

APLICACIÓN DEL MÉTODO INRS – CASO PRÁCTICO

En una empresa se sintetiza un polímero a partir de una serie de materias primas que se añaden en un reactor de forma automática. El polímero líquido pasa directamente a unas máquinas inyectoras que fabrican bloques sólidos. Como parte del proceso, las máquinas inyectoras tienen un pequeño depósito que se rellena manualmente con etanolamina. Para la limpieza de los moldes y partes exteriores de las máquinas se usa acetona y tolueno. En la misma nave de fabricación están los reactores y las inyectoras, existiendo ventilación general forzada.

Producto	Peligrosidad	Punto de ebullición/ Estado sólido	Cantidad (Toneladas año)	Frecuencia de uso
Bisfenol A	R 36/38-43	Escamas	950	Diaria
Xilenos	R 10-20/21-38	144 °C	260	Algunos días a la semana
Talco (sin amianto)	VLA-ED 2 mg/m ³	Polvo	140	Diaria
Metanol	R 11-23/24/25- 39/23/24/25	65 °C	80	Algunos días a la semana
Níquel	R 40-43	Polvo	25	Algunos días a la semana
Acetona	R 11-36-66-67	56 °C	25	Diaria
Etanolamina	R 20-36/37/38	171 °C	19	Algunas horas a la semana
Tolueno	R 11-38-48/20- 63-65-67	111 °C	2	Diaria

Para aplicar la metodología simplificada de evaluación de agentes químicos según el método del INRS (publicado en la Nota Documentaire ND-2233-200-05) tomaremos como referencia el artículo “*Aplicación de métodos simplificados de evaluación del riesgo químico con efectos para la salud*” publicado en la revista Seguridad y Salud en el trabajo (INSHT nº 50 – 2008).

El método INRS consta de dos partes:

- 1- Jerarquización de riesgos potenciales o “screening”.
- 2- Evaluación de riesgos.

I- JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS POTENCIALES.

El objetivo de esta fase del método es establecer prioridades de actuación en especial en empresas en las que existe gran variabilidad de agentes químicos.

Esta fase puede facilitar el desarrollo de la evaluación de riesgos propiamente dicha, afrontando la evaluación por grupos de riesgos homogéneos, concepto diferente a los Grupos de Exposición Homogénea, tal y como se define en la UNE-EN 689, pues en este caso se trata de plantear la evaluación según el agente químico, zonas de trabajo o líneas de producción.

La jerarquización se establece en función de las peligrosidades intrínsecas de los agentes químicos así como de sus exposiciones potenciales.

En la siguiente tabla se muestra el resultado del desarrollo del método para el caso práctico planteado. La secuencia de aplicación se puede entender siguiendo las indicaciones asociadas a los superíndices de los encabezados de las columnas:

Producto	Clase de Peligro ¹	Clase de Cantidad ²	Clase de Frecuencia ³	Clase de Exposición Potencial ⁴	Riesgo Potencial ⁵	Prioridad ⁶	Índice Parcial Acumulado ⁷
BPA	3	5	4	5	10.000	Fuerte	29,7%
Xilenos	3	4	3	4	3.000	Media	8,8%
Talco	3	4	4	5	10.000	Fuerte	29,7%
Metanol	4	3	3	3	10.000	Fuerte	29,7%
Níquel	3	2	3	2	300	Media	0,9%
Acetona	3	2	4	2	300	Media	0,9%
Etanolami.	3	2	2	2	300	Media	0,9%
Tolueno	3	1	4	1	100	Media	0,3%

1- **Clase de Peligro:** se establece en función del etiquetado (frases R), los valores límite de exposición y la naturaleza de los agentes químicos, tal y como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 2 Clases de peligro en función del etiquetado, los valores límite de exposición y la naturaleza de los agentes químicos

Clase de peligro	Frases de riesgo	Pictograma	VLAs mg/m ³	Naturaleza del agente químico
1	Ninguna	Ninguno	> 100	
2	R36, R37, R38, R36/37, R36/38, R36/37/38, R37/38, R66	 Xi Irritante	10 - 100	Hierro / Cereal y derivados / Grafito / Material de construcción / Talco / Cemento / Composites / Madera de combustión tratada / Soldadura / Metal-Plástico / Vulcanización / Material vegetal-animal
3	R20, R21, R22, R20/21, R20/22, R20/21/22, R21/22, R33, R34, R40, R42, R43, R42/43, R68/20, R68/21, R68/22, R68/20/21, R68/20/22, R68/21/22, R68/20/21/22, R48/20, R48/21, R48/22, R48/20/21, R48/20/22, R48/21/22, R48/20/21/22, R62, R63, R64, R65, R67, R68	 Xn Nocivo  C Corrosivo	1 - < 10	Soldadura inox / Fibras cerámicas-vegetales / Pinturas de plomo / Muelas / Arenas / Aceites de corte y refrigerantes.
4	R15/29, R23, R24, R25, R29, R31, R23/24, R23/25, R24/25, R23/24/25, R35, R39/23, R39/24, R39/25, R39/23/24, R39/23/25, R39/24/25, R39/23/24/25, R41, R45, R46, R49, R48/23, R48/24, R48/25, R48/23/24, R48/23/25, R48/24/25, R48/23/24/25, R60, R61	 T Tóxico  C Corrosivo	> 0,1 - < 1	Madera y derivados / Plomo metálico / Amianto y materiales que lo contienen / Fundición y afinaje de plomo / Betunes y breas / Gasolina (carburante).
5	R26, R27, R28, R32, R26/27, R26/28, R27/28, R26/27/28, R39/26, R39/27, R39/28, R39/26/27, R39/26/28, R39/27/28, R39/26/27/28	 T+ Muy Tóxico	< 0,1	

2- **Clase de Cantidad:** se calcula con el índice Q_i/Q_{max} que resulta de dividir la cantidad consumida de agente químico (Q_i) por la cantidad correspondiente al agente químico que tiene un mayor consumo (Q_{max}), expresado en porcentaje. La referencia temporal puede ser diaria, semanal, mensual, anual. Una vez calculado el índice se establece la clase de cantidad según la siguiente tabla:

Tabla 3 ■ Cálculo de la clase de cantidad

Clase de cantidad	Q_i / Q_{max}
1	< 1%
2	1 - 5%
3	5 - 12%
4	12 - 33%
5	33 - 100%

Cálculo del índice Q_i/Q_{max} respecto al BPA

- BPA: $950/950 = 100\%$
- Xilenos: $260/950 = 27,4\%$
- Talco: $140/960 = 14,6\%$
- Metanol: $80/950 = 8,4\%$
- Níquel: $25/950 = 2,6\%$
- Acetona: $25/950 = 2,6\%$
- Etanolamina: $19/950 = 2,0\%$
- Tolueno: $2/950 = 0,2\%$

3- **Clase de Frecuencia:** se debe tener la misma referencia temporal que para la clase de cantidad y aplicar los parámetros de la siguiente tabla:

Tabla 4 ■ Clases según la frecuencia de utilización

Utilización	Ocasional	Intermitente	Frecuente	Permanente
Día	< 30'	30 - 120'	2 - 6 horas	> 6 horas
Semana	< 2 horas	2 - 8 horas	1 - 3 días	> 3 días
Mes	< 1 día	1 - 6 días	6 - 15 días	> 15 días
Año	< 5 días	15 días - 2 meses	2 - 5 meses	> 5 meses
Clase	1	2	3	4
0: El agente químico no se usa hace al menos una año. El agente químico no se usa más.				

4- **Clase de Exposición Potencial:** se determina a partir de la clase de cantidad y de la frecuencia de utilización relacionándolas como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 5 Determinación de las clases de exposición potencial a partir de la clase de cantidad y la clase de frecuencia

Clase de cantidad	0	1	2	3	4	Clase de frecuencia
5	0	4	5	5	5	
4	0	3	4	4	5	
3	0	3	3	3	4	
2	0	2	2	2	2	
1	0	1	1	1	1	

5- **Riesgo Potencial:** la puntuación del riesgo potencial resulta de la combinación de la clase de peligro y la clase exposición potencial tal y como se establece en la siguiente tabla:

Tabla 6 Puntuación del riesgo potencial

Clase de exposición potencial	1	2	3	4	5	Clase de peligro
5	100	1.000	10.000	100.000	1.000.000	
4	30	300	3.000	30.000	300.000	
3	10	100	1.000	10.000	100.000	
2	3	30	300	3.000	30.000	
1	1	10	100	1.000	10.000	

6- **Establecimiento de las prioridades según la puntuación del riesgo potencial:** la prioridad se establece según los criterios de la siguiente tabla. Cuando diferentes agentes químicos presenten una misma prioridad se establecerá una nueva jerarquización según la clase de peligro.

Tabla 7 Establecimiento de prioridades en función de la puntuación del riesgo potencial por producto

Puntuación	Prioridad
> 10.000	Fuerte
100 - 10.000	Media
< 100	Baja

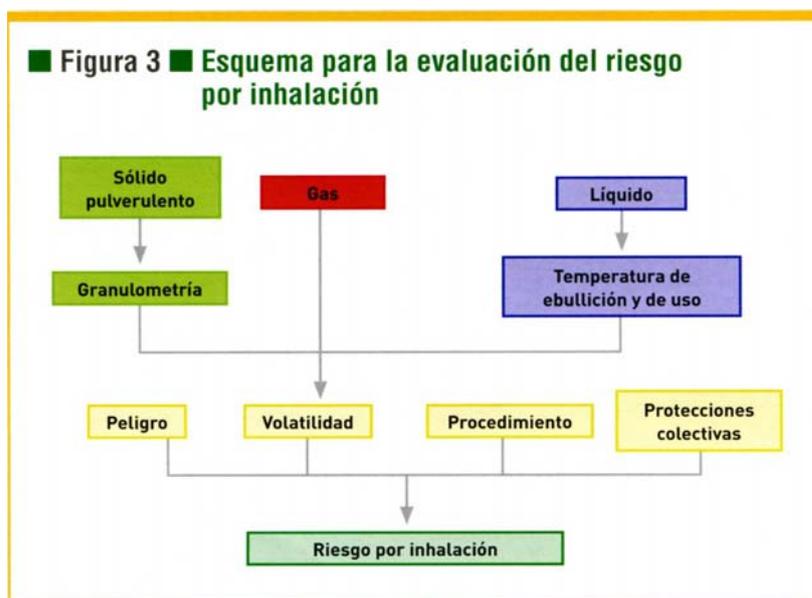
7- **Índice Parcial Acumulado:** expresado en porcentaje respecto al sumatorio del total de las puntuaciones del Riesgo Potencial. Una vez calculado se ordenan los agentes químicos según la prioridad resultante. Según los autores del artículo del INSHT, se podrá prescindir de aquellos agentes que en su conjunto aporten menos del 20%, salvo los que estén regulados por una legislación específica. En este caso el Metanol se prioriza frente al BPA y el Talco porque su clase de peligrosidad es 4, y podríamos prescindir de los agentes químicos a partir del Xileno porque en conjunto suman un 11,8%.

Producto	Riesgo Potencial	Índice Parcial Acumulado
BPA	10.000	29,7%
Xilenos	3.000	8,8%
Talco	10.000	29,7%
Metanol	10.000	29,7%
Níquel	300	0,9%
Acetona	300	0,9%
Etanolamina	300	0,9%
Tolueno	100	0,3%
$\Sigma=$	34.000	100%

Producto	Riesgo Potencial	Índice Parcial Acumulado
Metanol	10.000	29,7%
BPA	10.000	29,7%
Talco	10.000	29,7%
Xilenos	3.000	8,8%
Níquel	300	0,9%
Acetona	300	0,9%
Etanolamina	300	0,9%
Tolueno	100	0,3%
$\Sigma=$	34.000	100%

II- EVALUACIÓN DEL RIESGO POR INHALACIÓN

La evaluación del riesgo por inhalación se realiza a partir de las variables reflejadas en la siguiente figura:



En la siguiente tabla se muestra el resultado del desarrollo del método para el caso práctico planteado. La secuencia de aplicación se puede entender siguiendo las indicaciones asociadas a los superíndices de los encabezados de las columnas:

Producto	Clase de Peligro ¹		Clase de Volatilidad ²		Procedimiento ³		Protección Colectiva ⁴		Riesgo por Inhalación ⁵		
	Clase	Puntuación	Clase	Puntuación	Clase	Puntuación	Clase	Puntuación	Puntuación	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
BPA	3	100	1	1	2	0,05	3	0,7	3,5	3	Riesgo a priori Bajo
Xilenos	3	100	1	1	2	0,05	3	0,7	3,5	3	Riesgo a priori Bajo
Talco	3	100	3	100	2	0,05	3	0,7	350	2	Riesgo Moderado
Metanol	4	1000	3	100	2	0,05	3	0,7	3500	1	Riesgo Muy Elevado
Níquel	3	100	2	10	2	0,05	3	0,7	35	3	Riesgo a priori Bajo
Acetona	3	100	3	100	4	1	3	0,7	7000	1	Riesgo Muy Elevado
Etanolamina	3	100	1	1	3	0,5	3	0,7	35	3	Riesgo a priori Bajo
Tolueno	3	100	2	10	4	1	3	0,7	700	2	Riesgo Moderado

1- **Clase de Peligro:** se establece en función del etiquetado (frases R), los valores límite de exposición y la naturaleza de los agentes químicos, tal y como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 2 Clases de peligro en función del etiquetado, los valores límite de exposición y la naturaleza de los agentes químicos

Clase de peligro	Frases de riesgo	Pictograma	VLAs mg/m ³	Naturaleza del agente químico
1	Ninguna	Ninguno	> 100	
2	R36, R37, R38, R36/37, R36/38, R36/37/38, R37/38, R66	Xi Irritante	10 - 100	Hierro / Cereal y derivados / Grafito / Material de construcción / Talco / Cemento / Composites / Madera de combustión tratada / Soldadura / Metal-Plástico / Vulcanización / Material vegetal-animal
3	R20, R21, R22, R20/21, R20/22, R20/21/22, R21/22, R33, R34, R40, R42, R43, R42/43, R68/20, R68/21, R68/22, R68/20/21, R68/20/22, R68/21/22, R68/20/21/22, R48/20, R48/21, R48/22, R48/20/21, R48/20/22, R48/21/22, R48/20/21/22, R62, R63, R64, R65, R67, R68	Xn Nocivo C Corrosivo	1 - < 10	Soldadura inox / Fibras cerámicas-vegetales / Pinturas de plomo / Muestras / Arenas / Aceites de corte y refrigerantes.
4	R15/29, R23, R24, R25, R29, R31, R23/24, R23/25, R24/25, R23/24/25, R35, R39/23, R39/24, R39/25, R39/23/24, R39/23/25, R39/24/25, R39/23/24/25, R41, R45, R46, R49, R48/23, R48/24, R48/25, R48/23/24, R48/23/25, R48/24/25, R48/23/24/25, R60, R61	T Tóxico C Corrosivo	> 0,1 - < 1	Madera y derivados / Plomo metálico / Amianto y materiales que lo contienen / Fundición y afinaje de plomo / Betunes y breas / Gasolina (carburante).
5	R26, R27, R28, R32, R26/27, R26/28, R27/28, R26/27/28, R39/26, R39/27, R39/28, R39/26/27, R39/26/28, R39/27/28, R39/26/27/28	T+ Muy Tóxico	< 0,1	

Una vez definida la clase de peligro ésta se debe puntuar tal y como se establece en la siguiente tabla:

Tabla 8 Puntuación para cada clase de peligro

Clase de Peligro	Puntuación de Peligro
5	10.000
4	1.000
3	100
2	10
1	1

2- **Clase de Volatilidad:** se establece según el estado físico, sólido o líquido.

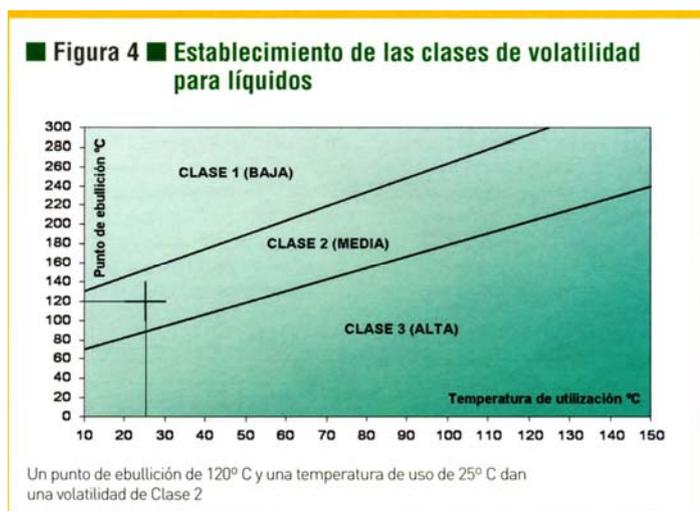


Tabla 9 Determinación de la clase de volatilidad para los materiales sólidos

Descripción del material sólido	Clase de volatilidad
Material en forma de polvo fino, formación de polvo que queda en suspensión en la manipulación (p. e. azúcar en polvo, harina, cemento, yeso...).	3
Material en forma de polvo en grano (1-2 mm). El polvo sedimenta rápido en la manipulación (p. e. azúcar consistente cristalizada).	2
Material en pastillas, granulado, escamas (varios mm o 1-2 cm) sin apenas emisión de polvo en la manipulación.	1

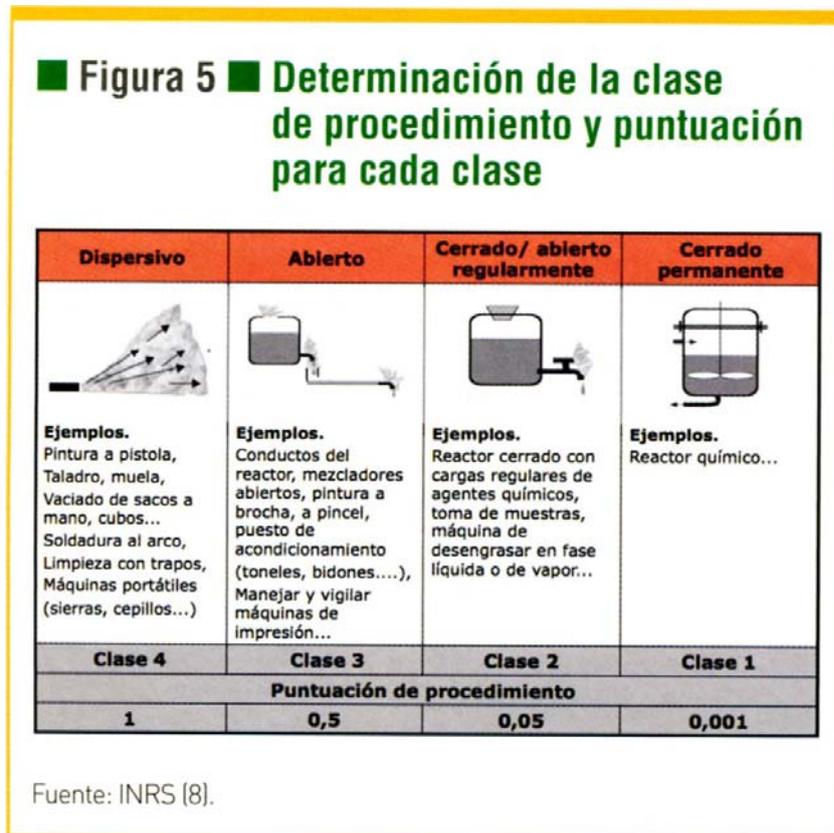
Para los líquidos la Clase de Volatilidad se determina a partir del punto de ebullición y la temperatura de utilización (figura 4), mientras que para los sólidos se considera su capacidad pulverífera a partir de la forma en que se manipulan (tabla 9).

Una vez definida la clase de peligro ésta se debe puntuar tal y como se establece en la siguiente tabla:

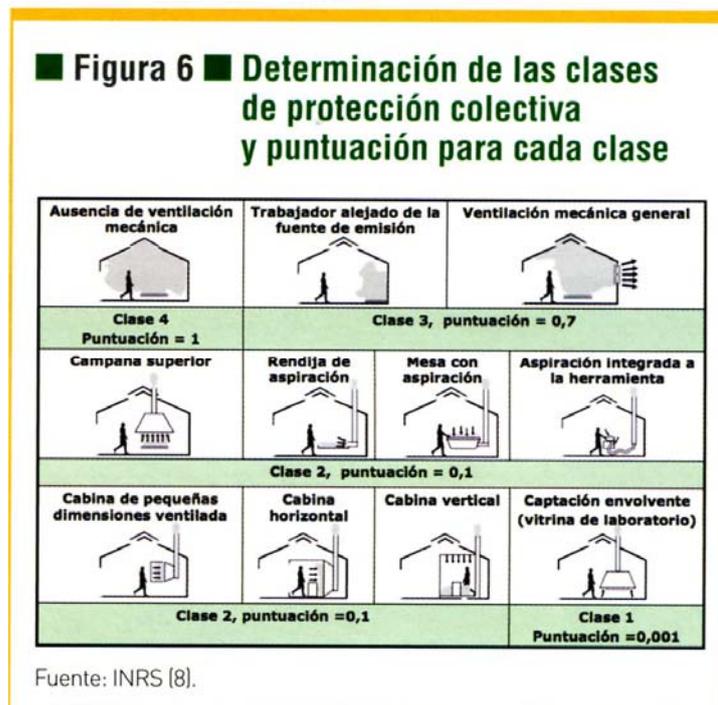
Tabla 10 Puntuación atribuida a cada clase de volatilidad

Clase de volatilidad	Puntuación de Volatilidad
3	100
2	10
1	1

3- **Procedimiento:** el método diferencia entre dispersivo, abierto, cerrado con aperturas regulares y cerrado permanentemente, puntuándolos tal y como se recoge en la siguiente figura:



4- **Protección Colectiva:** en este apartado el método solo considera la ventilación/extracción como medio de protección colectiva y la puntuación de la siguiente manera:



5- **Riesgo por Inhalación:** en primer lugar se calcula la puntuación aplicando la siguiente expresión:

$$\text{Puntuación}_{\text{Inhalación}} = \text{Punt. Peligro} \times \text{Punt. Volatilidad} \times \text{Punt. Procedimiento} \times \text{Punt. Protección Colectiva}$$

Por ejemplo el resultado de la ecuación para alguno de los agentes químicos considerados sería:

$$\text{Puntuación Inhalación}_{\text{Bisfenol A}} = 100 \times 1 \times 0,05 \times 0,7 = 3,5$$

$$\text{Puntuación Inhalación}_{\text{Talco}} = 100 \times 100 \times 0,05 \times 0,7 = 350$$

$$\text{Puntuación Inhalación}_{\text{Acetona}} = 100 \times 100 \times 1 \times 0,7 = 7000$$

Con este resultado se hace la caracterización del riesgo utilizando la tabla:

■ Tabla 11 ■ Caracterización del riesgo por inhalación /contacto con la piel

Inhalación = Peligro x Volatilidad x Procedimiento x Protección colectiva

Contacto con la piel = Peligro x Superficie x Frecuencia

Puntuación del riesgo	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
> 1.000	1	Riesgo probable muy elevado (medidas correctoras inmediatas)
100 - 1.000	2	Riesgo moderado. Es probable que necesite medidas correctivas y una evaluación más detallada
< 100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)

III- EVALUACIÓN DEL RIESGO DE CONTACTO CON LA PIEL

La evaluación del riesgo por inhalación se realiza a partir de las variables reflejadas en la siguiente figura:



Se consideran aquellos agentes químicos que tengan definida la vía dérmica (según las frases R) y para los que exista la posibilidad de contacto. En el ejemplo propuesto serían los siguientes agentes químicos

Producto	Clase de Peligro ¹		Clase de Superficie Expuesta ²	Frecuencia de Exposición ³		Riesgo de Contacto con la Piel ⁴		
	Clase	Puntuación	Puntuación	Clase	Puntuación	Puntuación	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
Acetona	3	100	2	Permanente	10	2000	1	Riesgo Muy Elevado
Etanolamina	3	100	2	Intermitente	2	400	2	Riesgo Moderado
Tolueno	3	100	2	Permanente	10	2000	1	Riesgo Muy Elevado

1- **Clase de Peligro:** se establece y puntúa igual que para la vía inhalatoria.

2- **Clase de Superficie Corporal Expuesta:** se consideran cuatro tipos con la puntuación que determina la tabla 12. En este caso se considera que tanto la limpieza con Acetona y Tolueno como el llenado manual del depósito de Etanolamina puede suponer riesgo de contacto en las dos manos por lo tanto se asigna una puntuación de superficie de 2.

■ Tabla 12 ■ Determinación de las clases de superficie expuesta y puntuación para cada clase

Superficies expuestas	Puntuación de superficie
• Una Mano	1
• Dos manos • Una mano + antebrazo	2
• Dos manos + antebrazo • Brazo completo	3
• Superficie comprende miembros superiores y torso y/o pelvis y/o las piernas	10

3- **Frecuencia de Exposición:** existen cuatro clases de frecuencia que se puntúan según la tabla 13.

■ Tabla 13 ■ Clases según la frecuencia de exposición

Frecuencia de exposición	Puntuación de frecuencia
Ocasional: < 30 min / día	1
Intermitente: 30 min - 2 h / día	2
Frecuente: 2h - 6 h / día	5
Permanente: > 6 h / día	10

4- **Riesgo de Contacto con la Piel:** en primer lugar se calcula la puntuación aplicando la siguiente expresión:

$$\text{Puntuación}_{\text{Contacto con la piel}} = \text{Punt. Peligro} \times \text{Punt. Superficie} \times \text{Punt. Frecuencia}$$

Con este resultado se hace la caracterización del riesgo utilizando la tabla:

■ Tabla 11 ■ Caracterización del riesgo por inhalación /contacto con la piel

Inhalación = Peligro x Volatilidad x Procedimiento x Protección colectiva
Contacto con la piel = Peligro x Superficie x Frecuencia

Puntuación del riesgo	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
> 1.000	1	Riesgo probable muy elevado (medidas correctoras inmediatas)
100 - 1.000	2	Riesgo moderado. Es probable que necesite medidas correctivas y una evaluación más detallada
< 100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)