

Metodología de valoración del riesgo potencial de los materiales con amianto instalados



Título:

Metodología de valoración del riesgo potencial de los materiales con amianto instalados

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Cristina Arrimadas Berzosa
M^ª Teresa Sánchez Cabo
Departamento de Higiene Industrial
Centro Nacional de Nuevas Tecnologías (CNNT)

Edita:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.
c/ Torrelaguna 73, 28027 Madrid
Tel. 91 363 41 00, fax 91 363 43 27
www.insst.es

Maquetación:

EVA FERRER Diseño Gráfico S.L.U.
c/ Ciudadela, 6 - Bajo B, 28290 Las Rozas (Madrid)
eva.ferrer.rodriigo@gmail.com

Edición: Madrid, noviembre 2025

NIPO (en línea): 118-25-031-8

Hipervínculos: El INSST no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo, la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte del INSST del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija.

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:

<http://cpage.mpr.gob.es>

Catálogo de publicaciones del INSST:

<http://www.insst.es/catalogo-de-publicaciones>



ÍNDICE

1. Introducción	4
2. Antecedentes.....	5
3. Objeto	6
4. Alcance	6
5. Diagnóstico de los MCA: localización, identificación y valoración de su riesgo potencial	6
6. Metodología de valoración del riesgo potencial de los MCA instalados	8
6.1. Peligrosidad del MCA.....	9
6.2. Exposición potencial de las personas a las fibras liberadas (ep)	19
6.3. Algoritmo de valoración del riesgo por exposición a las fibras procedentes de MCA instalados.....	21
6.4. Clasificación del riesgo del MCA y criterios de priorización para la retirada.....	25
7. Ejemplos prácticos para el cálculo del riesgo del MCA	26
Bibliografía	30

1. INTRODUCCIÓN

La valoración del riesgo potencial por exposición a fibras de amianto procedentes de los materiales con amianto instalados constituye un componente esencial de cualquier estrategia preventiva orientada a la protección de la salud tanto de los trabajadores como de la población general frente al riesgo por exposición a fibras de amianto. Permite identificar situaciones de riesgo, establecer prioridades de actuación y aplicar medidas de control eficaces, en cumplimiento de la normativa vigente y en coherencia con los principios de la prevención de riesgos laborales y de salud pública.

En el caso de los trabajadores, especialmente aquellos que intervienen en actividades de mantenimiento, rehabilitación, demolición o inspección de edificios y estructuras anteriores al año 2002, la identificación y evaluación del riesgo por exposición a fibras de amianto es un requisito obligatorio. Según el Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto [1], toda actividad que pueda conllevar riesgo por exposición a fibras de amianto debe partir de una evaluación inicial del riesgo, cuyo objetivo es determinar la probabilidad de liberación de fibras al ambiente y la exposición potencial de los trabajadores implicados.

No obstante, esta evaluación también tiene una dimensión fundamental en la protección de los trabajadores en cualquier entorno laboral y, además, en la población general. Aunque los materiales con amianto instalados y en buen estado no tienen por qué representar un riesgo inmediato, su deterioro progresivo o una manipulación inadecuada o accidental puede provocar la liberación de fibras al aire, generando un riesgo potencial en los lugares de trabajo. El resultado de la valoración del riesgo potencial permitirá adoptar medidas para la eliminación del material o su gestión segura, evitando exposiciones involuntarias y garantizando entornos de trabajo seguros.

Dado que no existe un nivel seguro de exposición al amianto, incluso concentraciones bajas y continuadas pueden suponer un riesgo para la salud. Por ello, la valoración del riesgo no solo cumple una función en el ámbito ocupacional, sino que también puede actuar como herramienta de gestión preventiva en entornos no laborales en combinación con otros criterios de priorización para la protección de la salud pública (fuera del alcance de este documento). Además, puede facilitar el desarrollo de políticas públicas sanitarias y medioambientales, planificando actuaciones de retirada de amianto conforme a criterios de prioridad sanitaria y ambiental, minimizando el impacto sobre los colectivos más vulnerables.

El presente documento desarrolla una metodología para la valoración del riesgo potencial por exposición a fibras de amianto derivada de la presencia de MCA en edificaciones o instalaciones, para la cual se han sido tenido en cuenta otras herramientas y metodologías ya desarrolladas por otros organismos especializados en el ámbito de la prevención de riesgos laborales, por su utilidad como referencia para definir criterios, variables y procedimientos.

Esta metodología se propone como una herramienta que complementa las obligaciones ya establecidas en el marco legal español, en particular, la Ley 31/1995 [2], el Real Decreto 396/2006 [1], y responde también al impulso europeo de eliminación progresiva del amianto, recogido en documentos como la Estrategia Europea de Salud y Seguridad en el Trabajo 2021-2027 [3] y en art.3.2 de la Directiva (UE) 2023/2668 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de noviembre de 2023 por la que se modifica la Directiva 2009/148/CE sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al amianto durante el trabajo [4]: "Para toda actividad que pueda presentar un riesgo de exposición a polvo procedente de amianto o de materiales que lo contengan, dicho riesgo se evaluará de forma que se determine la naturaleza y el grado de exposición de los trabajadores a polvo procedente de amianto o de materiales que lo contengan y que se dé prioridad a la retirada del amianto o de los materiales que lo contengan frente a otras formas de manipulación del amianto".

2. ANTECEDENTES

Un “material con amianto” (en adelante, MCA) es un material al que se le ha añadido deliberadamente amianto en su composición. Debido a las propiedades físicas y químicas del amianto, como su alta resistencia mecánica, incombustibilidad, baja conductividad eléctrica, aislamiento térmico y acústico y gran resistencia al ataque químico, entre otras, este mineral se utilizó hasta su prohibición en numerosas aplicaciones en industria, en construcción, en el sector textil, en automoción, en medios de transporte, etc. [5].

La exposición a fibras de amianto es una causa reconocida de enfermedades graves como la asbestosis, el mesotelioma pleural y diversos tipos de cáncer pulmonar, entre otras, contempladas en el cuadro de enfermedades profesionales en el Anexo I del Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social, lo que ha motivado una regulación estricta en materia de prevención de riesgos laborales. En el ámbito laboral, el marco normativo principal es el Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto [1], que recoge las obligaciones de las empresas para el desarrollo de los trabajos con amianto.

Aunque la utilización de las fibras de amianto fue prohibida en España en 2002 mediante la Orden Ministerial de 7 de diciembre de 2001, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos [6], hoy en día pueden encontrarse numerosos MCA instalados en múltiples emplazamientos como, por ejemplo, edificaciones, instalaciones industriales, vehículos, equipos u otro tipo de infraestructuras, especialmente aquellos construidos, instalados o reformados antes de esa fecha. Estos materiales permanecen en estado de conservación variable, representando un riesgo potencial si se degradan o si son manipulados sin control o accidentalmente.

Diversos países han desarrollado herramientas y metodologías para valorar el riesgo potencial asociado a los MCA instalados desde enfoques comparables, tanto legislativos como técnicos. A modo de ejemplo, en el Reino Unido existe el deber legal (“Duty to manage asbestos in buildings”) para propietarios/responsables de inmuebles de mantener un registro actualizado de los MCA, evaluando su condición, tipo, localización, facilidad de acceso y la probabilidad de alteración del material. Esta evaluación de riesgo, desarrollada por el Health and Safety Executive (HSE) incluye tanto una evaluación del material (tipo de MCA, estado de conservación, tratamiento superficial y tipo de amianto) como una prioridad de acción, para lo que tiene en cuenta, por ejemplo, la actividad normal de ocupación, probabilidad de alteración o el número de personas expuestas [7].

Actualmente, no existe en España una metodología reglamentaria para la valoración del riesgo potencial por exposición a fibras de amianto procedentes de los MCA instalados, fuera del contexto de trabajos específicos de retirada o mantenimiento. Esto genera una necesidad técnica y operativa para la adecuada gestión de la prevención de riesgos laborales con el fin de proteger a los trabajadores frente al riesgo potencial por exposición a la inhalación de fibras procedentes de los MCA instalados en sus lugares de trabajo, pero también puede resultar de interés en la gestión del patrimonio edificado, la planificación urbana o la salud ambiental, en aras de dar cumplimiento a la Disposición adicional decimocuarta de la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular [8]: “En el plazo de un año desde la entrada en vigor de la ley, los ayuntamientos elaborarán un censo de instalaciones y emplazamientos con amianto incluyendo un calendario que planifique su retirada. Tanto el censo como el calendario, que tendrán carácter público, serán remitidos a las autoridades sanitarias, medioambientales y laborales competentes de las comunidades autónomas, las cuales deberán inspeccionar para verificar, respectivamente, que se han retirado

y enviado a un gestor autorizado. Esa retirada priorizará las instalaciones y emplazamientos atendiendo a su grado de peligrosidad y exposición a la población más vulnerable. En todo caso las instalaciones o emplazamientos de carácter público con mayor riesgo deberán estar gestionadas antes de 2028”.

3. OBJETO

El objeto del presente documento es establecer una metodología para la valoración del riesgo potencial, en entornos laborales, por exposición a fibras de amianto procedentes de materiales con amianto (MCA) aún instalados en edificaciones o instalaciones, con el fin de facilitar la toma de decisiones sobre la prioridad de retirada y la adopción de medidas de control o mantenimiento preventivo, a la espera de proceder a su retirada.

4. ALCANCE

Esta metodología se aplica a entornos laborales donde existen MCA instalados que se encuentran integrados en elementos constructivos, instalaciones o equipos, y cuyo estado de conservación, ubicación y condiciones de accesibilidad podrían suponer un riesgo potencial por exposición a las fibras de amianto liberadas.

No se incluyen en el alcance de esta metodología:

- Evaluaciones ambientales mediante muestreo de aire (que deben realizarse conforme a lo establecido en el Real Decreto 396/2006).
- Evaluación de riesgo de los trabajos de retirada o manipulación de MCA, que deben ser realizados por empresas inscritas en el Registro de Empresas con Riesgo por Amianto (RERA).
- Planes de trabajo para la realización de trabajos con amianto, que deben ser aprobados por la autoridad laboral competente.

Este documento tiene un carácter técnico orientativo y su aplicación no exime del cumplimiento estricto de la normativa vigente en materia de prevención de riesgos laborales y gestión de residuos peligrosos, como tampoco exime de la normativa de protección de la salud pública en caso de que sea aplicado como complemento para la valoración de los MCA en entornos no laborales.

5. DIAGNÓSTICO DE LOS MCA: LOCALIZACIÓN, IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE SU RIESGO POTENCIAL

La gestión segura de los MCA, referida al conjunto de acciones que el empresario adopta en su empresa encaminadas a evitar y/o controlar los riesgos de exposición a fibras de amianto de los materiales que las pueden contener [5], comienza con la fase de diagnóstico.

Se entiende por “diagnóstico” las actividades de localización e identificación de MCA y la valoración del riesgo potencial que tienen de emitir fibras al ambiente [5].

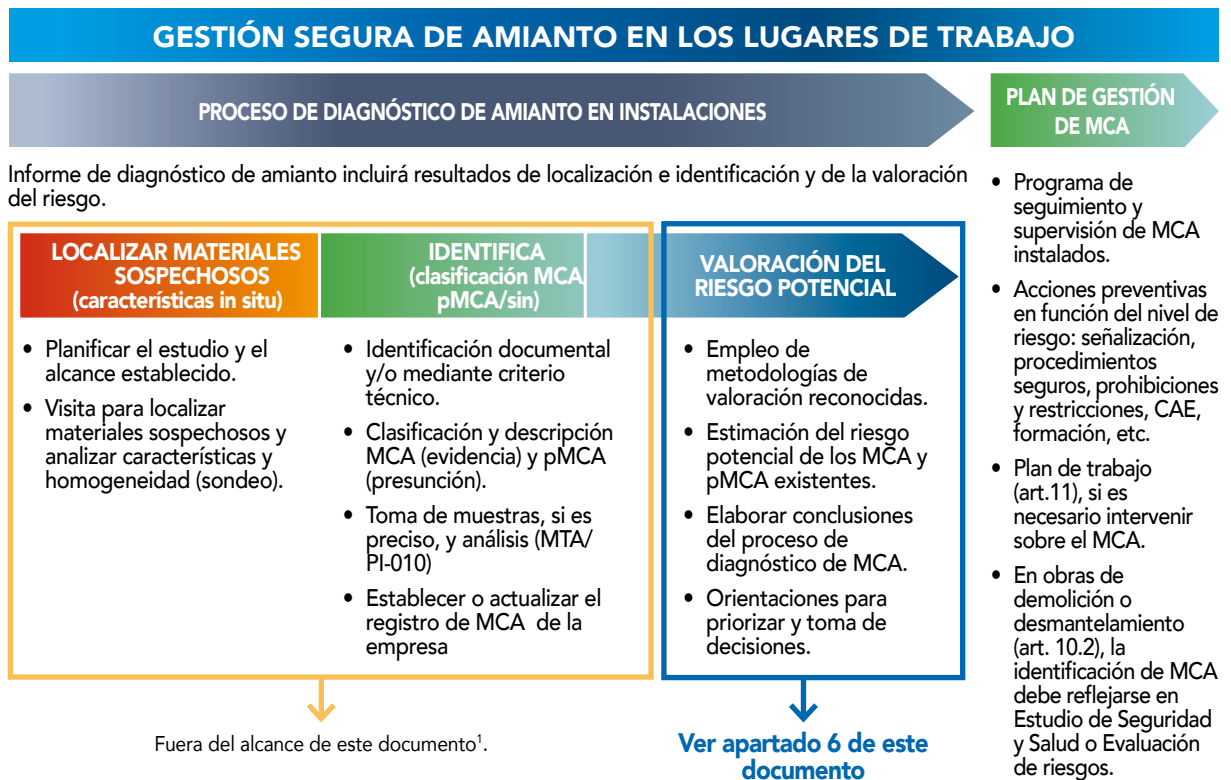
Este proceso de diagnóstico debe ser realizado por el operador cualificado, que será la figura competente para realizar las inspecciones que permitan identificar la presencia de amianto en edificios, instalaciones u otros emplazamientos. El proceso incluye estudiar las características y estado de los MCA, toma de muestras representativas de materiales sospechosos de contener amianto y su análisis en un laboratorio especializado para determinar con fiabilidad si contienen amianto o no. La información recopilada permitirá elaborar informes técnicos, mapas de localización, registro de los MCA, recomendaciones y planes de gestión de los MCA instalados en los lugares de trabajo.

Antes de comenzar con el diagnóstico, es importante realizar una evaluación de los riesgos que, para el operador cualificado, pudieran derivarse tanto de las tareas de inspección como en la toma de muestras, actividades incluidas dentro del ámbito de aplicación del Real Decreto 396/2006 [1], que deberá cumplir en su totalidad. Dicha evaluación debe estar documentada y deberá estar disponible para el personal involucrado. Los riesgos por exposición a fibras de amianto para el operador cualificado deben reducirse al mínimo que sea técnicamente posible.

La inspección, como parte del proceso de diagnóstico, tendrá como objetivo explorar los emplazamientos y examinar todos los MCA presentes, de tal forma que se pueda evaluar y gestionar el riesgo en una etapa posterior. Durante esta etapa puede ser necesaria la toma de muestras que permitan determinar mediante análisis si el material tiene amianto. Una vez localizados e identificados los MCA, a partir de la información recogida en el informe de inspección, se puede recurrir a la utilización de metodologías de valoración de su riesgo potencial para la toma de decisiones sobre la gestión segura de los MCA, priorizando y planificando las actuaciones preventivas más adecuadas (ver figura 1).

Las metodologías de valoración del riesgo con enfoque cuantitativo o semicuantitativo utilizan algoritmos matemáticos con la finalidad de asignar, de forma estructurada y sistemática, una puntuación y ordenar los resultados para establecer una prioridad de actuación, aportando como una de las principales ventajas la reducción de la subjetividad y una mayor armonización en las valoraciones.

Figura 1. Fases del proceso de diagnóstico de amianto en instalaciones o lugares de trabajo y su relevancia para la gestión segura de los MCA en la empresa (extraída de la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto [5]).



¹ Para más información, consultar el apéndice 2 de la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto [5].

6. METODOLOGÍA DE VALORACIÓN DEL RIESGO POTENCIAL DE LOS MCA INSTALADOS

La valoración del riesgo potencial del amianto instalado permite una gestión segura de los MCA presente en los entornos laborales, contribuyendo a prevenir el riesgo por exposición a fibras de amianto para aquellos trabajadores cuya actividad no está relacionada con las recogidas en el ámbito de aplicación del Real Decreto 396/2006 [1].

En este documento se adopta una metodología basada en un algoritmo que implementa un modelo aditivo. La aplicación de modelos aditivos para la valoración del riesgo por exposición a fibras de amianto ofrece una herramienta más estable y proporcional que los modelos multiplicativos, especialmente en entornos donde los datos pueden ser incompletos o cualitativos, y donde se requiere claridad para facilitar la toma de decisiones con fines preventivos.

Al optar por un modelo aditivo para el algoritmo, en lugar de un modelo multiplicativo, la metodología presenta mayor robustez frente a datos extremos, ya que todos los factores contribuyen de forma independiente, lo que evita que un único valor extremo domine el cálculo. Por otra parte, facilita la identificación de la contribución de cada variable al riesgo total y, por tanto, la toma de decisiones.

La metodología permite evaluar y clasificar de forma semicuantitativa los distintos factores de riesgo relacionados con los MCA, que se puntúan y ponderan según su contribución al riesgo total. Esto genera una puntuación numérica global que permite clasificar de forma objetiva los niveles de riesgo, facilitando la comparación entre diferentes materiales y ubicaciones y, por tanto, la toma de decisiones en entornos laborales.

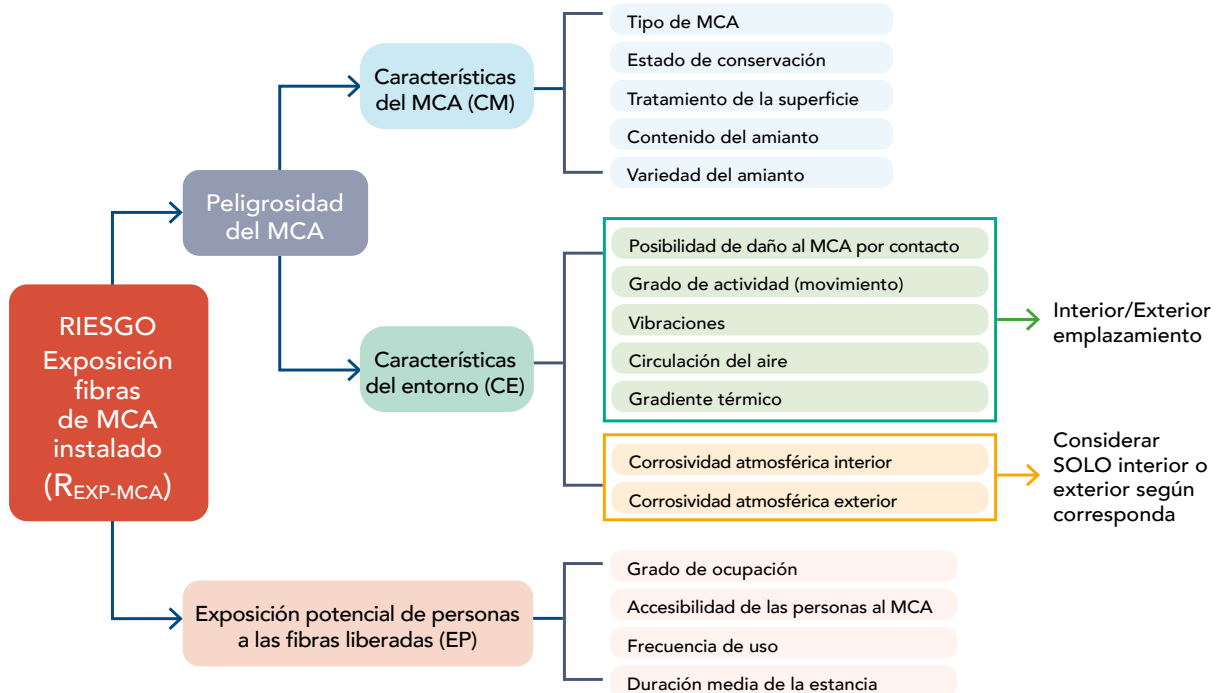
Además, tiene un enfoque preventivo al seguir el principio de precaución, ya que cuando se desconozcan o no existan datos que permitan caracterizar los factores, se les asignará la máxima puntuación de su categoría. Asimismo, cuando para alguno de los factores, la puntuación conduzca a dos niveles diferentes, se escogerá la puntuación más alta para considerar la situación más desfavorable.

Las principales ventajas de aplicar esta metodología son:

- Permite una valoración objetiva y estandarizada del riesgo, reduciendo la variabilidad entre los distintos profesionales que la apliquen.
- Facilita la cuantificación del riesgo mediante una puntuación total que combina múltiples factores críticos.
- Proporciona una base técnica para priorizar acciones de eliminación o gestión de MCA según el nivel de riesgo.
- Mejora la trazabilidad de las decisiones adoptadas, al poder documentar los factores valorados en el plan de gestión segura de amianto.
- Es adaptable a distintos tipos de edificios y ocupaciones, y puede integrarse fácilmente en sistemas de gestión preventiva.
- Puede resultar de utilidad en las fases de diagnóstico previo a obras de reforma, mantenimiento o demolición, para determinar las actuaciones prioritarias.

La valoración del riesgo potencial por exposición a las fibras procedentes de los MCA instalados comprenderá la peligrosidad del MCA debido a su condición intrínseca y a otros factores con influencia sobre su capacidad de liberación de fibras, teniendo en cuenta la posibilidad de perturbación debido a su ubicación, y la exposición potencial de las personas a las fibras liberadas (ver figura 2), lo que dará una estimación del nivel de riesgo que servirá para poder priorizar las actuaciones preventivas más adecuadas.

Figura 2. Esquema de factores que influyen en la determinación del riesgo potencial por exposición a las fibras procedentes de los MCA instalados.



La valoración de la peligrosidad del material permitirá identificar aquellos materiales que, si son alterados, liberarán fibras con mayor facilidad. No significa que, directamente, los materiales con la puntuación más alta asignada sean los materiales para los que deban priorizarse las pertinentes actuaciones, ya que, además, hay que tener en cuenta factores que influyen directamente en la probabilidad de que las personas puedan inhalar las fibras que ha liberado o libera ese MCA (exposición potencial) como: grado de ocupación, accesibilidad de las personas al MCA, frecuencia de uso y duración media de la estancia [9].

En los apartados siguientes se detallan los factores considerados en el modelo, su ponderación y el procedimiento para aplicar esta herramienta.

6.1. PELIGROSIDAD DEL MCA

La peligrosidad del MCA será el resultado de la valoración del material con amianto, que se llevará a cabo considerando de forma conjunta las características del propio MCA en el momento de su estudio y las características del entorno en el que se encuentra ubicado, que puedan aumentar la probabilidad de alteración o daño del MCA.



6.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL MCA (CM)

La emisión de fibras será más probable cuanto mayor sea el grado de friabilidad del MCA, es decir, en aquellos materiales en los que las fibras de amianto están débilmente ligadas a la matriz y, por ello, tienen mayor facilidad para desprender fibras.

La "friabilidad" se define como la capacidad que tiene un material de liberar las fibras que contiene al ambiente, aumentando cuando el material envejece, se rompe o se deteriora [5]. Para su evaluación será necesario tocar el material y observar su comportamiento, de tal forma que los materiales con amianto con mayor grado de friabilidad serán aquellos que puedan ser disgregados

o reducidos a polvo con la sola acción de la mano y los que mayor potencial de liberación de fibras tendrán. Para los de menor grado de friabilidad se necesitarán herramientas mecánicas para ser desmoronados o reducidos a polvo y, por tanto, el riesgo de liberación será menor.

No obstante, la friabilidad es una característica variable, ya que es previsible que el MCA pueda liberar fibras durante su uso o si se ve alterado por otros factores, como el envejecimiento [10]. Por ello, hay que tener en cuenta otros elementos que también influirán en la capacidad de esos materiales de liberar fibras y que, por tanto, habrá que analizarlos, de forma conjunta y no considerando cada uno por separado, para valorar su contribución a esa posible emisión de fibras al ambiente.

A continuación, se describen los factores relacionados con la liberación de fibras y otros con influencia en la peligrosidad, pero no directamente en la liberación de fibras (como variedad de amianto y contenido en amianto):

Tipo de MCA

El tipo de material influye en el potencial de liberación de fibras en el aire de tal forma que, un material en el que las fibras estén débilmente unidas a la matriz (por ejemplo, un revestimiento proyectado con amianto) tiene más probabilidades de liberar las fibras que contiene cuando se altera o perturba, que otro en el que las fibras están fuertemente unidas (por ejemplo, en el amianto-vinilo o en el amianto-cemento).

Los diferentes tipos de MCA, ordenados según la probabilidad de liberar fibras de amianto al aire, se pueden agrupar en tres bloques, asignando una puntuación a cada uno de ellos. Las características del material incluidas en la tabla 1 se refieren a las que presenta el material de partida, en el momento de fabricación, sin considerar los factores que pueden aumentar la capacidad de liberar fibras con el paso del tiempo o por la influencia de otros factores externos y que se consideran más adelante.

Tabla 1. Puntuación según el tipo de MCA [5, 7, 11, 12].

Tipo de MCA	Características intrínsecas del MCA	Probabilidad liberación fibras	Puntuación
Compuestos reforzados con amianto: amianto-cemento (placas onduladas, tanques, tejas), plásticos, baldosas vinílicas, adhesivos, masillas, resinas, betunes y asfaltos, pinturas o acabados decorativos.	El material es duro, las fibras de amianto están fuertemente ligadas a la matriz. No puede ser dañado con la mano. Se precisa una herramienta para penetrar en él. La integridad del material se mantiene.	BAJA	1
Placas prefabricadas de amianto. Cordones, hilaturas. Tejidos. Papel y cartón-amianto.	El material se puede dañar con la mano, pero con dificultad. El MCA puede resultar dañado a causa de un impacto energético. Si se frota el MCA granular, deja gránulos en la mano, pero no polvo. La integridad del material se puede alterar.	MEDIA	3
Polvo contaminado con amianto. Borra de amianto (fibras sueltas). Revestimiento proyectado con amianto o mortero. Calorifugados y empaquetaduras.	El material se fragmenta o se tritura con facilidad. Se pueden retirar trozos, pequeños o grandes de material. El material es blando (llegando en algunos casos a ser mullido y/o esponjoso) y se puede dañar con facilidad haciendo presión con la mano. El MCA granular, deja un residuo polvoriento en las manos al frotarlo, pudiendo llegar a su desintegración.	ALTA	5

Estado de conservación

El estado de conservación de un MCA tiene también una repercusión directa en su capacidad para emitir fibras al ambiente, ya que esa posibilidad aumenta cuando el material se deteriora o pierde su integridad estructural.

La extensión del daño o deterioro puede evidenciarse, por ejemplo, mediante el descascarillado o levantamiento de la superficie, erosiones, etc. También la presencia de restos en las superficies horizontales, trozos de material colgantes o arrancados, así como arañazos o grietas son indicadores de unas condiciones de conservación deficientes [9]. Para comprobar el estado de conservación se requiere una inspección visual.

Se pueden determinar tres grados (ver tabla 2) [13]:

- Mal estado, cuando cumple alguna de las características siguientes:
 - La superficie desconchada o con falta de adherencia cubre al menos el 10 % de la superficie si el deterioro está distribuido uniformemente o el 25 % si el deterioro es local.
 - Presenta manchas de agua, grietas, o perforaciones sobre al menos el 10 % de la superficie si el deterioro está distribuido uniformemente o el 25 % si el deterioro es local.
- Estado moderado, cuando la superficie desconchada, perforada, manchada de agua, agrietada, estropeada o desgastada cubre menos del 10% de la superficie si el deterioro está distribuido uniformemente o del 25% si el deterioro es local.
- Buen estado si el material no presenta deterioro ni daños visibles.

Tabla 2. Puntuación según el estado de conservación [12, 13, 14, 15].

Estado de conservación	Descripción	Puntuación
Buen estado	Material intacto, sin grietas ni desprendimientos y no presenta deterioro ni daños visibles. Tampoco se aprecia polvo ni restos de material.	0
Estado moderado	Marcas superficiales. Algunas rayaduras, o bordes rotos en placas, baldosas, etc. Roturas significativas o varias zonas pequeñas donde el material está dañado y se ven fibras de amianto sueltas. La superficie dañada cubre menos del 10 % de la superficie si el deterioro está distribuido uniformemente o del 25 % si el deterioro es local.	2
Mal estado	Presencia visible de escombros con amianto. Material altamente deteriorado, deslaminado, superficie desconchada, manchas de agua o grietas. Los daños cubren al menos el 10 % de la superficie si el deterioro está distribuido uniformemente o el 25 % si el deterioro es local.	5

Tratamiento de la superficie

La estructura superficial del material influye directamente en la probabilidad de liberación de fibras de amianto al ambiente en función de la facilidad con la que las fibras pueden desprenderse por acciones mecánicas, vibraciones, flujos de aire o deterioro natural (ver tabla 3).

Tabla 3. Puntuación según el tratamiento de la superficie [11, 16].

Tratamiento de la superficie	Descripción	Puntuación
Recubrimiento denso	Materiales compuestos que contienen amianto: plásticos reforzados, resinas, baldosas de vinilo.	0
Estructura rígida sin o con un recubrimiento de densidad insuficiente	Revestimientos proyectados y recubrimientos encapsulados o confinados. Placas aislantes de amianto (con la cara expuesta pintada o encapsulada), placas de amianto-cemento.	1
	Panel/placa aislante de amianto sin recubrimiento/sellado. Revestimientos aislantes y proyectados encapsulados.	2
Fibras sueltas	Sin tratamiento.	3
	Revestimiento sin sellar y amianto proyectado.	

Contenido en amianto

Cuanto mayor sea el porcentaje de amianto en el material, mayor será el número de fibras que se pueden liberar si se alteran o degradan.

En caso de que el material presente una mezcla de distintas variedades de amianto, se sumarán los porcentajes de cada una para obtener el contenido total de amianto en el material (ver tabla 4).

Si, a partir de los ejemplos incluidos en la tabla 4 u otras fuentes fiables de información (por ejemplo, la ficha técnica del producto), no es posible estimar el contenido, se puede recurrir a métodos analíticos o seguir principio de precaución y asignar la máxima puntuación.

Tabla 4. Puntuación según el contenido en amianto [10, 11].

Contenido en amianto (% p/p)	Ejemplos	Puntuación
Menos del 1 %	Fundamentalmente utilizado como aditivo o refuerzo en pequeñas proporciones. El contenido puede ser residual, accidental o intencionado, pero disperso en una matriz densa o encapsulada.	1
Del 1 % al 50 %	Revestimientos texturizados utilizados en paredes y techos, con aspecto de cemento, tableros aislantes (del 20 % al 45 %), fibrocemento (del 10 al 15 %, pero a veces hasta el 40 %), materiales para pavimentos, revestimientos y pinturas texturizadas, masillas, sellantes y adhesivos, plásticos reforzados, etc.	3
Más del 50 %	Los materiales más frecuentes, que suelen contener más del 50 % de amianto, son revestimientos de tuberías y calderas (del 55 % al 100 % de contenido en amianto, mezclado con yeso, cemento o aglutinantes), el aislamiento pulverizado, revestimientos proyectados (hasta 85 %), rellenos de fibras sueltas (a granel, sin aglutinante, con contenido casi del 100 % de amianto), cordones, hilaturas, cartón duro, papel y productos de papel.	5

Variedad de amianto

Las variedades de amianto se clasifican en dos grandes grupos mineralógicos según su estructura cristalina (ver tabla 5):

- Serpentinias, que presentan una estructura fibrosa, en capas o láminas enrolladas. La variedad principal es el crisotilo (amianto blanco), la más comúnmente utilizada, que presenta fibras flexibles y curvadas y es menos biopersistente que otras variedades.
- Anfíboles, con estructura también fibrosa, de formas rectas y en aguja. Las variedades más comunes son amosita (amianto marrón) y crocidolita (amianto azul), siendo esta última la más peligrosa por su biopersistencia y la morfología de sus fibras. Además, en este grupo también se clasifican la tremolita, actinolita y antofilita, que suelen presentarse como trazas o contaminación de otros minerales.

Tabla 5. Puntuación según la variedad de amianto.

VARIEDAD DE AMIANTO	PUNTUACIÓN
Crisotilo (amianto blanco)	1
Amosita (amianto marrón) Otros anfíboles (excepto crocidolita) Mezclas de variedades sin crocidolita	2
Crocidolita (amianto azul)	3

6.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO (CE)

Los MCA pueden verse afectados por las características del entorno en donde se encuentran situados, influyendo en su capacidad de liberación de fibras al ambiente.

Para MCA situados en el interior de instalaciones, existen diversos factores que determinan la probabilidad de liberar fibras de amianto en el ambiente interior. Entre los más relevantes se encuentran: su ubicación, uso y actividad de la instalación, que pueden afectar a la accesibilidad y mayor riesgo de alterar los MCA; estado de la edificación; movimiento y frecuencia del intercambio de aire [9] y vibraciones asociadas al uso o la propia edificación.

En el caso de los MCA localizados en el exterior, su liberación también puede proceder de la erosión causada por factores ambientales o por la contracción y dilatación térmica (en el caso de materiales utilizados en la industria de alta temperatura) [9]. Asimismo, podrá existir un mayor riesgo de deterioro en ambientes con mayor corrosividad atmosférica, tales como entornos industriales, costeros o sujetos a contaminación urbana [13].

En cualquier caso, tanto para los MCA situados en el interior como en el exterior de edificios o instalaciones, se deberá tener en cuenta además el riesgo sísmico en función de la localización según mapas de peligrosidad sísmica establecidos en normativa de referencia [17].

Se indican a continuación los criterios recomendados para la categorización del riesgo de los factores anteriormente expuestos, así como los valores numéricos (puntuación) con los que contribuirán en el algoritmo para la determinación del riesgo potencial de los MCA.

6.1.2.1. MCA situados en el interior de instalaciones

Posibilidad de que el MCA sea dañado por contacto

Hace referencia a la vulnerabilidad del MCA, entendiéndose como la posibilidad de que sea dañado de forma accidental o intencionada.

Un MCA podrá ser alcanzado y, por tanto, sufrir alteración o daño, ya sea por las personas usuarias del lugar donde se encuentra ubicado o instalado, por personal de limpieza o de mantenimiento durante el transcurso de sus actividades habituales, directamente o por el alcance de objetos utilizados en la zona. Por tanto, la posibilidad de contacto será mayor cuanto más accesible se encuentre el MCA y sea susceptible a contactos y daños accidentales (en zona de paso, en columnas de aparcamientos, etc.) o intencionados (por ejemplo, en instalaciones en falso techo). Cuanto mayor sea la alteración o el daño, mayor probabilidad habrá de liberación de fibras y, por tanto, aumentará el riesgo por inhalación de fibras. La posibilidad de contacto también puede determinarse si se observan, por ejemplo, marcas de impactos, arañazos, muescas u otro tipo de signos en la superficie del material [10].

Cuando un MCA se encuentra próximo a sistemas de calefacción, ventilación, iluminación, fontanería o cualquier otro que precise mantenimiento o reparaciones, aumentará la accesibilidad al mismo, teniendo mayor influencia este factor cuanto mayor sea el grado de friabilidad del material.

Por tanto, a mayor posibilidad de contacto, mayor probabilidad de que el material sea dañado o alterado, especialmente si es friable o está degradado.

Este factor comprende tres niveles (ver tabla 6):

Tabla 6. Puntuación según la posibilidad de que el MCA sea dañado por contacto [9, 10].

Nivel	Descripción	Puntuación
Sin posibilidad de contacto	No es posible establecer contacto directo con el MCA por parte de personas trabajadoras o usuarias del edificio, por estar bajo conductos o ubicados en falso techo estanco, en cavidades cerradas, tras paredes o en zonas confinadas. La protección física es total y no hay contacto posible sin desmontaje.	0
Posibilidad de contacto baja/media	El contacto con el MCA puede producirse durante operaciones extraordinarias de mantenimiento y reparaciones (realizadas con frecuencia menor a una vez al mes [16]), siendo únicamente accesible por el personal autorizado encargado de las mismas. MCA ubicados, por ejemplo, en sótanos, cuartos de calderas o almacenes.	1
Posibilidad de contacto alta	Elevada probabilidad de interactuar con el MCA, a causa del mantenimiento ordinario, actividades habituales o presencia en zonas de paso frecuente.	3

Grado de actividad en las inmediaciones del MCA

Este factor considera el movimiento generado por las actividades de las personas presentes en la zona. El grado de actividad y movimiento en los alrededores del MCA puede influir tanto en el riesgo de alteración del material como en el nivel de resuspensión de las fibras previamente liberadas.

Para describir adecuadamente el nivel de actividad, resulta útil identificar el uso o propósito del área, así como estimar la cantidad de personas que acceden a ella en una jornada de actividad habitual (ver tabla 7).

Tabla 7. Puntuación según el grado de actividad [9,10].

Nivel	Descripción	Puntuación
Sin actividad	Instalaciones sin actividad ni presencia de personas.	0
Actividad baja	Se incluyen las localizaciones con presencia de personas donde las actividades habituales sean de tipo sedentario.	1
Actividad Moderada	Se realizan actividades que implican circulación por la zona de localización del MCA. Se incluyen áreas tales como zonas de paso, aulas u otras localizaciones en las que exista una actividad moderada.	2
Alta actividad	Se incluyen las localizaciones en donde se realizan acciones mecánicas directas (intervenciones de mantenimiento, demolición, etc.), así como aquellos situados en emplazamientos donde se realizan actividades de alta intensidad (por ejemplo, centros deportivos, etc.)	3

Vibraciones

Los MCA instalados en emplazamientos sujetos a vibraciones serán más susceptibles a la liberación de fibras. Dentro de las diferentes fuentes de generación de vibraciones, deberá tenerse en cuenta entre otros, la posible existencia de maquinaria cercana, carreteras contiguas, altos niveles de ruido o sismos.

Asimismo, se ha de considerar el comportamiento estructural del propio edificio donde se encuentre el MCA. En construcciones poco robustas o resistentes, y susceptibles a vibraciones [14], existe un mayor riesgo de degradación de los MCA que vibran junto con la construcción, provocando una mayor liberación de fibras en su interior, incluso en el caso de MCA no friables (ver tabla 8) [9].

Tabla 8. Puntuación según el nivel de vibración [17].

Nivel	Descripción	Puntuación
Sin vibración	En las inmediaciones del MCA no se identifican fuentes de vibración ni niveles elevados de ruido. Además, el emplazamiento no se encuentra localizado en una zona de alta peligrosidad sísmica.	0
Vibraciones esporádicas, no habituales	Se incluyen aquellas instalaciones que dado su emplazamiento o en base a su actividad, se encuentran sometidos de manera puntual a niveles significativos de vibraciones o ruido. Se contemplan también los emplazamientos situados en zonas de mayor peligrosidad sísmica.	1
Vibraciones frecuentes o continuas	Se incluyen construcciones poco robustas o resistentes, susceptibles a vibraciones. Se incluyen, además, aquellas instalaciones que, debido a su ubicación o a la naturaleza de su actividad, están habitualmente expuestas a niveles significativos de vibraciones o ruido. Ejemplos de este tipo de espacios incluyen salas de máquinas, auditorios o instalaciones situadas junto a vías principales de circulación, entre otros.	2

Circulación del aire

Aunque la circulación del aire no suele representar un riesgo inmediato, sobre todo si el MCA está encapsulado o no presenta alteraciones, es importante tenerlo en cuenta en el algoritmo de valoración del riesgo, ya que, por ejemplo, corrientes de aire fuertes o mal dirigidas podrían aumentar el desgaste superficial a largo plazo, especialmente si hay vibraciones o partículas en el aire y contribuir además a la dispersión de las fibras liberadas.

En espacios interiores, la presencia de corrientes de aire incrementa el riesgo de que las fibras de amianto permanezcan en suspensión durante más tiempo (ver tabla 9).

Tabla 9. Puntuación según el grado de exposición a la circulación del aire [13].

Nivel	Descripción	Puntuación
Grado de exposición débil del MCA a la circulación del aire.	No existen aberturas ni sistema de ventilación específico.	1
Grado de exposición medio del MCA a la circulación del aire.	Existe un sistema de ventilación por impulsión de aire dentro del emplazamiento interior pero la orientación de las rejillas de aire es tal que no afecta directamente al MCA.	2
Grado de exposición alto del MCA a la circulación del aire.	Existe un sistema de ventilación por impulsión de aire y la orientación de las rejillas de aire es tal que afecta directamente al MCA.	3
	No existe un sistema específico de ventilación, el área se ventila a través de las ventanas.	
	Presentan una o varias fachadas abiertas al exterior susceptibles de crear fuertes corrientes de aire.	
	MCA situados en el exterior.	

Gradiente térmico

Los gradientes térmicos debidos a las condiciones del proceso en el que se encuentre involucrado el MCA, o en sus proximidades, pueden conllevar dilataciones y contracciones térmicas, que pueden provocar riesgo de fisuración o fracturas, desprendimiento de capas superficiales, así como la separación de los componentes al degradarse el aglutinante y favorecer entonces la liberación de fibras.

La exposición continua a ciclos térmicos (por ejemplo, encendido/apagado de sistemas de calefacción) hace que se debilite la estructura interna de los materiales, acelerando su envejecimiento, su degradación y volviéndolo más frágil y, por tanto, aumentando la probabilidad de liberación de fibras al ambiente (ver tabla 10).

Tabla 10. Puntuación según el gradiente térmico.

Nivel	Descripción	Puntuación
Gradiente térmico muy bajo o inexistente	Variaciones de temperatura inexistentes o leves que no generan dilatación suficiente para causar microfisuración o pérdida de cohesión. Se incluyen, con carácter no exhaustivo, las instalaciones en condiciones de operación estables y no sometidos a paradas frecuentes de la instalación.	0
Gradientes térmicos moderados	Variaciones térmicas moderadas que pueden inducir a un incremento de tensiones internas en el material y mayor riesgo de microfisuras. Se incluyen, con carácter no exhaustivo, las instalaciones con cambios frecuentes en las condiciones de operación, o bien sometidas a paradas (programadas o no programadas) de frecuencia moderada.	1
Gradientes térmicos altos	Altas variaciones térmicas que conllevan riesgo significativo de fisuración y destrucción del aglutinante. Se incluyen, con carácter no exhaustivo, las instalaciones con procesos discontinuos (también denominados "batch") con variaciones notables de temperatura, o las sometidas a cargas cíclicas significativas.	2
Gradientes térmicos muy elevados	Muy altas variaciones de temperatura que conllevan alto riesgo de fractura y degradación del aglomerante. Se incluyen, con carácter no exhaustivo, las instalaciones sometidas a servicios cíclicos severos.	3

Corrosividad atmosférica interior

La presencia de humedad, condensación y contaminantes químicos en los ambientes interiores pueden acelerar la corrosión de los MCA y favorecer la liberación de fibras de amianto (ver tabla 11).

Tabla 11. Puntuación de la corrosión atmosférica interior [18].

Nivel	Descripción	Puntuación
Bajo	Se incluyen los edificios acondicionados con atmósferas limpias. Ejemplos: oficinas, tiendas, escuelas, hoteles, etc.	0
Moderado	Edificios sin acondicionamiento, que no disponen de sistemas activos para regular las condiciones ambientales interiores, donde pueden darse condensaciones frecuentes, oscilaciones térmicas intensas o ambiente húmedo. Ejemplos: polideportivos, naves industriales antiguas, edificios agrícolas o ganaderos, garajes, depósitos, almacenes, etc.	1
Alto	Áreas de producción con humedad elevada y con cierta contaminación. Ejemplos: plantas de procesamiento de alimentos, tintorerías, destiladoras empresas lácteas, etc.	2
Muy alto	Edificios o áreas con condensación casi permanente y con elevada contaminación. Áreas industriales con humedad extrema y atmósfera agresiva. Ejemplos: piscinas cubiertas, plantas químicas, astilleros, invernaderos, salas de refrigeración, túneles subterráneos, etc.	3

6.1.2.2. MCA situados en el exterior

Las condiciones ambientales pueden tener un impacto significativo en la degradación de los materiales.

Los procesos de envejecimiento de los materiales con amianto instalados en espacios exteriores juegan un papel más importante que en aquellos que permanecen en el interior, siendo los primeros más vulnerables a las condiciones cambiantes y dañinas [15]. La exposición continua a la radiación solar ultravioleta (UV) puede degradar la matriz del material y provocar el agrietamiento y pérdida de cohesión de materiales con amianto como, por ejemplo, cubiertas, revestimientos, sellantes o resinas.



Otros factores ambientales como la lluvia, el hielo, la humedad, los cambios térmicos o la erosión eólica, la presencia de musgos y líquenes, así como la lluvia ácida consecuencia de la contaminación atmosférica, pueden destruir el aglutinante que mantiene las fibras de amianto adheridas formando el producto [9].

En el caso de cubiertas de fibrocemento, la exposición continuada al agua de lluvia favorece la disolución y el arrastre de sales solubles, en especial del hidróxido de calcio, que se genera durante la hidratación del cemento. Esta lixiviación conduce a incrementar la porosidad y desestructurar la matriz cementante, acelerando así su degradación [19, 20].

Por otro lado, el CO₂ atmosférico reacciona con el hidróxido de calcio presente en la matriz cementosa, dando lugar a la formación de carbonato de calcio. Este último, aunque menos soluble que el hidróxido de calcio, tiene un mayor volumen específico, lo que puede inducir tensiones internas y formación de microfisuras. La reacción genera además agua, favoreciendo el proceso de deterioro [20].

Todos estos factores no solo degradan el material, sino que incrementan la probabilidad de liberación de fibras al ambiente, sobre todo si hay vibraciones, impactos o mantenimiento no controlado en esos materiales ya debilitados.

Por tanto, cuando proceda, deberán también tenerse en cuenta y considerarse, adicionalmente, a los factores indicados anteriormente para los MCA situados en el interior de instalaciones. La influencia de estos factores podrá evaluarse a través de la corrosividad atmosférica exterior, que sustituirá a la corrosividad atmosférica interior, señalada anteriormente.

Corrosividad atmosférica exterior

La corrosividad atmosférica exterior es la capacidad del ambiente exterior de provocar degradación química o física en los materiales expuestos, en este caso, MCA como, por ejemplo, amianto-cemento. De forma general, se evalúa principalmente en función de parámetros o condiciones como la humedad relativa, la temperatura media y ciclos térmicos, la presencia de contaminantes agresivos (dióxido de azufre, cloruros, óxidos de nitrógeno), la radiación solar UV, la condensación o niebla frecuente o la salinidad (ambiente marino o costero).

La presencia de atmósferas agresivas puede incrementar la degradación de los MCA, haciéndolos más susceptibles a la rotura y liberación de fibras (ver tabla 12) [11].

Una atmósfera agresiva es aquella en la que se dan condiciones para dañar los materiales, como, por ejemplo:

- Humedad constante o elevada (superior al 70–80 % humedad relativa).
- Presencia de contaminantes industriales (dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, cloruros, ozono o partículas finas).
- Ambiente marino o salino (cloruros del aire costero).
- Oscilaciones térmicas extremas (entre el día y la noche o entre estaciones). Heladas o ciclos de congelación/descongelación (microfracturas internas).
- Lluvia ácida (en zonas industriales activas o abandonadas).

Tabla 12. Puntuación según la corrosión atmosférica exterior [18].

Nivel	Descripción	Puntuación
Bajo	Atmósfera con un nivel de contaminación bajo (por ejemplo: entornos rurales).	1
Moderado	Atmósfera urbana e industrial con un nivel de contaminación moderada de dióxido de azufre; Zonas litorales con baja salinidad.	2
Alto	Zonas industriales y litorales con una salinidad moderada.	3
Muy alto	Zonas industriales y litorales con un grado de humedad alto y atmósfera agresiva. Zonas litorales con alta salinidad. Emplazamientos con condensación permanente y un alto grado de contaminación (por ejemplo, naves o instalaciones en zonas portuarias).	5

6.2. EXPOSICIÓN POTENCIAL DE LAS PERSONAS A LAS FIBRAS LIBERADAS (EP)

Para que exista un riesgo para la salud es necesario que las fibras de amianto liberadas puedan entrar en contacto con una persona por vía inhalatoria. Es lo que se define como exposición potencial de las personas a las fibras, que se verá afectada por factores como el grado de ocupación, grado de accesibilidad al MCA, así como la frecuencia y tiempo de uso o mantenimiento del emplazamiento con MCA.

6.2.1. GRADO DE OCUPACIÓN

El grado de ocupación de un emplazamiento con MCA deberá considerarse ya que, evidentemente, a mayor grado de ocupación, mayor será la probabilidad de que pueda haber personas expuestas. El nivel de resuspensión de las fibras liberadas se verá incrementado por una mayor actividad derivada de la presencia de personas, siendo por tanto mayor cuanto más alto sea el grado de ocupación [21, 22].

Por tanto, se evaluará el nivel de ocupación o número de personas que habitualmente ocupan el emplazamiento específico donde se encuentra situado el MCA, y con independencia de la actividad del resto de la instalación donde no haya presencia de MCA (ver tabla 13).

Tabla 13. Puntuación según el grado de ocupación [7,23].

Nivel	Grado de ocupación	Puntuación
Despreciable	No hay ocupación de personas	0
Bajo	1-3	1
Moderado	4-10	2
Alto	11- 50	3
Muy alto	Más de 50 personas	4

6.2.2. ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS AL MCA

El material se considerará accesible si puede ser alcanzado por las personas ya sea directamente o por otros medios que pudieran ser manipulados o empleados como, por ejemplo, una escalera (ver tabla 14), lo que influirá en la exposición potencial.

Tabla 14. Puntuación según la accesibilidad de las personas al MCA [16, 23].

Nivel	Accesibilidad de las personas al MCA	Puntuación
Muy bajo	Inaccesible en el uso cotidiano de la instalación.	0
Bajo	Difícilmente accesible en el uso cotidiano de la instalación. Se incluyen aquellos situados a una altura superior a 2,2 m, en techos, paredes o conductos visibles, pero no fácilmente alcanzables (altura media, o detrás de mobiliario).	1
Moderado	Posibilidad moderada de interacción con el MCA. Se incluyen aquellos situados a una altura igual o inferior a 2,2 m y los ubicados en los sistemas de ventilación.	2
Alto	Fácilmente accesible en el uso cotidiano de la instalación.	3

6.2.3. FRECUENCIA DE USO DEL EMPLAZAMIENTO CON MCA

Se valorará la frecuencia de uso del emplazamiento específico donde se encuentra situado el MCA por parte de las personas trabajadoras (ver tabla 15).

Por ejemplo, en un edificio donde se haya identificado únicamente MCA en la sala de calderas, la frecuencia de uso se entenderá exclusivamente referida a esa estancia concreta y no al conjunto del edificio.

Tabla 15. Puntuación según la frecuencia de uso [12].

Nivel	Frecuencia de uso	Puntuación
Muy bajo	Esporádica	0
Bajo	Mensual	1
Moderado	Semanal	2
Alto	Diaria	3

6.2.4. DURACIÓN MEDIA DE LA ESTANCIA POR USO O MANTENIMIENTO

Se valorará la duración media de la permanencia en el lugar de trabajo, ya sea por su uso o por la realización de actividades de mantenimiento en el área donde se encuentra identificado el MCA (ver tabla 16).

Tabla 16. Puntuación según la duración media de la estancia [12].

Nivel	Duración media de estancia (uso o mantenimiento)	Puntuación
Muy bajo	< 1 hora	0
Bajo	Entre 1 y 3 horas	1
Moderado	Entre más de 3 h y menos de 6 h	2
Alto	Más de 6 h	3

6.3. ALGORITMO DE VALORACIÓN DEL RIESGO POR EXPOSICIÓN A LAS FIBRAS PROCEDENTES DE MCA INSTALADOS

La metodología de valoración del riesgo potencial que se recoge en este documento se basa en un sistema numérico simple basado en un algoritmo de modelo aditivo, que ofrece una evaluación sistemática y objetiva que permita priorizar las actuaciones sobre los MCA.

Para ello, a partir de las puntuaciones de los distintos factores indicados con anterioridad y considerando la aportación de cada uno de ellos a la contribución total, se establecen unos coeficientes de ponderación asociados a cada factor. Cada factor es valorado con un peso porcentual según su contribución al riesgo total, y se combinan para obtener una puntuación global que determina el nivel de riesgo asociado al MCA.

Considerando que las características del material junto a las del entorno (peligrosidad del MCA) y la exposición potencial de las personas influyen de igual manera en la estimación del riesgo del MCA instalado, se puede establecer la siguiente fórmula empírica para su cálculo:

$$R_{EXP-MCA} = (0,4 \times CM) + (0,1 \times CE) + (0,5 \times EP)$$

Siendo:

$R_{EXP-MCA}$ el nivel de riesgo (individual) del MCA,

CM las características del MCA,

CE las características del entorno y

EP la exposición potencial de las personas a las fibras liberadas.

A. CÁLCULO DE LA PUNTUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL (CM)

En relación con los factores indicados en el apartado 3.1.1, según su grado de influencia y contribución en la peligrosidad del material (peso relativo), se establecen los siguientes coeficientes de ponderación (ver tabla 17):

Tabla 17. Factores y coeficientes de ponderación para el cálculo de la puntuación de las características del material.

Factor	Justificación	Peso relativo	Coefficiente de ponderación (C.P.)
Tipo de MCA	Los materiales como proyectados o aislamientos térmicos (de mayor grado de friabilidad) liberan fibras con el más mínimo contacto, vibración o corriente de aire. Sin embargo, en otros materiales como placas de fibrocemento o losetas vinílicas las fibras se encuentran fuertemente retenidas en la matriz.	25 %	0,25
Estado de conservación	Un material en buen estado puede no liberar fibras, pero uno degradado (con fisuras, roturas, esponjamiento) presenta una altísima capacidad de liberación.	25 %	0,25
Tratamiento de la superficie	Los recubrimientos (como pinturas encapsulantes, sellados) disminuyen la capacidad de liberación, pero su eficacia depende del mantenimiento y el envejecimiento del recubrimiento.	20 %	0,20
Contenido en amianto	Influye en la capacidad de liberación de fibras, pero no de forma directa. Un material puede tener bajo contenido y presentar un alto grado de friabilidad y, por tanto, liberar más fibras que otro material con alto contenido en amianto, pero bien encapsulado.	15 %	0,15
Variedad de amianto	Todas las variedades son peligrosas, pero en términos de liberación de fibras, la variedad influye menos. Aunque la crocidolita puede originar fibras más finas, esto tiene más relación con la toxicidad que con la facilidad de liberación.	15 %	0,15

Teniendo en cuenta la contribución de cada factor, se puede establecer la siguiente fórmula para el cálculo de la puntuación asignada a las características del material (CM):

$$CM = \sum (C.P. \times puntuación\ factor)$$

De esta forma, la puntuación será:

$$CM = (0,25 * puntuación_tipo_material) + (0,25 * puntuación_estado\ conservación) + (0,20 * puntuación_tratamiento\ superficial) + (0,15 * puntuación_contenido_amianto) + (0,15 * puntuación_variedad_amianto).$$

B. CÁLCULO DE LA PUNTUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO (CE)

El entorno actúa como modificador o acelerador secundario de la liberación de fibras y, por tanto, factores ambientales como vibraciones, circulación del aire, gradientes térmicos, corrosividad, actividad en la zona, etc., pueden incrementar la liberación.

Por ello, es necesario considerar otros que, aunque no determinan por sí mismos la peligrosidad del material, pueden aumentar significativamente la probabilidad de liberación de fibras. Su jerarquización y ponderación se fundamenta en su capacidad para inducir alteraciones sobre el MCA (ver tabla 18).

Tabla 18. Factores y coeficientes de ponderación para el cálculo de la puntuación de las características del entorno.

Factor	Justificación	Peso relativo (%)		Coeficiente de ponderación (C.P.)	
		Interior	Exterior	Interior	Exterior
Posibilidad de que el MCA sea dañado por contacto	La accesibilidad física directa al MCA incrementa la probabilidad de daños mecánicos (por impacto, manipulación, roce o deterioro accidental), lo que puede liberar fibras sin necesidad de otras condiciones desfavorables. Por ello, es el factor de mayor incidencia, especialmente en zonas ocupadas o transitadas.	25 %	10 %	0,25	0,10
Grado de actividad o uso del emplazamiento	Zonas de uso intensivo (alta circulación de personas, paso frecuente, operaciones, mantenimiento) incrementan la interacción con el MCA y la posibilidad de alteración indirecta, incluso sin acceso intencional.	20 %	20 %	0,20	0,20
Vibraciones	Las vibraciones constantes o intermitentes (de maquinaria, tráfico o instalaciones) generan tensiones estructurales que pueden dañar o fisurar el MCA, facilitando la liberación de fibras, especialmente en materiales friables o envejecidos.	15 %	15 %	0,15	0,15
Circulación de aire	El flujo de aire puede provocar erosión superficial, desprendimiento de recubrimientos o dispersión de fibras ya liberadas, especialmente si el MCA no está encapsulado o sellado.	15 %	15 %	0,15	0,15
Gradiente térmico	Los cambios de temperatura pueden causar microfisuras, contracción o dilatación del material, favoreciendo su degradación progresiva. Aunque su efecto suele ser acumulativo.	15 %	15 %	0,15	0,15
Corrosividad atmosférica interior	Ambientes interiores con alta humedad relativa, vapores químicos o salinidad pueden acelerar el deterioro del material y de sus recubrimientos, pero su acción es lenta y depende de la exposición continua a esas condiciones.	10 %	0 %	0,10	0
Corrosividad atmosférica exterior	Aunque similares a las condiciones interiores, pero con menor impacto en general, ya que los MCA en exteriores suelen estar diseñados para resistir mejor esas condiciones ambientales o se encuentran en ubicaciones menos transitadas, lo que reduce su influencia relativa.	0 %	25 %	0	0,25

Considerando la contribución de cada factor se puede establecer la siguiente fórmula:

$$CE = \sum (C.P. \times puntuación \text{ factor})$$

De esta forma, la influencia de las características del entorno cuando el MCA esté en el interior será:

$$CE_{Interior} = (0,25 * puntuación_{posibilidad \text{ daño MCA por contacto}}) + (0,20 * puntuación_{grado \text{ de actividad}}) + (0,15 * puntuación_{vibraciones}) + (0,15 * puntuación_{circulación \text{ del aire}}) + (0,15 * puntuación_{gradiente \text{ térmico}}) + (0,10 * puntuación_{corrosión \text{ atmosférica interior}}).$$

Y cuando esté situado en el exterior:

$$CE_{Exterior} = (0,10 * puntuación_{posibilidad \text{ daño MCA por contacto}}) + (0,20 * puntuación_{grado \text{ de actividad}}) + (0,15 * puntuación_{vibraciones}) + (0,15 * puntuación_{circulación \text{ del aire}}) + (0,15 * puntuación_{gradiente \text{ térmico}}) + (0,25 * puntuación_{corrosión \text{ atmosférica exterior}}).$$

C. CÁLCULO DE LA EXPOSICIÓN POTENCIAL DE PERSONAS A LAS FIBRAS LIBERADAS

Los principales factores que afectan a la exposición potencial humana a fibras de amianto una vez que han sido liberadas se centran en (ver tabla 19):

- La presencia y el tiempo de permanencia de personas en el entorno del MCA.
- La proximidad física al MCA.
- La frecuencia y duración de actividades que puedan favorecer el contacto o la interacción con el material.

Tabla 19. Factores y coeficientes de ponderación para el cálculo de la exposición potencial de las personas a las fibras liberadas.

Factor	Justificación	Peso relativo	Coficiente de ponderación (C.P.)
Grado de ocupación del emplazamiento	Es el factor más determinante. Cuanto mayor sea la presencia y permanencia de personas en el entorno del MCA, mayor será la probabilidad de exposición por inhalación de fibras en suspensión. Este factor refleja tanto la intensidad como la continuidad del contacto humano con la zona afectada.	40 %	0,4
Accesibilidad de las personas al MCA	Si el material es fácilmente accesible, existe un riesgo elevado de exposición directa (contacto accidental) o indirecta (resuspensión de fibras previamente depositadas).	30 %	0,30
Frecuencia de uso	Cuanto mayor sea la frecuencia de uso o realización de trabajos en la zona, mayor probabilidad de exposición, especialmente en tareas rutinarias o repetitivas como las de mantenimiento.	20 %	0,20
Duración media de la estancia	Este factor tiene menor influencia que los anteriores. No obstante, una mayor duración incrementa el nivel de exposición, aunque las concentraciones de fibras en el ambiente sean bajas.	10 %	0,10

Para el cálculo de la exposición potencial de las personas a las fibras liberadas, en virtud de la contribución de los distintos factores, se partirá de la siguiente fórmula:

$$EP = \sum (C.P. \times \text{puntuación factor})$$

Siendo la exposición potencial de las personas a las fibras liberadas la siguiente:

$$EP = (0,4 * \text{puntuación}_{\text{grado de ocupación o uso}}) + (0,3 * \text{puntuación}_{\text{accesibilidad al MCA}}) + (0,2 * \text{frecuencia uso}) + (0,1 * \text{puntuación}_{\text{duración media de la estancia}}).$$

6.4. CLASIFICACIÓN DEL RIESGO DEL MCA Y CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN PARA LA RETIRADA

De la aplicación del algoritmo anterior, se obtiene una puntuación que permitirá clasificar el riesgo del MCA del siguiente modo (ver tabla 20):

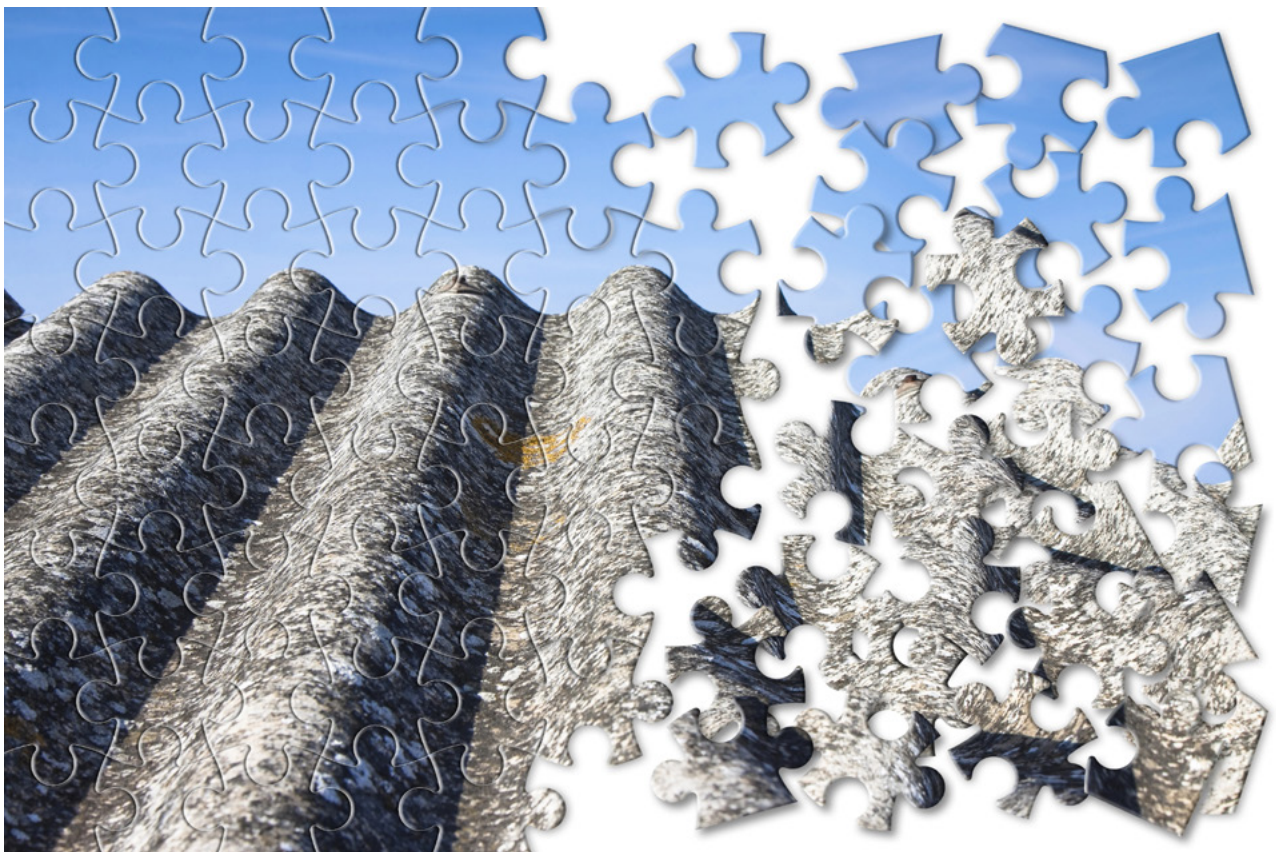
Tabla 20. Nivel de riesgo según la puntuación del $R_{EXP-MCA}$.

Puntuación del $R_{EXP-MCA}$	Nivel de Riesgo
> 2,2	ALTO
1,1-2,2	MODERADO
< 1,1	BAJO

Considerando la indicación de dar "prioridad a la retirada del amianto o de los materiales que lo contengan frente a otras formas de manipulación del amianto" que la Directiva 2023/2668 [4] incluye, las actuaciones que se deriven de cada uno de los niveles de riesgo identificados deben conducir necesariamente a la retirada del MCA, que se hará conforme a lo especificado en el Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto [1].

La prioridad para dicha retirada podrá establecerse en base a los niveles de riesgo del MCA indicados en la tabla y, a la espera de que esta se lleve a cabo, se adoptarán las medidas preventivas necesarias para controlar el riesgo y se establecerá un programa de seguimiento y control a fin de comprobar que las condiciones en las que se obtuvo el nivel de riesgo que permitió su clasificación no han variado.

Por tanto, los MCA que hayan sido clasificados con riesgo alto deberán ser los primeros en retirar, seguidos de los de riesgo moderado y, por último, los MCA clasificados con riesgo bajo.



7. Ejemplos prácticos para el cálculo del riesgo del MCA

Ejemplo práctico 1:

Sala de calderas en un edificio público de uso hospitalario.

En una sala de calderas de un hospital construido en los años 70 se han identificado aislamientos térmicos con amianto proyectado en las tuberías y envolventes de calderas. La sala está en funcionamiento y el personal de mantenimiento accede regularmente a la misma. Por tanto, es una zona que no suele estar ocupada por el público, pero sí por ese personal de mantenimiento.



Se ha tomado una muestra del material y del análisis de la misma en el laboratorio, se ha determinado en su composición amosita en más de un 50 %.

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL (CM)			
FACTOR	PUNTUACIÓN	C.P.	Justificación
Tipo de material	5	0,25	Es amianto proyectado, uno de los tipos más friables, ya que se desintegra fácilmente.
Estado de conservación	2	0,25	El material presenta grietas y desintegración localizada, pero no está completamente degradado (ligeramente dañado).
Tratamiento superficial	3	0,2	El amianto está sin encapsular.
Contenido de amianto	5	0,15	Según la documentación técnica, el proyectado tiene un contenido de amianto superior al 50%.
Variedad de amianto	2	0,15	Se indica que la variedad de amianto es amosita.
			PUNTUACIÓN CM 3,40
CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO (CE)			
FACTOR	PUNTUACIÓN	C.P.	Justificación
Posibilidad de daño al MCA por contacto	1	0,25	El material está en zonas que se pueden rozar durante las operaciones de mantenimiento.
Grado de actividad en el área	2	0,20	Es una sala de acceso restringido; con actividad ocasional y no constante.
Vibraciones	2	0,15	Hay bombas de circulación y calderas que generan vibración moderada pero continua.
Circulación del aire	3	0,15	Hay ventilación mecánica continua.
Gradiente térmico	3	0,15	El funcionamiento de calderas genera ciclos térmicos intensos (calor/frío), lo que deteriora el material.
Corrosividad atmosférica interior	1	0,10	La sala presenta humedad y condensación frecuente.
			PUNTUACIÓN CE 1,95

EXPOSICIÓN POTENCIAL (EP)			
FACTOR	PUNTUACIÓN	C.P.	Justificación
Grado de ocupación	1	0,40	El espacio no es ocupado por usuarios ni personal de forma continua. Solo accede el personal de mantenimiento de forma puntual.
Accesibilidad al material	2	0,30	El aislamiento está completamente expuesto y visible y se encuentra a la altura de trabajo.
Frecuencia de uso	2	0,20	El personal técnico accede semanalmente o varias veces al mes, pero no todos los días.
Duración media de estancia	1	0,10	Las visitas técnicas para tareas de mantenimiento duran de 30 minutos a 2 horas.
			PUNTUACIÓN EP 1,50
CÁLCULO DEL RIESGO DEL MCA ($R_{EXP-MCA}$)			
$R_{EXP-MCA} = (0,4 \times CM) + (0,1 \times CE) + (0,5 \times EP)$			
CM	3,40	PUNTUACIÓN DEL MCA $R_{EXP-MCA}$ 2,305	
CE	1,95		
EP	1,50		
			NIVEL DE RIESGO ALTO

Conclusión: Aunque no hay una exposición constante de personas, la presencia de amosita en alta proporción y en un material friable, deteriorado y ubicado en un área con acceso frecuente para el mantenimiento, elevan significativamente el riesgo de exposición. Así, el resultado obtenido indica la necesidad de una retirada controlada del amianto proyectado, junto con medidas preventivas temporales mientras se organiza la retirada.

Ejemplo práctico 2:**Centro escolar con placas de amianto-cemento en la cubierta.**

Un centro escolar construido en los años 80 aún conserva en varios pabellones placas de fibrocemento con amianto instaladas en techos desmontables. No presentan daño visible, pero algunas están mal ajustadas o sueltas en las esquinas. Los pabellones son usados todos los días durante el horario escolar.



CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL (CM)			
FACTOR	PUNTUACIÓN	C.P.	Justificación
Tipo de material	1	0,25	Placa de amianto-cemento: material no friable, de baja peligrosidad si está en buen estado.
Estado de conservación	0	0,25	En general bueno, pero con algunas placas sueltas o mal ajustadas.
Tratamiento superficial	1	0,2	No presenta recubrimiento superficial ni pintura encapsulante.
Contenido de amianto	3	0,15	Contenido del 10–15 %.
Variedad de amianto	1	0,15	La variedad de amianto es crisotilo.
			PUNTUACIÓN CM 1,05
CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO (CE)			
FACTOR	PUNTUACIÓN	C.P.	Justificación
Posibilidad de daño al MCA por contacto	1	0,25	Las placas están en el techo, por lo que el acceso directo es bajo, pero podría haber contacto accidental (balones, objetos).
Grado de actividad en el área	3	0,20	Zona de alta actividad, con mucho movimiento, juegos y dinamismo.
Vibraciones	1	0,15	Solo la generada por la propia actividad de los usuarios.
Circulación del aire	3	0,15	Hay ventilación natural.
Gradiente térmico	0	0,15	Cambios térmicos leves entre mañana y tarde.
Corrosividad atmosférica exterior	1	0,10	Las condiciones son secas, sin humedad ni condensación.
			PUNTUACIÓN CE 1,55

EXPOSICIÓN POTENCIAL (EP)			
FACTOR	PUNTUACIÓN	C.P.	Justificación
Grado de ocupación ²	3	0,40	El espacio es ocupado por aproximadamente 25 alumnos y 1 docente cada día durante 6–7 horas.
Accesibilidad al material	1	0,30	El material se encuentra instalado en el techo, por lo que no es accesible manualmente.
Frecuencia de uso ³	3	0,20	Uso diario, incluso fines de semana.
Duración media de estancia ³	3	0,10	El personal del centro (docentes, personal administrativo, conserjería, etc.) están varias horas continuas al día.
PUNTUACIÓN EP			2,40

CÁLCULO DEL RIESGO DEL MCA ($R_{EXP-MCA}$)			
$R_{EXP-MCA} = (0,4 \times CM) + (0,1 \times CE) + (0,5 \times EP)$			
CM	1,05	PUNTUACIÓN DEL MCA $R_{EXP-MCA}$	1,78
CE	1,55		
EP	2,40		
NIVEL DE RIESGO MODERADO			

Conclusión: Aunque la peligrosidad del material en sí es baja (no friable, sin daño en las placas), el hecho de que estén sueltas puede suponer un riesgo de liberación accidental de fibras si se manipulan o si se caen. La presencia diaria de alumnado y personal del centro (alto nivel de ocupación y frecuencia diaria de uso) aumentan significativamente el riesgo total, incrementando la necesidad de un control estricto para minimizar la exposición. Por tanto, se recomienda un plan de gestión que garantice que las condiciones se mantienen, a la espera de la retirada.

2 Para determinar el grado de ocupación se ha considerado el número total de personas (alumnado, personal trabajador, etc.), por su posible influencia en la resuspensión de las fibras.

3 Para determinar la frecuencia de uso y duración media de estancia solo se ha considerado el personal trabajador (que será del que se esté valorando el riesgo).

BIBLIOGRAFÍA

1. Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.
2. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
3. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Marco estratégico de la UE en materia de salud y seguridad en el trabajo 2021-2027.
4. Directiva (UE) 2023/2668 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de noviembre de 2023 por la que se modifica la Directiva 2009/148/CE sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al amianto durante el trabajo.
5. INSST. 2022. Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto. Año 2022.
6. Orden 2001 Orden de 7 de diciembre de 2001 por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos.
7. HSE. 2012. Asbestos: The survey guide.
8. Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.
9. INSST. Directrices para la retirada del amianto instalado. Elaboración de un censo de instalaciones y emplazamientos con amianto y criterios de priorización para su retirada. Gestión de los residuos con amianto. Junio 2024.
10. Federación andaluza de municipios y provincias. Metodología para inventariar y clasificar inmuebles que contengan materiales con contenido en amianto. 2010.
11. Australian Government. Australian Safety and Compensation Council. 2008. A literature review of Australian and overseas studies on the release of airborne asbestos fibres from building materials as a result of weathering and/or corrosion.
12. HSA. Asbestos-containing Materials (ACMs) in Workplaces. Guidelines on Management and Abatement of Asbestos- Containing Materials. 2013.
13. INSST. NTP 633: Detección de amianto en edificios (II): identificación y metodología de análisis. 2003.
14. Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana. Código Técnico de la Edificación: Documento Básico de Seguridad Estructural (CTE DB SE). 2019.
15. Obminski, A., 2020. Asbestos in building and its destruction. Construction and Building Materials 249, 118685. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118685>.
16. DGUV. Gebundene Asbestprodukte in Gebäuden. 2007.
17. Norma de construcción sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02). 2009.
18. UNE-EN ISO 12944-2:2018. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes.
19. Carde, C., François, R., & Torrenti, J. M. (1996). Leaching of calcium hydroxide and calcium carbonate from cement pastes in deionized water. Cement and Concrete Research, 26(9), 1257–1268.
20. Campopiano, A., Ramires, D., Zakrzewska, A. M., Ferri, R., D'annibale, A., & Pizzutelli, G. (2009). Risk assessment of the decay of asbestos cement roofs. Annals of occupational hygiene, 53(6), 627-638.

21. National Institute for Public Health and the Environment. Países Bajos. RIVM report 711701037/2004 Relevancy of human exposure via house dust to the contaminants lead and asbestos.
22. EPA. 2009. Resuspension of fibers from indoor surfaces due to human activity.
23. UNE 171370-2. Amianto. Parte 2: Localización y diagnóstico de amianto. 2021.
24. National Guide for Asbestos Surveys. Asbestos and Silica Safety and Eradication Agency (ASSEA).

