivel de seguridad de la empresa frente a cualquier tipo de riesgo.

Factor	Coefficientes parciales S
Política de Seguridad	0 a 1
Sistema de seguridad: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Responsabilidades, estructura y funciones: director de seguridad, delegados de prevención, departamento de seguridad, etc. ▪ Programa de prevención ▪ Cumplimiento de reglamentación y normativa: obligatoria y voluntaria. ▪ Medios técnicos: activos y pasivos. ▪ Medios humanos: profesionales y voluntarios. ▪ Evaluación, supervisión y control: planes de inspección, revisión y mantenimiento, auditorías internas. ▪ Planes de formación y comunicación. ▪ Planes de emergencia y contingencia. ▪ Investigación, análisis y registro de accidentes 	0 a 0,6 0 a 0,6 0 a 0,4 0 a 0,6 0 a 0,4 0 a 0,4 0 a 0,4 0 a 0,4 0 a 0,2
Programa de Gerencia de Riesgos	0 a 1
Integración prevención en diseño, métodos, maquinas, procesos.	0 a 1
Programa de control de calidad	0 a 1
Auditorías periódicas externas	0 a 1
Servicios de socorro externos: bomberos, policía, sanidad, otras empresas.	0 a 1

En este parámetro se permite tomar valores intermedios. Por ejemplo, si existen auditorías externas, pero se considera que la periodicidad es insuficiente, puede darse una puntuación de 0,5 en vez de 1.

El sumatorio de todos los factores parciales anteriores resulta una cantidad entre 0 y 10, pero siempre hay que tomar como mínimo un valor de 1.

Es muy interesante hacer las siguientes apreciaciones:

- En este método el factor de seguridad considera que el peso de los medios técnicos activos y pasivos no es más que de un 6% sobre el total. El 94% restante se atribuye a factores humanos, del tipo formación, políticas de calidad, auditoría, etc.
- El factor de seguridad es común a todos los riesgos, y al actuar como divisor, su mejora influirá enormemente en la valoración final.

3.1.1.2. Tratamiento del Riesgo.

Una vez obtenidos los valores del riesgo (R), éstos se clasifican en los grupos siguientes, cuyo tratamiento orientativo se indica:

- **Riesgos insoportables:** valores de R superiores a 300.

Se precisa la eliminación del riesgo o la supresión de la operación que lo genera.

- **Riesgos extremos:** valores de R comprendidos entre 200 y 300.

Se precisan mejoras con medidas intensivas de eliminación o reducción del riesgo, así como transferencia financiera del riesgo muy bien establecida.

- **Riesgos graves:** valores de R comprendidos entre 100 y 200.

Se precisan medidas sustanciales de reducción del riesgo. Puede establecerse una retención financiera parcial mínima, requiriéndose transferencia del riesgo.

Riesgos medios: valores de R comprendidos entre 30 y 100.

Se precisan mejoras con medidas normales de reducción del riesgo. Se recomienda una combinación de retención y transferencia financiera del riesgo.

- **Riesgos leves:** valores de R comprendidos entre 0 y 30.

No se precisan medidas adicionales de reducción del riesgo. Se recomienda la retención total. No se precisa la transferencia financiera del riesgo.

La orientación del tratamiento del riesgo sugerida por este método debe considerarse como una propuesta, que deberá ser sopesada a la vista de otros aspectos que aconsejen un tratamiento distinto como pueden ser requisitos legales, condicionantes financieros, cuestiones técnicas u organizativas o casos especiales por su actividad, dimensión económica o pertenencia a sectores públicos o estratégicos.

3.1.1.3. Ejemplos de aplicación del «meptri»

Para facilitar la comprensión del método y los factores que intervienen en la ecuación de cálculo, así como su aplicación práctica, se desarrolla un ejemplo de evaluación de diversos riesgos en una empresa ficticia.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

Empresa creada hace diez años para la fabricación de electrodomésticos de línea blanca: lavadoras, lavavajillas y frigoríficos.

Ubicación.

Polígono industrial en las afueras de una gran ciudad.

Construcción.

Varios edificios de construcción sólida de una sola planta en altura.

Instalaciones generales.

Suministros de servicios públicos, de agua, electricidad y gas natural y producción propia de vapor y aire comprimido.

Procesos.

Mecanización y armado de partes metálicas. Fabricación de ciertos componentes. Montaje, acabado y control de calidad continuo.

Personal y régimen de trabajo.

La plantilla está formada por 460 empleados que trabajan a dos turnos diarios, excepto sábados y festivos.

Aspectos económicos.

El valor actual del patrimonio de la empresa es de 90 millones de euros y su volumen de negocio en el último año ha ascendido a 42 millones de euros.

Condiciones de seguridad.

- Existe una política de seguridad declarada por escrito, pero que no define los compromisos respecto a la protección patrimonial ni medioambiental (sí la prevención de riesgos laborales).
- Cuenta con un jefe de seguridad, departamento de seguridad bien dotado, comité de seguridad y salud, delegados de prevención y servicio de vigilancia.

- Se ha efectuado la evaluación de riesgos y definido el Plan de Prevención de Riesgos Laborales y Patrimoniales (si incendio, pero no intrusión), sin actuar en medio ambiente.
- Disponen de archivo de la reglamentación y normativa externa. No poseen normativa propia.
- Las actuaciones preventivas de carácter técnico en el diseño aplicadas en la construcción e instalaciones de seguridad para las áreas de riesgos laborales y patrimoniales son las apropiadas, pero no en medioambiente.
- Existen suficientes y adecuados medios humanos profesionales y voluntarios para llevar a cabo las acciones preventivas y de emergencia.
- Se llevan a cabo inspecciones periódicas externas e internas y control de operaciones con riesgo. No se efectúan auditorías externas ni internas.
- Cuentan con planes efectivos de formación y comunicación en todas las áreas de riesgo, al igual que de emergencia y contingencia.
- Existe un procedimiento de análisis, registro y estadística de todo tipo de accidentes e incidentes.
- En la población situada a 2 km y en torno a 10 minutos de desplazamiento disponen de servicios de socorro bien dotados de sanidad, bomberos, policía y protección civil.
- No disponen de programa de gerencia de riesgos.
- Poseen un plan de control de calidad de productos parcial.

EJEMPLO 1. RIESGO DE INCENDIO

Sólo se tienen en consideración los daños materiales directos para este ejemplo.

– Coeficiente de probabilidad (P):

Del historial de siniestros se extrae que han ocurrido cuatro incendios de todo tipo y tamaño (incluso conato) por año. Por tanto, se ha dado un incendio cada tres meses.

Valor del coeficiente P: 8.

– Coeficiente de exposición (E)

En el conjunto de la fábrica se utilizan medios (electricidad, soldadura) potencialmente generadores de incendios de forma continua.

Valor del coeficiente E: 10.

– Coeficiente de intensidad (I):

• Coeficiente I_r:

El cálculo de la pérdida máxima posible se sitúa en el 60 % del valor total de la fábrica, lo que resulta 54 M €.

Valor de Coeficiente I_r: 7.

• Coeficiente I_p:

El cálculo de la pérdida máxima probable se sitúa en el 25 % del valor total de la fábrica, lo que resulta 22.237.447 €.

Valor de coeficiente I_p: 9.

De modo que: $(I_r + I_p) / 2 = (7 + 9) / 2 = 8$.

– **Coefficiente del nivel de seguridad (S):**

Coefficientes parciales:

Política de seguridad	0,3
Sistema de seguridad	
– Responsabilidad, estructura y funciones	0,4
– Programa de prevención	0,3
– Reglamentación y normativa	0,1
– Medios y actuaciones técnicas	0,4
– Medios humanos	0,3
– Evaluación, supervisión y control	0,1
– Planes de formación y comunicación	0,3
– Planes de emergencia y contingencia	0,3
– Investigación, análisis y registro de accidentes	0,1
Programa de Gerencia de Riesgos	0,0
Integración prevención en diseño	0,7
Programa de control de calidad	0,4
Auditorías periódicas externas	0,0
Servicios de socorro externos	0,7
Valor del coeficiente S	4,4

VALOR DEL RIESGO DE INCENDIO

$$R = \frac{P \times E \times I}{S} = \frac{8 \times 10 \times 8}{4,4} = 145,45$$

CALIFICACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO

El riesgo de incendio, con el valor de 145,45, se califica de «grave» y el tratamiento propuesto es el de introducir medidas sustanciales de seguridad. Puede establecerse una retención financiera parcial mínima, se precisa la transferencia financiera a través de una póliza de seguro.

En el ejemplo, la probabilidad del riesgo de incendio es excesiva, y denota algún problema que debe analizarse en la empresa. Un valor de un conato o pequeño incendio cada 3 ó 5 años sería más normal, con lo cual se obtendría un valor de $P=6$. Si además se realizaran auditorías externas de seguridad, se incrementaría el factor de seguridad hasta $S=5,4$, con lo que el valor final de R sería 89, es decir, riesgo medio que no precisa medidas urgentes de actuación y que puede tratarse con una combinación de retención y transferencia.

EJEMPLO 2. RIESGO DE ACCIDENTES DE TRABAJO

Sólo se tienen en consideración los daños personales directos.

– **Coefficiente de probabilidad (P):**

Del historial de accidentes se extrae que estadísticamente han ocurrido 25 accidentes con baja por año. Por tanto se ha dado un accidente con baja cada 10 días (aproximadamente, si se cuentan 250 días laborables por año).

Valor del coeficiente P: 9.

– **Coefficiente de exposición (E):**

En el conjunto de la fábrica se producen operaciones con riesgo de accidente laboral de forma continua.

Valor del coeficiente E: 10.

– **Coefficiente de intensidad (I):**

• Coeficiente I_r:

El cálculo de la pérdida máxima posible se considera por la explosión de la caldera de vapor, que podría ocasionar varios muertos y lesionados, y unas indemnizaciones estimadas en torno a 2,5 M €, es decir, el 2,7 % del valor patrimonial.

Valor de Coeficiente I_r: 6.

• Coeficiente I_p:

El cálculo de la pérdida máxima probable se considera por un accidente en itinere, caída de altura o atrapamiento con algún muerto (uno o dos) y lesionados, y unos daños totales valorados en torno a 300.000 €, 0,3 % del valor patrimonial.

Valor de Coeficiente Ip: 6.

Valor del Coeficiente I = $(I_r + I_p) / 2 = (6 + 6) / 2 = 6$.

– **Coeficiente del nivel de seguridad (S):** el mismo que para el ejemplo 1.

Valor del coeficiente S: 4,4.

CALIFICACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO

$$R = \frac{P \times E \times I}{S} = \frac{9 \times 10 \times 6}{4,4} = 122,7$$

El riesgo de accidentes de trabajo, se califica de «grave» y el tratamiento propuesto es el de introducir medidas sustanciales de prevención (que reduzcan la frecuencia/probabilidad). Puede ser interesante una auditoría externa que analice los riesgos. Debe establecerse una retención financiera parcial de los daños (actuando como entidad colaboradora de la Seguridad Social) y transferir el resto de los daños no retenidos, a través de una póliza de seguro (cuestión que, por otro lado, es obligatoria en España y en otros países).

De nuevo, con las mejoras sugeridas, se podría llegar a P=7 y S=5,4, lo que derivaría en un valor de R=78, es decir, un riesgo medio.

EJEMPLO 3. RIESGO DE INUNDACIÓN

Se tienen en consideración sólo los daños materiales directos.

– **Coefficiente de probabilidad (P):**

Del historial de accidentes se extrae que estadísticamente han ocurrido dos inundaciones por desbordamiento del río en los 10 años de vida de la empresa. Por tanto se ha dado una inundación cada cinco años.

Valor del coeficiente P: 6.

– **Coefficiente de exposición (E):**

Al no haber obras de regulación del cauce del río se pueden esperar inundaciones por lluvias copiosas y torrenciales, que se producen, en promedio, cuatro veces al año. Por lo tanto, el fenómeno potencialmente causante de inundación se da cada tres meses.

Valor del coeficiente E: 6.

– **Coefficiente de intensidad (I):**

• Coeficiente I_r:

El cálculo de la pérdida máxima posible se ha evaluado en el 30 % del valor patrimonial total.

Valor del coeficiente I_r: 7.

• Coeficiente I_p:

El cálculo de la pérdida máxima probable se sitúa en el 10 % del valor patrimonial total.

Valor del coeficiente I_p: 9.

De donde: $I = (7+9)/2 = 8$.

CALIFICACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO

$$R = \frac{P \times E \times I}{S} = \frac{6 \times 6 \times 8}{4,4} = 65,4$$

El riesgo de inundación, con el valor de 65,4, se califica de «medio» y el tratamiento propuesto pasa por medidas básicas de protección; se propone la retención financiera parcial, o, de forma alternativa, la transferencia financiera a través de una póliza de seguros.

3.2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN PROSPECTIVA O ESTOCÁSTICA

Además de la evaluación estadística también existen evaluaciones que consideran de forma indirecta la influencia que pueden tener en estos factores los aspectos técnicos del funcionamiento de los sistemas expuestos a riesgos.

3.2.1. Métodos de esquemas de puntos.

Se fundamentan en la consideración de las variables que inciden en el riesgo tanto para su materialización en accidente como para la extensión de los daños. La formula resumida de estos métodos responde a ecuaciones del tipo:

$$X = Y - Z \quad \text{ó} \quad X = \frac{Y}{Z}$$

Donde:

X, expresión numérica del riesgo en la escala previamente fijada.

Y, expresión numérica conjunta de los distintos aspectos que generan o agravan el accidente.

Z, Expresión numérica conjunta de los distintos aspectos que previenen el riesgo y/o disminuyen la gravedad del accidente.

Algunos métodos basados en esta expresión son:

- Riesgos Laborales: INSHT, ANACT, Lest.
- Riesgos de Incendio: Gretener, MESERI.
- Riesgos de intrusión: Mosler, MARINA.

4.

MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO

Existe una gran variedad de métodos de evaluación del riesgo de incendio en el mercado. No obstante, no todos ellos son de sencilla aplicación y hay algunos que consideran factores que, desde el punto de vista asegurador, no tienen utilidad, por lo que en el presente manual sólo se estudiarán dos de ellos, el MESERI y el del “valor de riesgo intrínseco”. Sobre el resto, se propone bibliografía al lector por si considerara oportuno profundizar en la materia.

- **Método Gretener (M. Gretener, 1965, Suiza):**

Se puede considerar como el padre de todos los métodos y se ha convertido además en referente de muchos modelos posteriores. Puede aplicarse a todo tipo de actividades.

El método de Gretener se estudia en la mayoría de los cursos de protección contra incendios, por su interés conceptual y por considerar una gran variedad de factores que intervienen en el incendio. Al final, el método provee un valor que determina si el riesgo en la instalación es aceptable o, por el contrario deben tomarse medidas de protección adicionales. Rehaciendo los cálculos, dichas medidas mejorarán la puntuación, hasta llegar a un valor satisfactorio.

El inconveniente del método, por lo cual no es frecuente su aplicación en el sector asegurador, es el excesivo tiempo que ha de dedicarse a los cálculos.

- **Método Purt (G.Purt, 1971, Alemania)**

Se trata de una derivación simplificada del Gretener. El método ofrece una valoración rápida y de carácter orientativo, referida a los edificios y también a su contenido. Una vez calculado el valor del riesgo referido a ambos conceptos, mediante una gráfica se puede obtener una idea de los medios de protección que sería conveniente instalar.

- **Método E.R.I.C. (Sarrat y Cluzel, 1977, Francia)**

Su particularidad es que fue el primer método que enfocó el incendio según su doble vertiente de afectación a personas y bienes, con la inclusión de factores referidos a tiempos de evacuación, opacidad y toxicidad de los humos, etc. Es un método empírico que desglosa los edificios en tres tipos: vivienda, oficinas y establecimientos industriales.

Ofrece una amplia orientación sobre las medidas de seguridad y los equipos de protección a instalar.

- **Método F.R.A.M.E. (E. de Smet, 1988, Bélgica)**

Método muy completo, basado en el E.R.I.C. y en el Gretener, capaz de estimar el riesgo del patrimonio, las personas y las actividades. Emplea una gran cantidad de factores y puede llegar a ser un método excesivamente prolijo si no se dispone de un programa informático que facilite los cálculos.

- **MESERI (Mapfre, 1978, España)**

Método de aplicación muy sencilla, pero que incorpora un gran número de factores. Fue concebido para su uso en el sector asegurador, por lo que es muy adecuado en los informes con finalidad suscriptor. Los resultados provistos por el método son más restrictivos de lo normal, como corresponde a los principios de la industria del seguro.

- **Método del riesgo intrínseco de incendio (Ministerio de Industria y Energía, 1981, España)**

Es una simplificación del método Gretener, con la particularidad de que es el método que debe emplearse, de modo obligatorio, para determinar las medidas de protección contra incendios a instalar en los establecimientos industriales, a partir de la entrada en vigor del **REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre**. Por este motivo se dedicará un apartado de este manual al estudio del método.

5. MÉTODO SIMPLIFICADO PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO (MESERI)

5.1. INTRODUCCIÓN

El método MESERI pertenece al grupo de los métodos de evaluación de riesgos conocidos como «de esquemas de puntos», que se basan en la consideración individual, por un lado, de diversos factores generadores o agravantes del riesgo de incendio y, por otro, de aquellos que reducen y protegen frente al riesgo. Una vez valorados estos elementos mediante la asignación de una determinada puntuación se trasladan a una fórmula del tipo:

$$R = X / Y \text{ o bien } R = X \pm Y$$

Donde:

- X es el valor global de la puntuación de los factores generadores o agravantes.
- Y es el valor global de los factores reductores y protectores.
- R es el valor resultante del riesgo de incendio, obtenido después de efectuar las operaciones correspondientes.

En el caso del método MESERI este valor final se obtiene como suma de las puntuaciones de las series de factores agravantes y protectores, de acuerdo con la fórmula:

$$R = 5 / 129 X + 5 / 32 Y$$

Este método evalúa el riesgo de incendio considerando los aspectos que:

- Hacen posible su inicio: por ejemplo, la inflamabilidad de los materiales dispuestos en el proceso productivo de una industria o la presencia de fuentes de ignición.
- Favorecen o entorpecen su extensión e intensidad: por ejemplo, la resistencia al fuego de los elementos constructivos o la carga térmica de los locales.

- Incrementan o disminuyen el valor económico de las pérdidas ocasionadas: por ejemplo, la destructibilidad por calor de medios de producción, materias primas y productos elaborados.
- Están dispuestos específicamente para su detección, control y extinción: por ejemplo, los extintores portátiles o las brigadas de incendios.

Por ello, el método permite ofrecer una estimación global del riesgo de incendio. Su simplicidad radica en que sólo se valoran los factores considerados como más representativos de la situación real de la actividad inspeccionada (véase el apartado siguiente), de entre los múltiples que intervienen en el comienzo, desarrollo y extinción de los incendios.

5.2. APLICACIÓN DEL MÉTODO

El método MESERI está principalmente diseñado para su aplicación en pequeñas y medianas empresas de tipo industrial cuya actividad no sea intrínsecamente peligrosa. Además, debe aplicarse por edificios o instalaciones individuales de características constructivas homogéneas. Como es prácticamente imposible encontrar en la realidad edificios de estas características, el técnico evaluador deberá adjudicar a cada factor el valor más representativo (en la mayoría de los casos, será el valor promedio) que refleje el estado general del establecimiento.

Como su nombre indica, el método es simplificado: en muchos casos es la experiencia del inspector la que determina, por simple estimación de lo observado, el nivel de puntuación que debe otorgarse, sin entrar en complicados cálculos. Esto implica que el inspector debe tener conocimientos de los siguientes temas:

- Naturaleza del fuego.
- Prevención y sistemas de protección contra incendios.
- Organización de la seguridad en la empresa.
- Procesos industriales y edificación.

En sucesivos capítulos de este manual se tratará de dar al lector información suficiente como para poder puntuar cada uno de los factores que aparecen en el método.

5.3. INSTRUCCIONES DE USO

El método se basa en la inspección visual sistemática de una serie de elementos o «factores» de un edificio o local, que se puntúan sobre la base de un rango predeterminado de valores.

Tras sumar el conjunto de puntuaciones, los factores generadores/agravantes (X) y los reductores/protectores (Y) del riesgo de incendio, se introducen en la fórmula y se obtiene la calificación final del riesgo.

Obsérvese que la ponderación en el valor final de la serie de factores agravantes y reductores es la misma (5 puntos, como máximo, para cada serie). Por tanto, el valor final estará comprendido entre cero y diez puntos, que significan la peor y la mejor valoración del riesgo considerado frente al incendio, respectivamente.

Los edificios cuya puntuación final sea inferior a 5 deberían ser examinados con más detalle para determinar dónde se encuentran sus mayores problemas; en primer lugar, habría que investigar aquellos factores puntuados con «cero» y determinar las medidas oportunas para su mejora que sean técnica y económicamente viables. En cualquier caso, tampoco debe entenderse que cualquier puntuación superior a 5 indica que el riesgo de incendio esté suficientemente controlado.

5.4. FACTORES EVALUADOS

A continuación se definen y comentan brevemente los factores que se evalúan en el método MESERI, así como sus respectivas puntuaciones.

5.4.1. Factores generadores y agravantes

Factores de construcción

Número de plantas o altura del edificio

En caso de incendio, cuanto mayor sea la altura de un edificio más fácil será su propagación y más difícil será su control y extinción. La altura de un edificio debe ser entendida desde la cota inferior construida (los niveles bajo tierra también cuentan) hasta la parte superior de la cubierta. En caso de que se obtengan diferentes puntuaciones por número de plantas y por altura, se debe tomar siempre el menor valor.

Número de plantas	Altura (m)	Puntuación
1 ó 2	Inferior a 6	3
De 3 a 5	Entre 6 y 15	2
De 6 a 9	Entre 16 y 28	1
10 ó más	Más de 28	0

Superficie del mayor sector de incendio

En este aspecto se entiende que los elementos de compartimentación en sectores de incendio deberán tener, como mínimo, una calificación RF-240 o mejor (se debe prestar especial atención a que las puertas de paso entre sectores sean RF-120 o mejor, así como a los sellados de las canalizaciones, tuberías, bandejas de cables, etc., que atraviesan los elementos compartimentadores). Por debajo de este valor se considerará que no existe sectorización. Cuanto mayor sea la superficie de los sectores de incendio, existirá más facilidad de propagación del fuego.

Como referencia, véanse los valores de RF ofrecidos por el apéndice 1, «Resistencia al fuego de los elementos constructivos» de la NBE-CPI/96.

La tabla de puntuación de este aspecto en el método MESERI es:

Superficie del mayor sector de incendio (m²)	Puntuación
Inferior a 500	5
De 501 a 1.500	4
De 1.501 a 2.500	3
De 2.501 a 3.500	2
De 3.501 a 4.500	1
Mayor de 4.500	0

Resistencia al fuego de los elementos constructivos

Los elementos constructivos a los que aquí se hace referencia son, exclusivamente, los sustentadores de la estructura del edificio; la característica que se mide fundamentalmente es la estabilidad mecánica frente al fuego.

El método considera «alta» la resistencia de elementos de hormigón, obra y similares, mientras que considera «baja» la resistencia de elementos metálicos – acero– desnudos. En caso de contar con protección (tipo pinturas intumescentes, recubrimientos aislantes, pantallas) sólo deberán tenerse en cuenta si protegen íntegramente al elemento.

Como referencia, véanse los valores de RF ofrecidos por el apéndice 1, «Resistencia al fuego de los elementos constructivos» de la NBE-CPI/96, y las normas sobre ensayos de resistencia al fuego de diferentes estructuras y elementos de construcción (UNE 23-093, UNE 23-801 y UNE 23-802).

La tabla de puntuación es la siguiente:

Resistencia al fuego	Puntuación
Alta	10
Media	5
Baja	0

Falsos techos

Los falsos techos (y suelos) dificultan en muchas ocasiones la detección temprana de los incendios, anulan la correcta distribución de los agentes extintores y permiten el movimiento de humos. Por ello, el método penaliza la existencia de estos elementos, independientemente de su composición, diseño y acabado.

Se considera «falso techo incombustible» aquel realizado en cemento, piedra, yeso, escayola y metales en general, es decir, los de euroclase A; se considera «falso techo combustible» aquel realizado en madera no tratada, PVC, poliamidas, copolímeros ABS y, en general, aquellos que posean una calificación de euroclase B o peor.

Falsos techos/suelos	Puntuación
No existen	5
Incombustibles (M0)	3
Combustibles (M4 o peor)	0

Factores de situación

Distancia de los bomberos

Este factor valora la distancia y el tiempo de desplazamiento de los bomberos desde el parque más cercano al edificio en cuestión. Sólo se tendrán en cuenta parques con vehículos y personal que se consideren suficientes y disponibles 24 horas al

día, 365 días al año. En caso de que se obtengan diferentes puntuaciones por tiempo y por longitud, se debe tomar siempre la menor puntuación resultante.

Distancia (km)	Tiempo de llegada (min.)	Puntuación
Menor de 5	Menor de 5	10
Entre 5 y 10	Entre 5 y 10	8
Entre 10 y 15	Entre 10 y 15	6
Entre 15 y 20	Entre 15 y 25	2
Más de 20	Más de 25	0

Accesibilidad a los edificios

La accesibilidad a los edificios se entiende desde el punto de vista del ataque al incendio y auxilio (desde el exterior) a la evacuación de las personas que se encuentren en el interior.

Como referencia, el criterio de evaluación puede ser el del apéndice 2, «Accesibilidad y entorno de los edificios» de la NBE-CPI/96, en donde se señala que las condiciones elementales que deben tener las vías de aproximación a los edificios son: anchura libre mínima de 5 m, altura libre o gálibo de 4 m y la capacidad portante del vial superior a 2.000 kg/cm². En cuanto al entorno de los edificios, éste debe estar libre de obstáculos naturales o artificiales, con anchura mínima libre de 6 m; altura libre, la del edificio; permitir una distancia máxima al edificio de 10 m y de 30 m hasta cualquier acceso principal, etc.

Por su complejidad, no se evalúan las condiciones de evacuación de los edificios desde su interior.

Accesibilidad al edificio	Puntuación
Buena	5
Media	3
Mala	1
Muy mala	0

Factores de proceso/operación

Peligro de activación

En este apartado se evalúa la existencia de fuentes de ignición que se empleen habitualmente dentro del proceso productivo y que puedan ser origen de un fuego. Por ejemplo, deben considerarse con peligro de activación «alto» los procesos en los que se empleen altas temperaturas (hornos, reactores, metales fundidos) o presiones, reacciones exotérmicas, etc.

También deben analizarse aspectos complementarios de la actividad, tales como la prohibición de fumar en las instalaciones, la protección frente a descargas eléctricas naturales o la existencia de procedimientos para trabajos con llama abierta.

Peligro de activación	Puntuación
Bajo	10
Medio	5
Alto	0

Carga térmica

En este apartado se evalúa la cantidad de calor por unidad de superficie que produciría la combustión total de materiales existentes en una zona o local. En un edificio hay que considerar tanto los elementos mobiliarios –contenido–, como los inmobiliarios –estructuras–, elementos separadores.

Se puede calcular aplicando fórmulas que relacionan la masa combustible, su calor de combustión y la superficie del local, pero por simplicidad se puede estimar con bastante aproximación utilizando las tablas de clasificación de riesgos para sistemas de rociadores automáticos del Código 13 de la NFPA, las tablas del Método Gretner o las tablas del Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales.

Carga térmica (MJ/m²)	Puntuación
---	-------------------

Baja (inferior a 1.000)	10
Moderada (entre 1.000 y 2.000)	5
Alta (entre 2.000 y 5.000)	2
Muy Alta (superior a 5.000)	0

Inflamabilidad de los combustibles

Este factor valora la peligrosidad de los combustibles presentes en la actividad respecto a su posible ignición. Las constantes físicas que determinan la mayor o menor facilidad para que un combustible arda, dado un foco de ignición determinado, son:

- Los límites de inflamabilidad: peor cuanto más amplios.
- El punto de inflamación: peor cuanto menor sea este valor.
- La temperatura de autoignición: peor cuanto menor sea.

Por lo tanto, los gases y líquidos combustibles a temperatura ambiente serán considerados con inflamabilidad «alta», mientras que los sólidos no combustibles en condiciones «normales» (no disgregados en forma de polvo, viruta, etc.) tales como los materiales pétreos, metales –hierro, acero– serán considerados con inflamabilidad «baja».

Inflamabilidad	Puntuación
Baja	5
Media	3
Alta	0

Orden, limpieza y mantenimiento

Este factor estima el orden y limpieza de las instalaciones productivas, así como la existencia de personal específico y planes de mantenimiento periódico de instalaciones de servicio (electricidad, agua, gas, etc.) y de las de protección contra incendios.

Orden, limpieza y mantenimiento	Puntuación
Alto	10
Medio	5
Bajo	0

Almacenamiento en altura

La existencia de almacenamientos en alturas superiores a 2 m incrementa el riesgo de incendio (aumento de la carga térmica, mayor facilidad de propagación, mayor dificultad del ataque al fuego). No se tiene en cuenta la naturaleza de los materiales almacenados.

Almacenamiento en altura	Puntuación
Menor de 2 m	3
Entre 2 y 6 m	2
Superior a 6 m	0

Factores de valor económico de los bienes

Concentración de valores

La cuantía de las pérdidas económicas directas que ocasiona un incendio depende del valor del continente –edificaciones– y del contenido de una actividad –medios de producción (maquinaria principalmente), materias primas, productos elaborados y semielaborados, instalaciones de servicio–. Generalmente serán de más difícil cuantificación las pérdidas consecuenciales y de beneficios (es complicado estimar los diferentes escenarios posibles tras un incendio) y por ello el método no las considera.

Concentración de valores (euros/m²)	Puntuación
Inferior a 500	3
Entre 500 y 1.500	2
Superior a 1.500	0

Factores de destructibilidad

Directamente relacionado con el factor anterior se encuentra la destructibilidad de elementos de producción, materias primas, productos elaborados y semielaborados, causado por las siguientes manifestaciones dañinas del incendio.

- Por calor

En primer lugar se determina la afectación que produce el calor generado por el incendio en los elementos anteriormente citados. Por ejemplo, las industrias del plástico, electrónica o almacenamientos frigoríficos pueden verse afectados en un grado «alto», mientras que industrias de la madera o de transformación del metal pueden verse afectadas en mucha menor medida por el calor.

Destructibilidad por calor	Puntuación
Baja	10
Media	5
Alta	0

- Por humo:

La destrucción o pérdida de cualidades por efecto del humo es otro factor que se ha de considerar. Por ejemplo, las industrias alimentarias se verán muy afectadas, mientras que las industrias del metal en general pueden verse afectadas en menor medida por el humo.

Destructibilidad por humo	Puntuación
Baja	10
Media	5
Alta	0

- Por corrosión:

El siguiente factor es la destrucción por efecto de la corrosión, provocada por la naturaleza de algunos gases liberados en las reacciones de combustión, como el HCl o el H₂S. Por ejemplo, los componentes electrónicos serán muy perjudicados por este efecto.

Destructibilidad por corrosión	Puntuación
Baja	10
Media	5
Alta	0

- Por agua:

Finalmente, se estiman los daños producidos por el agua de extinción del incendio. Por ejemplo, las industrias textiles tendrán en general menores daños por este factor que las industrias del papel o cartón, o los almacenamientos a granel.

Destructibilidad por agua	Puntuación
Baja	10
Media	5
Alta	0

Factores de propagabilidad

La propagación del incendio se estima en este apartado teniendo en cuenta la disposición espacial de los posibles combustibles, es decir, su continuidad vertical y horizontal. No se tiene en cuenta la velocidad de propagación de las llamas ni la velocidad de combustión de los materiales, que se contemplan en otros apartados.

Propagabilidad vertical

Por ejemplo, la existencia de almacenamientos en altura o estructuras, maquinaria o cualquier tipo de instalación cuyas dimensiones en vertical permitan la propagación del incendio hacia cotas superiores de donde se originó conllevan la calificación de propagabilidad vertical «alta».

Propagabilidad vertical	Puntuación
Baja	5
Media	3
Alta	0

Propagabilidad horizontal

Por ejemplo, si existen en el proceso cadenas de producción de tipo «lineal», en las que los elementos comunes ofrecen continuidad para la posible propagación de las llamas, se considerará que la propagabilidad es «alta». Por el contrario, en las disposiciones de tipo celular, con espacios vacíos carentes de combustibles o calles de circulación amplias, se puede considerar que la propagabilidad es «baja».

También habrá que tener en cuenta la propagabilidad a través de combustibles líquidos no confinados o sólidos licuables como muchos plásticos (en general, posibilidad de existencia de combustibles que generen fuegos de clase B).

Propagabilidad horizontal	Puntuación
Baja	5
Media	3
Alta	0

5.4.2. Factores reductores y protectores

Dentro de este apartado se estiman los factores que contribuyen, bien a impedir el desarrollo del incendio, o bien a limitar la extensión del mismo y sus consecuencias. La puntuación en este caso se otorga si existe el factor correspondiente, su diseño es adecuado y está garantizado su funcionamiento o, lo que es lo mismo, se comprueba físicamente la activación o se verifica el correcto mantenimiento de la instalación. En el caso de medidas de tipo organizativo-humano (brigadas de incendio, planes de emergencia) habrá que comprobar la existencia de registros, manuales, procedimientos, etc., que avalen la formación recibida por el personal, las prácticas y simulacros efectuados, etc.

También cabe señalar que la puntuación por la existencia de los distintos conceptos aumenta en caso de que exista presencia humana en los edificios o instalaciones inspeccionados, lo que supone que existe actividad permanente (incluyendo fines de semana y festivos) o personal de vigilancia suficiente, que pueden constatar, llegado el caso, si una alarma es falsa o, por el contrario, se trata de un fuego real y procede una acción inmediata.

Instalaciones de protección contra incendios

Detección automática

Se tendrá en cuenta si existe detección automática en la totalidad del edificio. Las áreas cubiertas por instalaciones de rociadores automáticos también se consideran cubiertas por esta medida de protección.

Concepto	Puntuación			
	Sin vigilancia humana		Con vigilancia humana	
	Sin conexión a CRA	Con conexión a CRA	Sin conexión a CRA	Con conexión a CRA
Detección automática	0	2	3	4

* CRA: central receptora de alarmas.

La vigilancia humana supone control permanente por vigilantes cualificados de todas las zonas, sea mediante presencia física, sea mediante sistemas electrónicos de vigilancia, fuera de las horas de actividad. En todo caso, supone capacidad de acceso inmediato a las zonas de incendio o de control de los sistemas de emergencia.

Si no hay vigilancia humana pero existe un enlace con central receptora de alarmas (CRA), se puede esperar una respuesta valorable como «de menor fiabilidad» que la de la vigilancia humana, por la posibilidad de retrasos en la actuación.

Rociadores automáticos

Se tendrá en cuenta si existen instalaciones de rociadores automáticos en toda la superficie de los edificios y locales de la actividad.

Concepto	Puntuación			
	Sin vigilancia humana		Con vigilancia humana	
	Sin conexión a CRA	Con conexión a CRA	Sin conexión a CRA	Con conexión a CRA
Rociadores automáticos	5	6	7	8

Como en el caso anterior, se valora positivamente la existencia de un enlace con la central receptora de alarmas (CRA).

Extintores portátiles

Se tendrá en cuenta si existen extintores portátiles que cubran toda la superficie de los edificios y locales de la actividad. Se observará que los agentes extintores son adecuados a las clases de fuego previsibles en las áreas protegidas y se encuentran señalizados. También se recomienda comprobar que existen aparatos de repuesto (aproximadamente 1 por cada 20 aparatos instalados).

Como referencia general, los extintores portátiles deben estar situados de forma que no se recorran más de 15 m desde cualquier punto del edificio hasta el extintor más cercano. Para cubrir riesgos determinados esta distancia puede ser menor.

Concepto	Puntuación	
	Sin vigilancia humana	Con vigilancia humana
Extintores portátiles	1	2

Bocas de incendio equipadas (BIE)

Se tendrá en cuenta si existen BIE que cubran toda la superficie de los edificios y locales de la actividad. Se considera que una instalación de BIE (de 25 o 45 mm) protege un local si es posible dirigir el chorro de agua a cualquier punto del mismo; para ello, se comprobará que el abastecimiento de agua suministre la presión y caudal necesarios a todas las BIE y que éstas poseen todos sus elementos (básicamente: válvula, manguera y lanza).

Como referencia general, las BIE cubrirán el área correspondiente a la longitud de la manguera más 5 m de alcance del chorro.

Concepto	Puntuación	
	Sin vigilancia humana	Con vigilancia humana
Bocas de Incendio Equipadas	2	4

Hidrantes exteriores

Se tendrá en cuenta si existen hidrantes en el exterior del perímetro de los edificios que permitan cubrir cualquier punto de los cerramientos y cubiertas. Al igual que en el caso de las BIE, se considera que una instalación de hidrantes exteriores protege un edificio si se comprueba que el abastecimiento de agua suministra la presión y caudal necesarios a todos los hidrantes. Los elementos y accesorios de los hidrantes se hallarán en casetas o armarios dispuestos a tal fin (básicamente consisten en llave de maniobra, racores y bifurcaciones de conexión, mangueras y lanzas) y situados fuera del edificio protegido por los hidrantes correspondientes.

Como referencia general, la distancia entre hidrantes será como máximo igual a la longitud de las mangueras (pueden acoplarse hasta 3 tramos de 20 m) más 5 m de alcance del chorro.

Concepto	Puntuación	
	Sin vigilancia humana	Con vigilancia humana
Hidrantes exteriores	4	2

Organización de la protección contra incendios

Equipos de intervención en incendios

Se valora en este apartado la existencia de equipos de primera y segunda intervención –EPI y ESI (brigadas), respectivamente–. Para que ello se considere, deben cumplirse las siguientes condiciones:

- 1) El personal que integre estos equipos deberá recibir formación teórico-práctica periódicamente y estar nominalmente designado como integrante de dicho grupo.
- 2) Deberán existir en todos los turnos y secciones/departamentos de la empresa.
- 3) Existe material de extinción de incendios y está adecuadamente diseñado y mantenido.

Como referencia general, el número de miembros será:

- Equipos de primera intervención: 1 miembro por cada 250 m² ó de 5 a 8 miembros por cada 100 empleados.
- Equipos de segunda intervención: 1 miembro por cada 1.000 m² ó 3 miembros por cada 100 empleados.

Concepto	Puntuación
Equipos de Primera Intervención (EPI)	2

Equipos de Segunda Intervención (ESI)	4
---------------------------------------	---

No se considera en este caso mayor puntuación por existir vigilancia humana.

Planes de autoprotección y de emergencia interior

Se valorará si existe y está implantado el plan de autoprotección o de emergencia interior de la actividad de que se trate.

Como referencia general, los requisitos de un plan de autoprotección están contenidos en el «Manual de autoprotección», Ministerio del Interior, Orden Ministerial de 29 de noviembre de 1984.

Concepto	Puntuación	
	Sin vigilancia humana	Con vigilancia humana
Planes de emergencia	2	4

En el caso práctico del Anexo I puede encontrarse la aplicación de este método a una empresa ficticia.

5.5. FORMULARIO DE TOMA DE DATOS

EVALUACIÓN DEL RIESGO : MÉTODO MESERI

EMPRESA

EDIFICIO

		Coeficiente	Puntos
FACTORES DE CONSTRUCCIÓN	Nº DE PISOS DEL EDIFICIO 1 ó 2 3, 4 ó 5 6, 7, 8 ó 9 10 o más	ALTURA DEL EDIFICIO (m) < 6 entre 6 y 15 entre 15 y 28 > 28	3 2 1 0
	SUPERFICIE DEL MAYOR SECTOR DE INCENDIO (m²) <500 500 a 1.500 1.501 a 2.500 2.501 a 3.500 3.501 a 4.500 > 4.500		5 4 3 2 1 0
	RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Alta (hormigón, obra) Media (metálica protegida, madera gruesa) Baja (metálica sin proteger, madera fina)		10 5 0
	FALSOS TECHOS Sin falsos techos Con falso techo incombustible (M0) Con falso techo combustible (M4)		5 3 0

		Coeficiente	Puntos	
FACTORES DE SITUACIÓN	DISTANCIA DE LOS BOMBEROS			
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> < 5 km entre 5 y 10 km entre 10 y 15 km entre 15 y 20 km más de 20 km </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> < 5 min entre 5 y 10 min entre 10 y 15 min entre 15 y 25 min > 25 min </td> </tr> </table>	< 5 km entre 5 y 10 km entre 10 y 15 km entre 15 y 20 km más de 20 km	< 5 min entre 5 y 10 min entre 10 y 15 min entre 15 y 25 min > 25 min	10 8 6 2 0
< 5 km entre 5 y 10 km entre 10 y 15 km entre 15 y 20 km más de 20 km	< 5 min entre 5 y 10 min entre 10 y 15 min entre 15 y 25 min > 25 min			
	ACCESIBILIDAD AL EDIFICIO			
	Buena Media Mala Muy Mala	5 3 1 0		

		Coeficiente	Puntos
FACTORES DE PROCESO / ACTIVIDAD	PELIGRO DE ACTIVACION (FUENTES DE IGNICION)		
	Bajo Medio Alto	10 5 0	
	CARGA TERMICA		
	Baja (< 1.000 MJ/m ²) Moderada (entre 1.000 y 2.000 MJ/m ²) Alta (entre 2.000 y 5.000 MJ/m ²) Muy alta (> 5.000 MJ/m ²)	10 5 2 0	
	INFLAMABILIDAD DE LOS COMBUSTIBLES		
	Baja Media Alta	5 3 0	
	ALMACENAMIENTOS EN ALTURA		
	Menor de 2 m Entre 2 y 6 m Superior a 6 m	3 2 0	
	ORDEN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO		
	Alto Medio Bajo	10 5 0	

		Coeficiente	Puntos
FACTOR DE CONCENTRACIÓN DE VALORES	< 500 Euros/m ²	3	
	Entre 500 y 1.500 Euros/m ²	2	
	> 1.500 Euros/m ²	0	

		Coeficiente	Puntos
DESTRUCTIBILIDAD	POR CALOR		
	Baja	10	
	Media	5	
	Alta	0	
	POR HUMO		
	Baja	10	
	Media	5	
	Alta	0	
	POR CORROSIÓN		
	Baja	10	
	Media	5	
	Alta	0	
POR AGUA			
Baja	10		
Media	5		
Alta	0		

		Coeficiente	Puntos
FACTORES DE PROPAGABILIDAD	VERTICAL Baja Media Alta	5 3 0	
	HORIZONTAL Baja Media Alta	5 3 0	

SUBTOTAL X:

FACTORES DE PROTECCIÓN	INSTALACIONES Y EQUIPOS DE P.C.I.	CENTRAL RECEPTORA DE ALARMAS (CRA)	VIGILANCIA HUMANA		Puntos
			SIN	CON	
	DETECCIÓN AUTOMÁTICA	SIN	0	3	
	DETECCIÓN AUTOMÁTICA	CON	2	4	
	ROCIADORES AUTOMÁTICOS	SIN	5	7	
	ROCIADORES AUTOMÁTICOS	CON	6	8	
	EXTINTORES PORTATILES		1	2	
	BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS (BIE)		2	4	
	HIDRANTES EXTERIORES		2	4	
	ORGANIZACIÓN				Puntos
	EQUIPOS DE PRIMERA INTERVENCIÓN (EPI)		2		
	EQUIPOS DE SEGUNDA INTERVENCIÓN (ESI)		4		
	PLAN DE AUTOPROTECCIÓN Y EMERGENCIA		2	4	

SUBTOTAL Y:

VALOR DE RIESGO: $R = (5/129)X + (5/32)Y$

CALIFICACIÓN DEL RIESGO

VALOR DE RIESGO	CALIFICACIÓN DEL RIESGO
INFERIOR A 3	MUY MALO
3 A 5	MALO
5 A 8	BUENO
SUPERIOR A 8	MUY BUENO

6. METODOLOGÍA DEL REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES (RSCIEI)

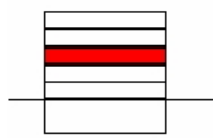
Como se ha mencionado, a partir de la entrada en vigor del RSCIEI, en España es obligatoria la presentación de un **proyecto** que justifique el cumplimiento del mismo, redactado y firmado por un técnico titulado competente.

El reglamento no tiene carácter retroactivo, lo cual supondrá diferencias muy notables en la seguridad, entre los establecimientos a los que les afecta la ley y aquellos que, por ser anteriores a la entrada en vigor de la misma, no tienen necesidad de cumplir con ningún requisito técnico. En cualquier caso, es factible que el sector asegurador español emplee la metodología aportada por el RSCIEI para evaluar industrias aún sin estar sujetas a dicho reglamento, por lo que merece la pena ahondar un poco en su filosofía.

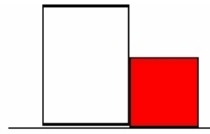
Para definir las características constructivas y los medios de protección a instalar en una industria, se emplea una clasificación de los edificios atendiendo a: la **configuración del establecimiento respecto a su entorno** (posibilidad de transmisión del incendio a otros establecimientos) y el **riesgo intrínseco** (función del tipo y cantidad de combustible presente en cada sector de incendio).

En relación con la configuración respecto a otros edificios o establecimientos colindantes los edificios se clasifican en¹:

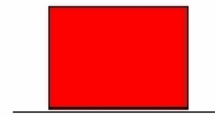
¹ La zona oscurecida se corresponde con el establecimiento analizado. Cuando la caracterización de un establecimiento no coincide exactamente con alguno de los tipos indicados, se considerará que pertenece al tipo con que mejor se pueda equiparar o asimilar justificadamente.



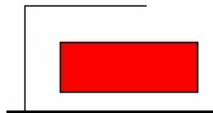
Tipo A



Tipo B



Tipo C



Tipo D



Tipo E

TIPO A: el establecimiento ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean de uso industrial o de otros usos.

TIPO B: el establecimiento ocupa totalmente un edificio adosado a otro/s, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos.

TIPO C: el establecimiento ocupa totalmente un edificio, o varios, a una distancia mayor de 3 m del edificio más próximo de otros establecimientos.

TIPO D: el establecimiento ocupa un espacio abierto, que puede tener cubierta más del 50% de la superficie ocupada.

TIPO E: el establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede tener cubierta hasta el 50% de la superficie ocupada.

La configuración más desfavorable y a la que se ponen más restricciones es la de tipo A, siendo de hecho incompatible con actividades de riesgo intrínseco alto.

El otro parámetro de clasificación, el riesgo intrínseco, se establece en función del valor de la "carga de fuego ponderada", cuyo cálculo supone la parte más laboriosa de la aplicación del método.

Una vez conocida la configuración de los edificios y el riesgo intrínseco de cada uno de los sectores del establecimiento, el reglamento establece una serie de líneas de actuación, que se concretan en:

- Restricciones a la implantación de actividades industriales en determinadas ubicaciones.
- Medidas constructivas para limitar las superficies máximas de los sectores de incendio, asegurar la resistencia y estabilidad al fuego de los distintos sectores, establecer unas condiciones de evacuación adecuadas y asegurar una correcta evacuación de humos y calor.
- Instalación de todos los sistemas de protección contra incendios necesarios.

Antes de abordar el cálculo del riesgo intrínseco conviene aclarar que, en el caso más general posible, un **establecimiento** puede estar constituido por varios **edificios** (cada uno de ellos con una posible configuración), que a su vez contienen distintos **sectores** en los cuales cada **área** puede dedicarse a una actividad diferente. El reglamento, salvo para el caso de sistemas de comunicación y alarma, establece sus exigencias a los sectores de incendio¹, no al edificio o al establecimiento, por lo que a menudo se da la circunstancia de que se requiere una determinada instalación sólo en parte del establecimiento y no en el resto.

¹ En el caso de las configuraciones tipo “D” y “E” se denominan “áreas de incendio”

6.1. CÁLCULO DE LA CARGA DE FUEGO

El cálculo del riesgo intrínseco de un establecimiento es el punto final de un proceso de análisis que comienza con el estudio de las distintas áreas de actividad presentes en los sectores de cada uno de sus edificios.

De esta forma, lo primero que debe hacer el técnico es acotar las distintas áreas diferenciadas que pueden encontrarse en el establecimiento y, como primera clasificación, discriminar si se trata de un almacenamiento o cualquier otro tipo de actividad.

En el caso de **almacenamientos**, el cálculo de la carga de fuego responde a la siguiente fórmula:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{vi} C_i h_i S_i}{A} Ra \text{ (MJ/m}^2\text{) ó (Mcal/m}^2\text{)}$$

Donde:

- q_{vi} = carga de fuego por m^3 de combustible. *TABLA 1.2 del Apéndice 1 del RSCIEI.*
- C_i = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad por combustibilidad. *TABLA 1.1 del Apéndice 1 del RSCIEI.*
- h_i = altura de almacenamiento en m.
- S_i = Superficie en planta de cada tipo de almacenamiento.
- Ra = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad por activación. Depende de cada actividad y se toma el mayor de todos ellos (siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10% de la superficie del sector). *TABLA 1.2 del Apéndice 1 del RSCIEI (Ra tiene valor 1, 1.5 o 3, según el riesgo de activación sea, respectivamente, bajo, medio o alto).*
- A = superficie construida del sector de incendio (m^2).

La Tabla 1.2 del RSCIEI contiene información de una gran variedad de procesos industriales, pero puede darse la circunstancia de que la actividad del establecimiento a estudiar no se encuentre entre ellas. En este caso, el técnico debe emplear la actividad que más se aproxime a la suya de entre las presentes en la tabla.

Para actividades de **producción**, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento¹, la fórmula a emplear es:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} S_i C_i}{A} Ra \text{ (MJ/m}^2\text{) ó (Mcal/m}^2\text{)}$$

Donde:

q_{si} = Densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente. *TABLA 1.2 del Apéndice 1 del RSCIEI.*

S_i = Superficie de cada zona de proceso diferente.

C_i y Ra como en el caso anterior.

A = superficie construida del sector de incendio (m^2).

La combinación de áreas de almacenamiento y producción en el mismo sector da lugar a la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} C_i S_i + \sum_i q_{vi} C_i h_i S_i}{A} Ra \text{ (MJ/m}^2\text{) ó (Mcal/m}^2\text{)}$$

¹ El **acopio** de materiales y productos cuyo consumo o producción es diario no se considera como almacenamiento, sino como parte integrante del proceso productivo, estando incluida su influencia en los valores medios dados por la tabla 1.2 para esa actividad.

Una vez que se ha determinado la carga de fuego del sector, éste se clasifica de acuerdo a los siguientes valores:

Cuadro 1

Nivel de riesgo intrínseco	Q _s : Densidad de carga de fuego ponderada y corregida		
	Mcal/m ²	MJ/m ²	
Bajo	1	Q _s ≤ 100	Q _s ≤ 425
	2	100 < Q _s ≤ 200	425 < Q _s ≤ 850
Medio	3	200 < Q _s ≤ 300	850 < Q _s ≤ 1.275
	4	300 < Q _s ≤ 400	1.275 < Q _s ≤ 1.700
	5	400 < Q _s ≤ 800	1.700 < Q _s ≤ 3.400
Alto	6	800 < Q _s ≤ 1.600	3.400 < Q _s ≤ 6.800
	7	1.600 < Q _s ≤ 3.200	6.800 < Q _s ≤ 13.600
	8	3.200 < Q _s	13.600 > Q _s

Siguiendo el mismo procedimiento para cada uno de los sectores de incendio del **edificio**, se calculará la densidad de carga de fuego del mismo mediante la expresión:

$$Q_e = \frac{\sum_1^i Q_{si} A_i}{\sum_1^i A_i} \text{ (MJ/m}^2\text{) ó (Mcal/m}^2\text{)}$$

Donde:

Q_e = Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del edificio industrial.

Q_{si} = Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de cada uno de los sectores de incendio que componen el edificio industrial.

A_i = Superficie construida de cada uno de los i sectores de incendio que componen el edificio industrial, en m^2 .

Con Q_e puede darse una clasificación del edificio según su riesgo (cuadro 1), aunque esto no va a determinar la adopción de ninguna medida adicional a las ya adoptadas por el riesgo de los sectores que lo componen.

En cuanto al **establecimiento**, su densidad de carga de fuego se calculará a partir de la de cada uno de sus edificios, mediante la expresión:

$$Q_E = \frac{\sum_1^i Q_{ei} A_{ei}}{\sum_1^i A_{ei}} \text{ (MJ/m}^2\text{) ó (Mcal/m}^2\text{),}$$

Donde:

Q_E = Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del establecimiento industrial.

Q_{ei} = Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de cada uno de los edificios que constituyen el establecimiento.

A_{ei} = Superficie construida de cada uno de los edificios industriales que componen el establecimiento industrial, en m^2 .

Con Q_E puede clasificarse el establecimiento según su riesgo (cuadro 1), pero tampoco esto va a influir en la adopción de medidas de protección.

Existe un método alternativo para calcular el riesgo, que resulta de utilidad únicamente cuando se conoce con exactitud el tipo de combustibles (poder calorífico) y la cantidad presente de los mismos (masa en kg). En ese caso, la fórmula a emplear se basa en sectores, no en áreas dentro de cada sector, y responde a la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{\sum_i G_i q_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) ó (Mcal/m}^2\text{)}$$

Donde:

G = masa (kg) de cada combustible (incluso materiales de construcción combustibles)

q = poder calorífico (MJ/kg ó Mcal/kg) de cada combustible (tabla 1.4) *del Apéndice 1 del RSCIEI*

C_i y R_a como en expresiones anteriores.

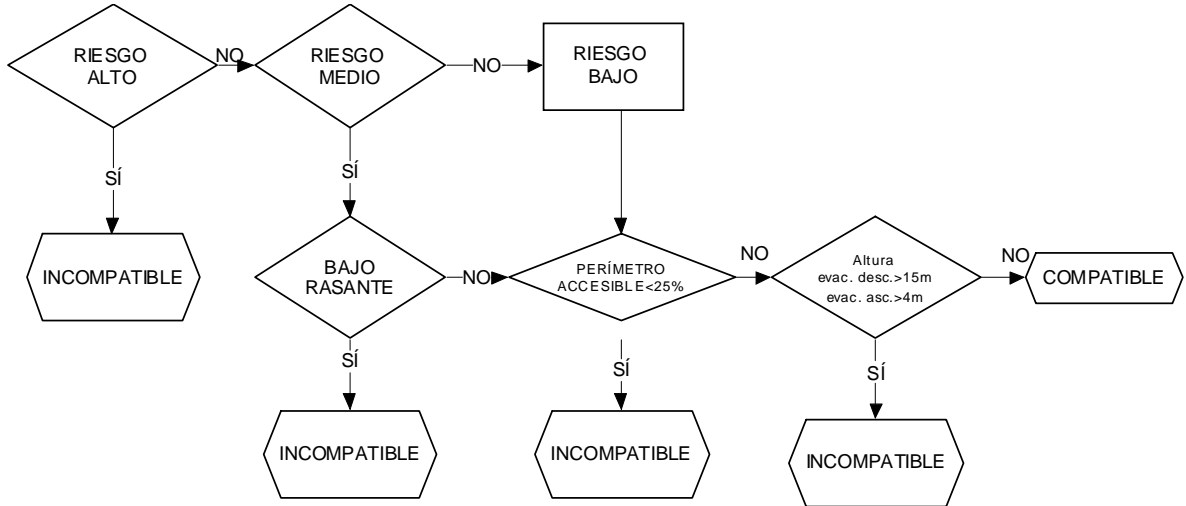
A = superficie construida del sector de incendio (m^2)

6.2. UBICACIONES INCOMPATIBLES DE SECTORES DE INCENDIO CON ACTIVIDAD INDUSTRIAL

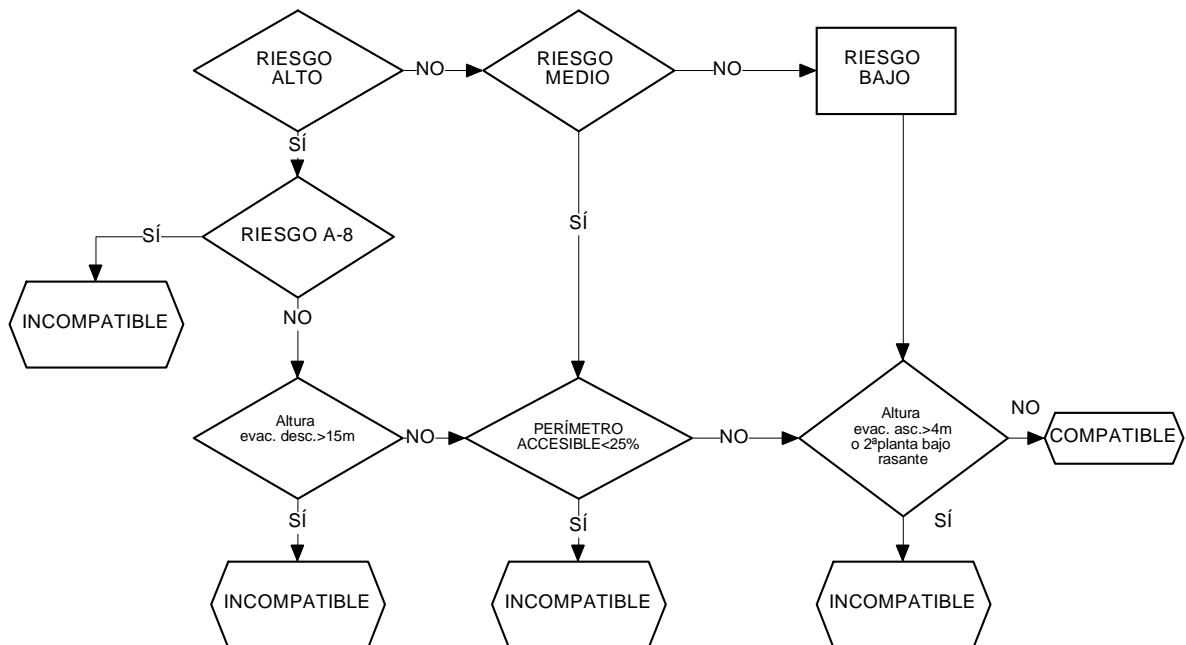
Los factores de peligrosidad considerados en el reglamento para la idoneidad de ubicación de las industrias son: situación del sector en plantas de sótano (bajo rasante), dificultad de acceso al edificio por parte de los equipos de ayuda externa y alturas de evacuación (tanto ascendentes como descendentes).

En función de dichos parámetros, los siguientes diagramas esquematizan la incompatibilidad de establecimientos:

Edificios tipo A:

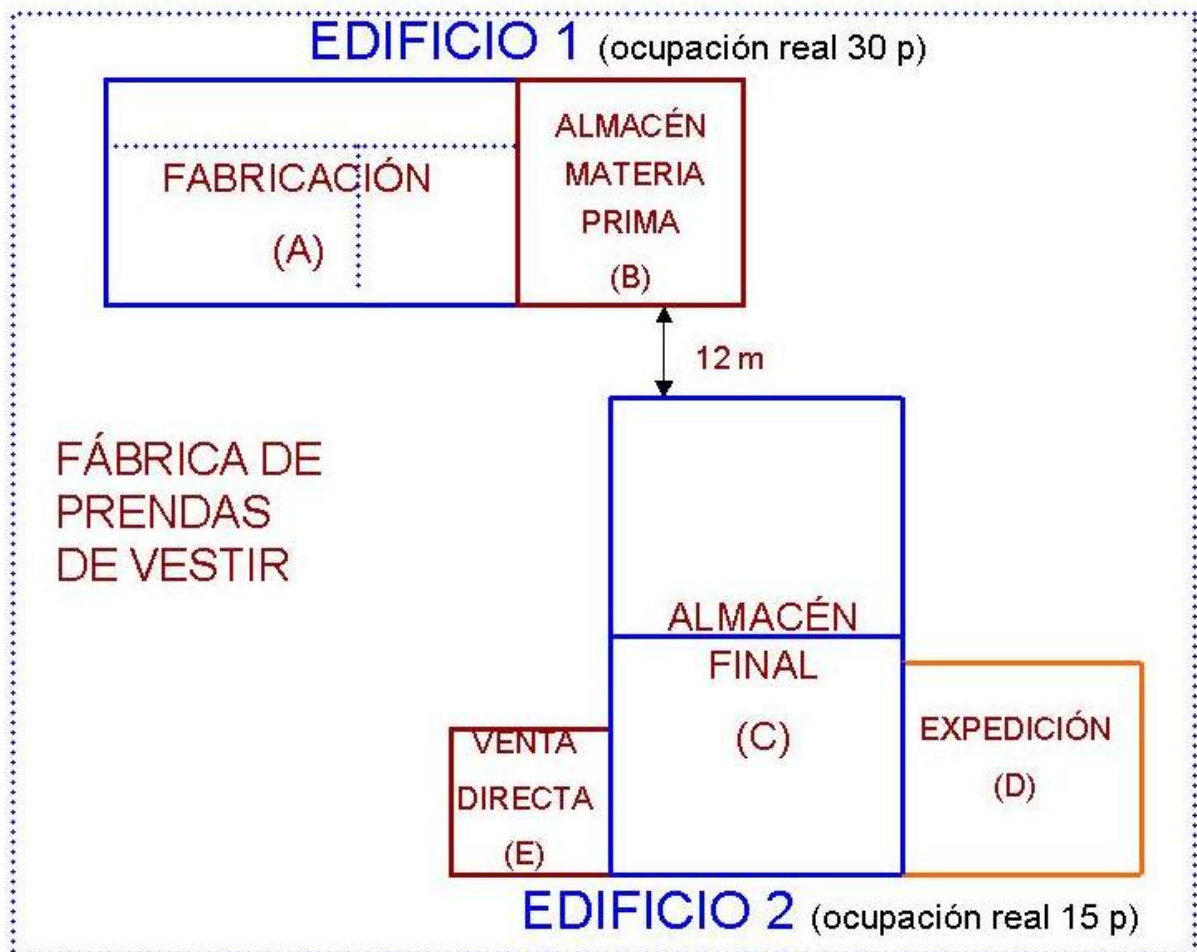


Edificios tipo B:

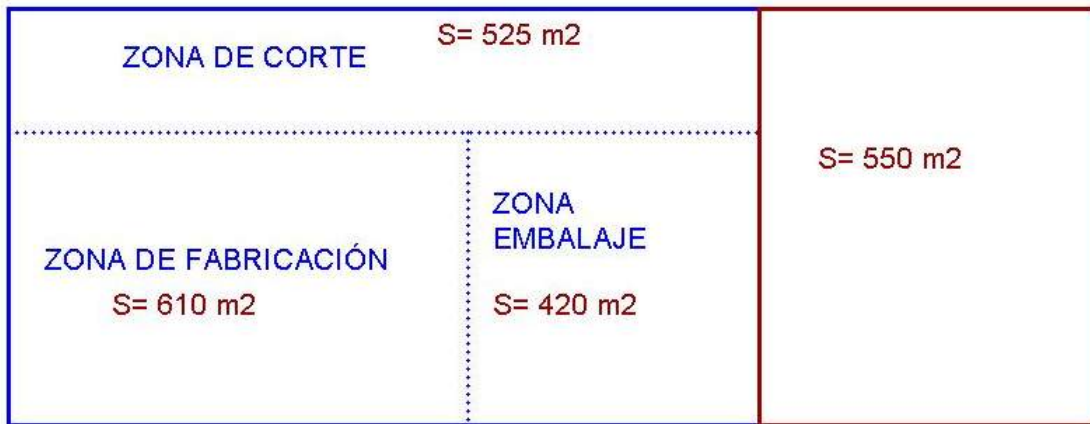


6.3. EJERCICIO PRÁCTICO DE CÁLCULO DE CARGAS DE FUEGO

A continuación se representa, esquemáticamente, un establecimiento industrial dedicado a la fabricación de prendas de vestir. Se dispone de dos edificios, uno de los cuales se dedica a la fabricación (con un almacén de materia prima) y el otro tiene como uso principal el almacenamiento de producto terminado (con sendas zonas de expedición y venta directa al público). Los edificios se encuentran divididos en varios sectores (A, B, C1, C2, D y E), alguno de los cuales se subdivide, además, en áreas de actividad.

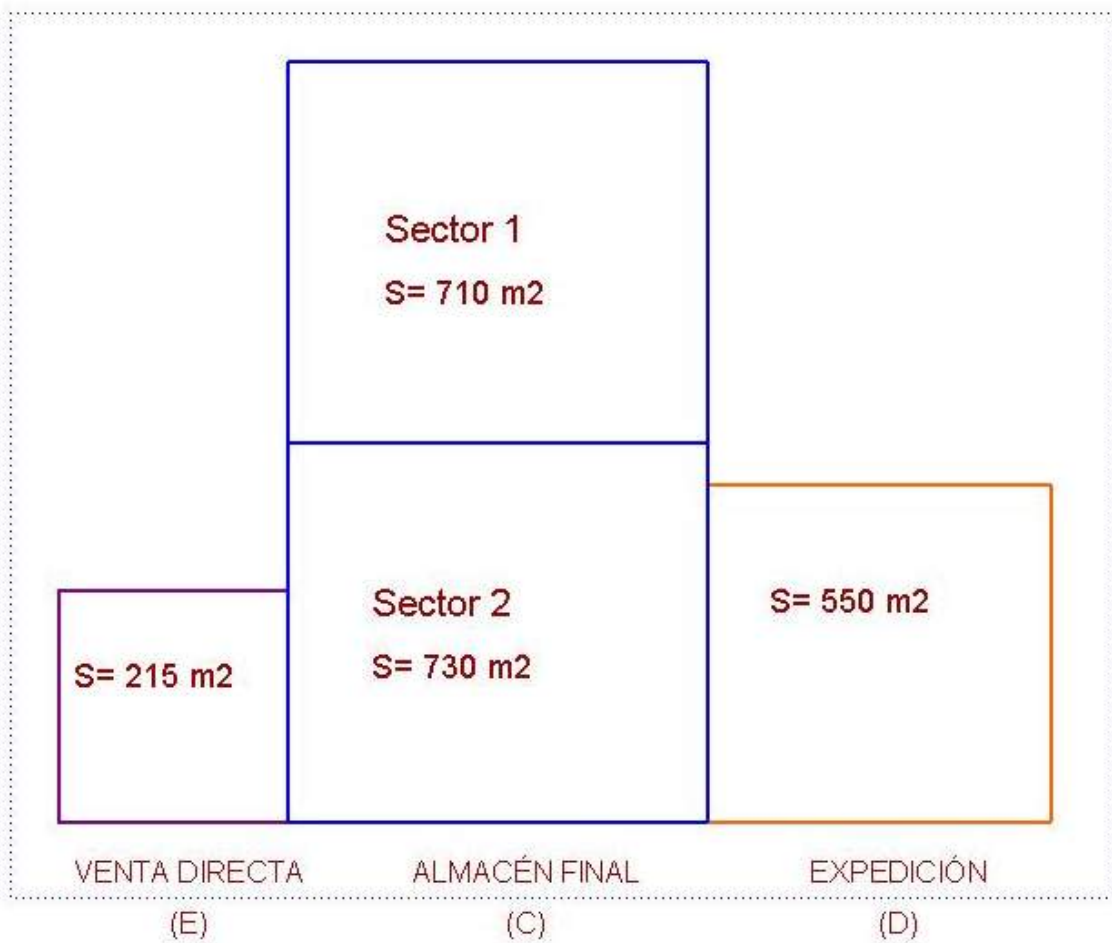


Las superficies correspondientes a cada actividad, se presentan a continuación:



FABRICACIÓN (A)

ALMACÉN MP (B)



EDIFICIO 1

Sector de incendio	Superficie m ²	Altura almacenamiento (m)
A	1.555 (total)	
Zona corte	525	-
Zona fabricación	610	-
Zona embalaje	420	-
B	550	4

EDIFICIO 2

Sector de incendio	Superficie m ²	Altura almacenamiento (m)
C Sector 1	710	4
C Sector 2	730	5
D	550	-
E	215	-

Una vez conocidas las áreas dedicadas a cada actividad, lo primero que debe acometerse es el cálculo de la carga de fuego. Como ya se explicó, pueden emplearse dos métodos.

La expresión $Q_s = \frac{\sum_i G_i q_i C_i}{A} Ra$ no resulta conveniente en este caso, por no ser fácil

la estimación de la masa en kg de cada combustible.

Así pues, se empleará el método que tiene en cuenta las actividades consideradas en su conjunto, es decir, para el **almacenamiento** se utilizará:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{v_i} C_i h_i S_i}{A} Ra \text{ (MJ/m}^2\text{) ó (Mcal/m}^2\text{)}$$

Y para el resto de actividades:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} S_i C_i}{A} Ra \text{ (MJ/m}^2\text{) ó (Mcal/m}^2\text{)}$$

La clasificación del riesgo intrínseco se hará de acuerdo con los valores:

Nivel de riesgo intrínseco	Q _s : Densidad de carga de fuego ponderada y corregida		
	Mcal/m ²	MJ/m ²	
Bajo	1	Q _s ≤ 100	Q _s ≤ 425
	2	100 < Q _s ≤ 200	425 < Q _s ≤ 850
Medio	3	200 < Q _s ≤ 300	850 < Q _s ≤ 1.275
	4	300 < Q _s ≤ 400	1.275 < Q _s ≤ 1.700
	5	400 < Q _s ≤ 800	1.700 < Q _s ≤ 3.400
Alto	6	800 < Q _s ≤ 1.600	3.400 < Q _s ≤ 6.800
	7	1.600 < Q _s ≤ 3.200	6.800 < Q _s ≤ 13.600
	8	3.200 < Q _s	13.600 > Q _s

Acudiendo a las Tablas 1.1 y 1.2, con el tipo de actividad de nuestro problema de estudio, se llega a los siguientes resultados:

EDIFICIO 1

Sector de incendio	C	Ra	q_{si} / q_{vi} (MJ/m ²)	Qs (MJ/m ²)	Nivel Riesgo
A					
Zona corte (525 m ²)	1	Medio = 1,5	500	790.5	Bajo 2
Zona fabricac. (610 m ²)	1	Medio = 1,5	500		
Zona embalaje (420 m ²)	1	Medio = 1,5	600		
B (550 m ² , h= 4m)	1	Alto = 3	1000	12.000	Alto 7

EDIFICIO 2

Sector de incendio	C	Ra	q_{si} / q_{vi} (MJ/m ²)	Qs (MJ/m ²)	Nivel Riesgo
C Sector 1 (710 m ² , h= 4 m)	1	Bajo = 1	400	1600	Medio 4
C Sector 2 (730 m ² , h= 5 m)	1	Bajo = 1	400	2000	Medio 5
D	1	Medio = 1,5	600	900	Medio 3
E	1	Medio = 1,5	600	900	Medio 3

El riesgo de cada **edificio**, responderá a:

$$Q_e = \frac{\sum_i Q_{si} A_i}{\sum_i A_i} \text{ (MJ/m}^2\text{) ó (Mcal/m}^2\text{)}, \text{ por lo que:}$$

- Edificio 1: **Q_e = 3719.4 MJ/m²**, riesgo alto (6)
- Edificio 2: **Q_e = 1489.6 MJ/m²**, riesgo medio (4)

Para finalizar, el establecimiento se clasificará de acuerdo a la expresión:

$$Q_E = \frac{\sum_i Q_{ei} A_{ei}}{\sum_i A_{ei}} \text{ (MJ/m}^2\text{) ó (Mcal/m}^2\text{)}, \text{ con lo que resulta:}$$

Establecimiento Q _E = 2578.6 MJ/m²	Riesgo Medio 5
---	-----------------------

7. BIBLIOGRAFÍA

- SI-00.03 *Concepto y medida del riesgo*. Fundación Mapfre estudios. Instituto de seguridad integral.
- SI-00.03-1 *Método de evaluación y propuesta del tratamiento de riesgos: «meptri»* Fundación Mapfre estudios. Instituto de seguridad integral.
- IN-00.41 *Evaluación del riesgo de incendio: método MESERI*. Fundación Mapfre estudios. Instituto de seguridad integral.
- *Riesgo industrial: análisis, cálculos y representación de consecuencias*. Francisco González Cubero. Luis Moneo Peco, J. A. Vílchez y Xavier Pérez-Alavedra.
- DGPC-a, *Guía técnica. Metodologías para el análisis de riesgos. Visión general*. Dirección General de Protección Civil. Ministerio de Justicia e Interior.
- DGPC-b, *Guía técnica. Métodos cualitativos para el análisis de riesgos*. Dirección General de Protección Civil. Ministerio de Justicia e Interior.
- DGPC-c, *Guía técnica. Métodos cuantitativos para el análisis de riesgos*. Dirección General de Protección Civil. Ministerio de Justicia e Interior.
- *Métodos de evaluación del riesgo de incendio, herramientas decisivas en la aplicación de las medidas de prevención y protección contra incendios de personas, bienes y actividades*. José Fuertes Peña.
- *Evaluación del riesgo de incendio. Método Gustav Purt*. VILLANUEVA MUÑOZ, J.L. Notas Técnicas de Prevención. NTP.100-1984. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- *Evaluación del riesgo de incendio. Método de cálculo*. GREENER, M. Cepreven.
- DE SMET, ERIK (2000): *Handbook for the use of this Fire Risk Assessment Method for Engineering*. Second edition, includes FRAME 2.0 for Windows.
- REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- *Guía para la aplicación del Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales*. Número 39 de la Colección de Guías Básicas de Seguridad de Mapfre Industrial.