

Equipos de detección de presencia de personas (II): posicionamiento de cortinas fotoeléctricas

Protective equipment to detect the presence of persons (II): Light curtains - Positioning
Équipements de protection à la détection de la présence de personnes (II): Barrière immatérielle - Placement

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT)

Elaborado por:

José Jorge Sanz Pereda
CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA. INSSBT

Este documento proporciona información sobre la utilización de equipos de protección que emplean dispositivos sensibles para detectar la momentánea o continua presencia de personas o de partes de ellas y cuya finalidad es proteger a esas personas de las partes peligrosas de las máquinas en aplicaciones industriales. En particular facilita información para equipos de protección electrosensibles (ESPEs) y en concreto para cortinas fotoeléctricas (AOPDs). Dada la extensión del tema a tratar, se ha considerado oportuno dividir el documento en dos partes. En esta segunda parte se trata de especificar los requisitos para el posicionamiento y configuración de la cortina fotoeléctrica. Los requisitos para su selección y las formas de utilización han sido tratados en la NTP 1.101. Tras haber realizado la selección de una cortina fotoeléctrica como dispositivo idóneo para proteger a las personas de las partes peligrosas de la máquina según se ha visto en la NTP 1.101; se trata ahora de determinar su correcto posicionamiento y configuración para la consecución de su objetivo de protección.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. FÓRMULA GENERAL PARA EL CÁLCULO DE LA DISTANCIA MÍNIMA, S_{RT} , CON RELACIÓN A LA ZONA PELIGROSA AL ATRAVESAR LA CORTINA

Cuando la cortina fotoeléctrica se utiliza para proporcionar una función de parada, la máquina debe poder parar las operaciones peligrosas antes de que sea posible alcanzar la zona peligrosa. Para ello, la cortina fotoeléctrica deberá posicionarse a la distancia suficiente de los peligros especificados de la máquina para asegurar que la máquina pueda parar o alcanzar una situación segura antes de que cualquier parte del cuerpo de una persona pueda alcanzar la zona peligrosa al atravesar la cortina.

El cálculo de la distancia que se utilizará para el posicionamiento de la cortina es el resultado de la combinación de una serie de parámetros según las fórmulas que se establecen en la norma armonizada UNE-EN ISO 13855:2011 «Seguridad de las máquinas». Posicionamiento de los protectores con respecto a la velocidad de aproximación de partes del cuerpo humano.

Dicha metodología de cálculo, además de ser válida para las cortinas fotoeléctricas, también se aplica a otros dispositivos protectores (mandos a dos manos, escáneres láser, alfombras sensibles a la presión, etc.) no objeto de esta NTP.

La fórmula general para el cálculo de la distancia mínima con relación a la zona peligrosa será:

$$S_{RT} = k T + C$$

Donde, S_{RT} , es la distancia mínima en milímetros des-

de la zona peligrosa al plano de detección más próximo (distancia de seguridad).

- k , es una constante en mm/s, calculada a partir de los datos sobre velocidades de aproximación del cuerpo o partes del cuerpo.
- T , es la característica de parada total del sistema en segundos (figura 1), que será el intervalo de tiempo entre la actuación de la cortina y el cese de las funciones peligrosas de la máquina, que debe incluir la suma de ($t_1 + t_2$).
 - t_1 , es el tiempo máximo transcurrido desde la actuación de la cortina hasta que los dispositivos de conmutación de la señal de salida están desconectados (señal de parada generada). Es el tiempo de respuesta de la cortina.
 - t_2 , es el tiempo máximo requerido para que cese la función peligrosa de la máquina, es decir el tiempo necesario para detener la máquina después de recibir la señal de salida emitida por la cortina. Es el

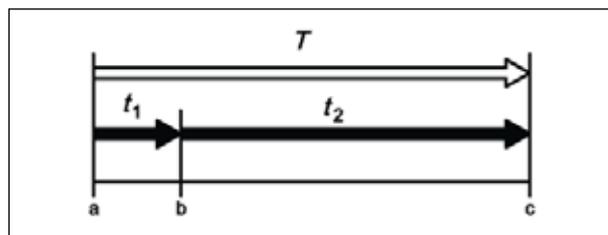


Figura 1. Diagrama de la característica de parada total del sistema.

tiempo máximo de parada de la máquina bajo las condiciones más desfavorables, por ejemplo, carga máxima, velocidad máxima, etc.

- C, es una distancia adicional (de intrusión) en milímetros, que tiene en cuenta la distancia que una parte del cuerpo (normalmente la mano) puede recorrer más allá de la cortina hacia la zona peligrosa antes de que se active la cortina.

Dependiendo de la forma de aproximación de la persona o de una parte del cuerpo a la zona de detección de la cortina, esta fórmula general para el cálculo del posicionamiento se concretará en una serie de fórmulas particulares.

2. CÁLCULO DE LA DISTANCIA MÍNIMA SEGÚN LA FORMA DE APROXIMACIÓN

Se consideran tres tipos de configuraciones según sea la forma de aproximación de la persona o de una parte del cuerpo a la zona de detección:

- Aproximación perpendicular.
- Aproximación paralela.
- Aproximación angular.

Además, en todas las configuraciones se debe tener en cuenta que:

- No debe ser posible acceder a la zona peligrosa sin activar el dispositivo, ni por debajo ni por encima de la cortina.
- No debe ser posible permanecer entre la zona de detección y la zona peligrosa sin que la cortina lo detecte.
- La distancia de seguridad obtenida según las fórmulas debe aplicarse de forma estricta.

Para impedir estos accesos no detectados a la zona peligrosa, cuando sea necesario, se deberán colocar protecciones adicionales (por ejemplo, resguardos fijos).

2.1. Aproximación perpendicular

- En el caso de que la zona de detección sea perpendicular a la dirección de aproximación (figura 2), para una cortina fotoeléctrica con una capacidad de detección $d \leq 40$ mm (véase NTP 1.101), la distancia mínima, S_{RT} (mm), entre la zona de detección y la zona peligrosa no debe ser inferior a la distancia calculada aplicando la fórmula general:

$$S_{RT} = k T + C$$

Donde:

$$k = 2000 \text{ mm/s;}$$

$C = 8 (d - 14)$; siendo d la capacidad de detección de la cortina en mm.

Es decir:

$$S_{RT} = 2000 T + 8 (d - 14)$$

En el caso de que el valor de C resultase negativo, debido a que la capacidad de detección fuese $d \leq 14$, se desechará este valor negativo en la fórmula, y se sustituirá por $C=0$; quedando entonces la fórmula:

$$S_{RT} = 2000 T$$

En ambos casos, el valor mínimo aceptado para S_{RT} será de 100 mm, es decir, que si al aplicar la fórmula se obtuviese un valor inferior, este se desechará.

Si el valor obtenido para S_{RT} fuera superior a 500 mm, se permite reducir esta distancia simplificando la fórmula mediante la variación del valor de $k = 1600$ mm/s; quedando la fórmula:

$$S_{RT} = 1600 T + 8 (d - 14)$$

En este caso el valor mínimo aceptado para S_{RT} será de 500 mm, es decir que si al aplicar la fórmula se obtuviese un valor inferior, este se desechará y se elegirá $S_{RT} = 500$ mm.

- Cuando además la cortina fotoeléctrica se utiliza para realizar la función de puesta en marcha de la máquina (reiniciación del ciclo tal y como se vio en la NTP 1.101), la capacidad de detección, d, debe ser siempre ≤ 30 mm y se aplicará la fórmula:

$$S_{RT} = 2000 T + 8 (d - 14);$$

Siendo, en este caso, el valor mínimo aceptado para S_{RT} de 150 mm, es decir, que si al aplicar la fórmula se obtuviese un valor inferior, este se desechará.

Habrà que tener en cuenta que si la capacidad de detección, d, fuese ≤ 14 mm, la fórmula se simplificaría y quedaría:

$$S_{RT} = 2000 T$$

Siendo el valor mínimo aceptado para S_{RT} de 100 mm.

2.2 Aproximación paralela

En el caso de que la dirección de aproximación sea para-

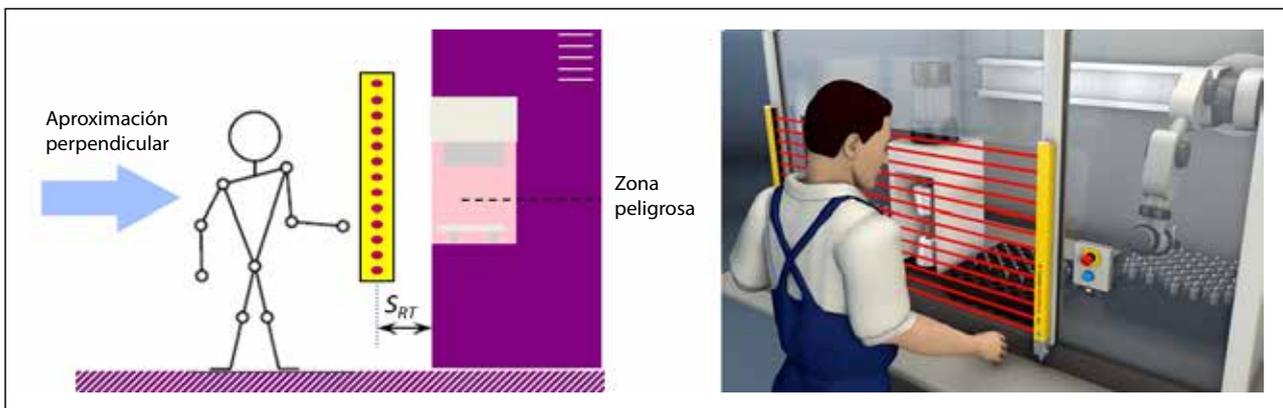


Figura 2. Aproximación perpendicular a la zona de detección.

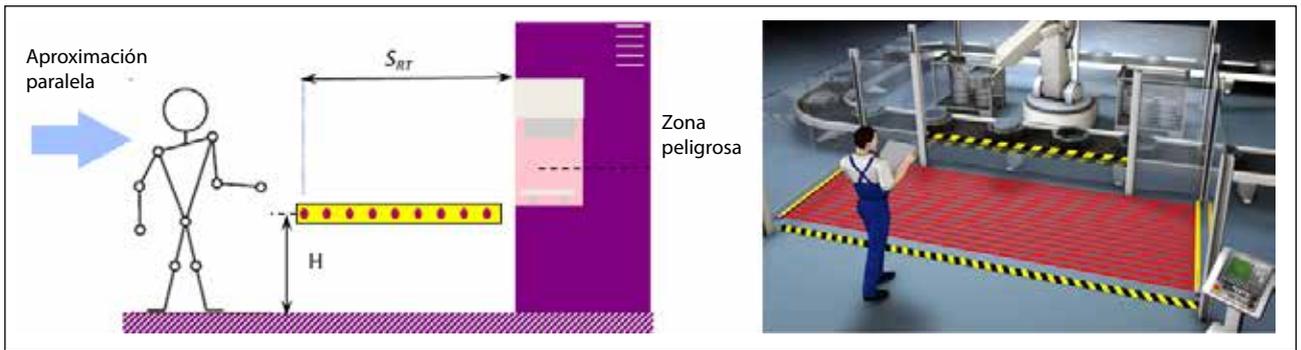


Figura 3. Aproximación paralela a la zona de detección.

lela a la zona de detección (figura 3), la distancia mínima, S_{RT} , se debe calcular utilizando la fórmula:

$$S_{RT} = k T + C$$

Donde:

$k = 1600 \text{ mm/s}$;

$C = (1200 - 0,4 H) \text{ mm}$; donde H es la altura desde el suelo hasta la zona de detección en mm.

Siendo el valor mínimo aceptado para C de 850 mm, es decir, que si al aplicar la fórmula se obtuviese un valor inferior, este se desechará; quedando la fórmula:

$$S_{RT} = 1600 T + (1200 - 0,4 H)$$

No obstante a la hora de colocar la cortina, hay que tener en cuenta que la altura, H , de la zona de detección tiene una serie de restricciones:

- La altura, H , no debe ser superior a 1000 mm.
- Si la altura, H , está comprendida entre 300 mm y 1000 mm, ($300 < H < 1000$), existe un riesgo de acceso involuntario no detectado por debajo de la zona de detección. Esto se deberá tener en cuenta al realizar la evaluación de riesgos y, si es necesario, se deberán aplicar medidas preventivas suplementarias (como colocación de resguardos fijos, etc.).
- La altura, H , más pequeña admisible hasta la zona de detección, conociendo la capacidad de detección, d , se debe calcular utilizando la fórmula:

$$H = 15 (d - 50)$$

Siendo, en este caso, el valor mínimo aceptado para H igual a cero, es decir que si al aplicar la fórmula se obtuviese un valor negativo, este se desechará

Así para una altura, H , conocida de la zona de detección, la correspondiente capacidad de detección, d , sería:

$$d = (H/15) + 50$$

Es decir, que a la hora de elegir la cortina más adecuada, si la altura hasta la zona de detección es conocida o está fijada, se puede calcular la capacidad de detección máxima correspondiente.

2.3. Aproximación angular

Si la cortina se ha instalado de forma que la zona de detección forma un ángulo β con relación a la dirección de aproximación (figura 4), se pueden dar dos situaciones:

- Si $\beta > \pm 30^\circ$; la aproximación angular se debe considerar como una aproximación perpendicular, y por tanto se aplicará la fórmula correspondiente a la aproximación perpendicular (véase el apartado 2.1);
- Si $\beta < \pm 30^\circ$; la aproximación se debe considerar como

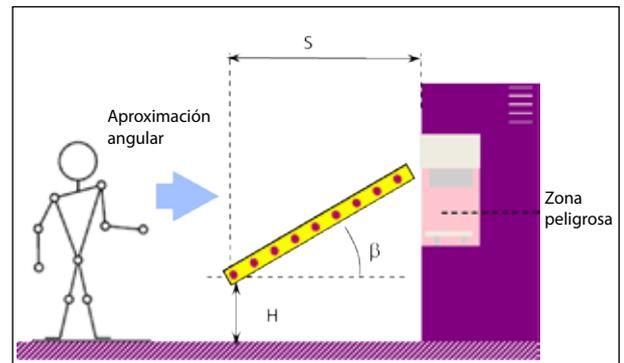


Figura 4. Aproximación angular a la zona de detección.

una aproximación paralela, y por tanto se aplicará la fórmula correspondiente a la aproximación paralela que vincula la altura H del extremo de la zona de detección más alejado de la zona peligrosa y la capacidad de detección, d , de la cortina (véase el apartado 2.2).

3. CONSIDERACIÓN DEL POSIBLE BURLADO DE LA CORTINA, ACCEDIENDO A LA ZONA PELIGROSA POR ENCIMA DE LA ZONA DE DETECCIÓN, EN EL CÁLCULO DE LA DISTANCIA MÍNIMA, S_{RO}

Además de tener en cuenta el acceso a la zona peligrosa atravesando la cortina, mediante el posicionamiento de la cortina a la distancia mínima, S_{RT} (atravesando la cortina), ya comentado en los apartados anteriores, se debería también tener en cuenta la posibilidad del acceso a la zona peligrosa pasando por encima de la zona de detección (burlado), sin que se active la cortina.

Si en el caso de una cortina instalada verticalmente, es posible el acceso a la zona peligrosa por encima de la zona de detección, se deben determinar la altura del borde superior de la zona de detección y la distancia mínima, S_{RO} (por encima de la cortina), que evite el alcance de la zona peligrosa en el caso del burlado.

Así la distancia mínima que se debe aplicar para el posicionamiento de la cortina, se debe fijar comparando los valores de la distancia S_{RT} (atravesando la cortina), y los valores de la distancia S_{RO} (por encima de la cortina) relativos al alcance por encima y que se van a explicar a continuación.

El valor final de la distancia, S , será el mayor valor que resulte de la comparación entre ambos (véanse los ejemplos de cálculo de la distancia mínima en el apartado 4).

3.1. Cálculo de la distancia mínima, S_{RO} , para evitar el alcance por encima de la zona de detección de una cortina sin una estructura de protección suplementaria,

Para evitar el alcance de la zona peligrosa por encima de la cortina (ver figura 5), la distancia mínima, S_{RO} , en milímetros desde la zona de detección a la zona peligrosa, debe calcularse utilizando la fórmula:

$$S_{RO} = k T + C_{RO}$$

Donde:

$$k = 2000 \text{ mm/s}$$

C_{RO} es la distancia suplementaria que una parte del cuerpo (generalmente una mano) puede recorrer hacia la zona peligrosa antes de que se active la cortina.

Es decir:

$$S_{RO} = 2000 T + C_{RO}$$

En el caso de que al aplicar la fórmula se obtuviese un valor S_{RO} inferior a 100 mm, este se desechará; siendo el valor mínimo aceptado para S_{RO} de 100 mm.

Si el valor obtenido para S_{RO} fuera superior a 500 mm, se permite reducir esta distancia simplificando la fórmula mediante la variación del valor de $k = 1600 \text{ mm/s}$.

Quedando la fórmula:

$$S_{RO} = 1600 T + C_{RO}$$

En este caso el valor mínimo aceptado para S_{RO} será de 500 mm, es decir que si al aplicar la fórmula se obtuviese un valor inferior, este se desechará.

El valor de C_{RO} , se determinará en la tabla 1 a partir de los valores conocidos de la altura de la zona peligrosa, a , y de altura del borde superior de la zona de detección, b .

No se deben realizar interpolaciones al determinar los valores de la tabla 1. Si los valores conocidos a , b o C_{RO} se encuentran entre dos valores de la tabla 1, se debe aplicar la distancia de seguridad mayor. Véase el ejemplo del apartado 4.3.

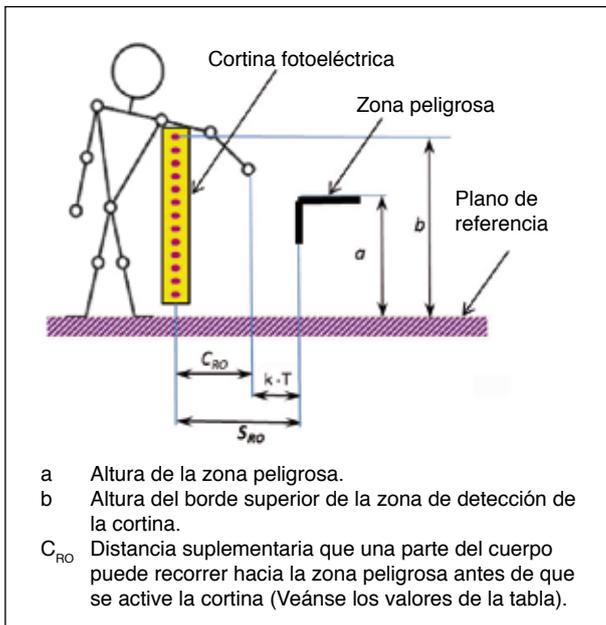


Figura 5. Alcance por encima de la zona de detección vertical de una cortina.

3.2. Cálculo de la distancia mínima para evitar el alcance por encima de la zona de detección de una cortina combinado con una estructura de protección complementaria

En el caso de disponer de una estructura de protección complementaria (figura 6), si es posible alcanzar la zona peligrosa por encima de la estructura de protección, la situación sería equivalente a la de un resguardo distanciador y por tanto la distancia mínima, S_{RO} , no debería ser inferior a la distancia horizontal C , que viene determinada en la tabla 1 (riesgo bajo) o en la tabla 2 (riesgo alto) del apartado 4.2.2 de la UNE-EN ISO 13857:2008 «Seguridad de las máquinas». Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores e inferiores.

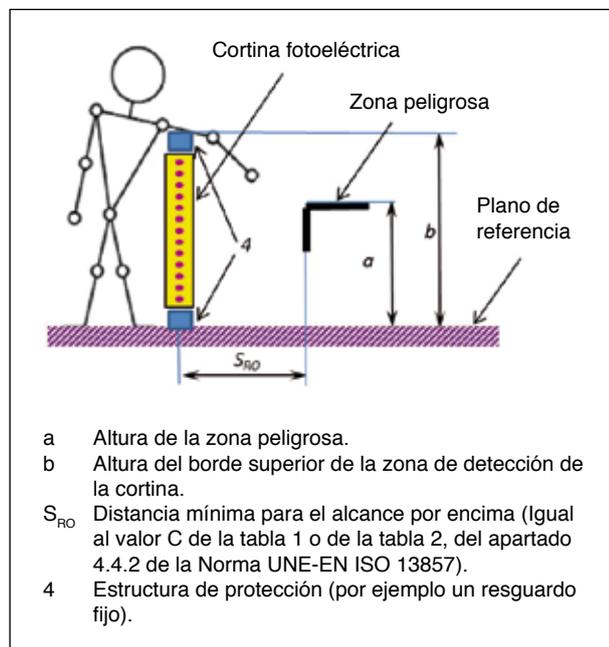


Figura 6. Alcance por encima de la zona de detección vertical de una cortina combinada con una estructura complementaria.

4. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LA DISTANCIA MÍNIMA. EJEMPLOS

El cálculo de la distancia mínima, S , comprende tres pasos:

1. Determinación de la distancia mínima al atravesar la zona de detección de la cortina, S (a través de la cortina), S_{RT} .
2. Determinación de la distancia mínima para evitar acceder a la zona peligrosa por encima de la zona de detección en el caso de que sea posible, S (por encima de la cortina), S_{RO} .
3. Comparación de S_{RT} y S_{RO} para determinar la distancia, S . Se debe escoger el mayor valor que resulte de la comparación.

4.1. Ejemplo 1

Una máquina tiene un tiempo de parada de 60 ms. La máquina está provista de una cortina fotoeléctrica vertical como sistema de protección (figura 2), que tiene una capacidad de detección de 14 mm y un tiempo de respuesta de 30 ms.

Altura de la zona peligrosa a	Altura del borde superior de la zona de detección de la cortina b											
	900	1000	1100	1200	1300	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600
	Distancia de seguridad suplementaria hacia la zona peligrosa C _{RO}											
2600*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2500	400	400	350	300	300	300	300	300	250	150	100	0
2400	550	550	550	500	450	450	400	400	300	250	100	0
2200	800	750	750	700	650	650	600	550	400	250	0	0
2000	950	950	850	850	800	750	700	550	400	0	0	0
1800	1100	1100	950	950	850	800	750	550	0	0	0	0
1600	1150	1150	1100	1000	900	850	750	450	0	0	0	0
1400	1200	1200	1100	1000	900	850	650	0	0	0	0	0
1200	1200	1200	1100	1000	850	800	0	0	0	0	0	0
1000	1200	1150	1050	950	750	700	0	0	0	0	0	0
800	1150	1050	950	800	500	450	0	0	0	0	0	0
600	1050	950	750	550	0	0	0	0	0	0	0	0
400	900	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

NOTA 1: Las cortinas fotoeléctricas con una altura
 -del borde superior de la zona de detección inferior a 900 mm están excluidos ya que no ofrecen protección suficiente contra el burlado o el paso por encima
 -del borde inferior de la zona de detección superior a 300 mm con respecto al plano de referencia no ofrecen protección suficiente contra el paso por debajo arrastrándose.

NOTA 2: Los datos de esta tabla se obtuvieron de un estudio de la BG alemana.

NOTA 3: La mayor parte de los valores indicados en esta tabla son inferiores a los valores indicados en las tablas 1 y 2 de la norma UNE EN ISO 13857:2008 puesto que las partes del cuerpo no pueden apoyarse sobre la cortina en el caso de alcance por encima.

* el alcance por encima a la zona peligrosa es imposible.

Tabla 1. Alcance por encima de la zona de detección vertical de una cortina fotoeléctrica. (Medidas en mm).

Calcular la distancia mínima, S, a la que se debe colocar la cortina. (En este ejemplo se supone que no es posible alcanzar la zona peligrosa por encima de la zona de detección. Por lo tanto, los pasos segundo y tercero de la metodología no son necesarios).

Se trata de una aproximación perpendicular para una capacidad de detección $d \leq 40$ mm (véase el apartado 3.2) por lo que habrá que utilizar la siguiente fórmula:

$$S_{RT} = k T + 8 (d - 14)$$

Donde:

- d = 14 mm
- T = 60 + 30 = 90 ms = 0,09 s
- k = 2000 mm/s

Entonces:

$$S_{RT} = (2000 \times 0,09) + 0 = 180 \text{ mm}$$

$$S = 180 \text{ mm}$$

La distancia mínima de posicionamiento de la cortina fotoeléctrica (zona de detección) respecto a la zona peligrosa, S, debe ser de 180 mm.

4.2. Ejemplo 2

Una máquina tiene un tiempo de parada de 60 ms. La máquina está provista de una cortina fotoeléctrica vertical como sistema de protección (figura 2), que tiene una capacidad de detección de 30 mm y un tiempo de respuesta de 30 ms.

Calcular la distancia mínima, S, a la que se debe colocar la cortina. (En este ejemplo se supone que no es posible alcanzar la zona peligrosa por encima de la zona de detección. Por lo tanto, los pasos segundo y tercero de la metodología no son necesarios).

Se trata de una aproximación perpendicular para una capacidad de detección $d \leq 40$ mm (véase el apartado 3.2) por lo que habrá que utilizar la siguiente fórmula:

$$S_{RT} = k T + 8 (d - 14)$$

Donde:

- d = 30 mm
- T = 60 + 30 = 90 ms = 0,09 s
- k = 2000 mm/s

Entonces:

$$S_{RT} = (2000 \times 0,09) + 8 (30 - 14) = 308 \text{ mm}$$

$$S = 308 \text{ mm}$$

La distancia mínima de posicionamiento de la cortina fotoeléctrica (zona de detección) respecto a la zona peligrosa, S, debe ser de 308 mm.

En este ejemplo se puede observar que el valor de la capacidad de detección de la cortina influye significativamente en la magnitud de la distancia calculada.

4.3. Ejemplo 3

Una máquina tiene un tiempo de parada de 250 ms. La máquina está provista de una cortina fotoeléctrica vertical

como sistema de protección que tiene una capacidad de detección de 30 mm y un tiempo de respuesta de 30 ms. La altura de la zona peligrosa por encima del plano de referencia es de 650 mm. El equipo de protección está activo a partir de una altura de 200 mm y la altura del borde superior de su zona de detección es de 1340 mm.

Calcular la distancia mínima, S , a la que se debe colocar la cortina.

En este caso se seguirán los tres pasos de la metodología:

1. Determinación de la distancia mínima al atravesar la zona de detección de la cortina, S_{RT}

Se trata de una aproximación perpendicular para una capacidad de detección $d \leq 40$ mm (véase el apartado 3.2), por lo que habrá que utilizar la siguiente fórmula:

$$S_{RT} = k T + 8 (d - 14)$$

Donde:

$$d = 30 \text{ mm}$$

$$T = 250 + 30 = 280 \text{ ms} = 0,28 \text{ s}$$

$$k = 2000 \text{ mm/s}$$

Entonces:

$$S_{RT} = (2000 \times 0,28) + 8 (30 - 14)$$

$$S_{RT} = 688 \text{ mm}$$

Como S_{RT} resulta superior a 500 mm, se puede simplificar la fórmula cambiando $k = 1600$ mm/s

$$S_{RT} = 1600 T + 8 (d - 14)$$

$$S_{RT} = (1600 \times 0,28) + 8 (30 - 14)$$

$$S_{RT} = 576 \text{ mm}$$

2. Determinación de la distancia mínima para evitar acceder a la zona peligrosa por encima de la zona de detección, S_{RO} . (Ver figura 5).

Se trata de una aproximación por alcance (véase el apartado 3.1), por lo que habrá que utilizar la siguiente fórmula:

$$S_{RO} = k T + C_{RO}$$

Donde:

$$T = 250 + 30 = 280 \text{ ms} = 0,28 \text{ s}$$

$$k = 2000 \text{ mm/s}$$

Entonces:

$$S_{RO} = (2000 \times 0,28) + C_{RO}$$

Para determinar el valor de C_{RO} , se debe utilizar la tabla 1 entrando con los valores de a y b .

Siendo la altura del borde superior de la zona de detección, $b = 1340$ mm y la altura de la zona peligrosa, $a = 650$ mm, se observa que dichos valores no se encuentran en la tabla 1.

Teniendo en cuenta que para determinar C_{RO} no se deben realizar interpolaciones, sino que se deben utilizar los valores que ofrezcan mayor seguridad:

- Para $a = 650$ mm, el valor más próximo (que ofrece más seguridad) de la tabla 1 será $a = 800$ mm.
- Para $b = 1340$ mm, el valor más próximo (que ofrece más seguridad) de la tabla 1 será $b = 1300$ mm.

El valor de C_{RO} obtenido de la tabla es 500 mm (véase tabla 2).

Entonces:

$$S_{RO} = (2000 \times 0,28) + C_{RO} S_{RO} = (2000 \times 0,28) + 500$$

$$S_{RO} = 1060 \text{ mm}$$

Como S_{RO} resulta superior a 500 mm, se puede simplificar la fórmula cambiando $k = 1600$ mm/s.

$$S_{RO} = (1600 \times 0,28) + 500$$

$$S_{RO} = 948 \text{ mm}$$

3. Comparación de S_{RT} y S_{RO} para determinar la distancia. Se escogerá la distancia mayor.

Puesto que $S_{RT} = 576$ mm y $S_{RO} = 948$ mm, comparando, hay que seleccionar el valor superior.

Luego:

$$S = S_{RO} = 948 \text{ mm}$$

En este ejemplo se puede observar que una altura baja del borde superior de la zona de detección de la cortina influye significativamente en la magnitud de la distancia calculada, ya que permite el alcance de la zona peligrosa por encima de la cortina.

Altura de la zona peligrosa a	Altura del borde superior de la zona de detección de la cortina b											
	900	1000	1100	1200	1300	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600
Distancia de seguridad suplementaria hacia la zona peligrosa C_{RO}												
2600 ^a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2500	400	400	350	300	300	300	300	300	250	150	100	0
2400	550	550	550	500	450	450	400	400	300	250	100	0
2200	800	750	750	700	650	650	600	550	400	250	0	0
2000	950	950	850	850	800	750	700	550	400	0	0	0
1800	1100	1100	950	950	850	800	750	550	0	0	0	0
1600	1150	1150	1100	1000	900	850	750	450	0	0	0	0
1400	1200	1200	1100	1000	900	850	650	0	0	0	0	0
1200	1200	1200	1100	1000	850	800	0	0	0	0	0	0
1000	1200	1150	1050	950	750	700	0	0	0	0	0	0
800	1150	1050	950	800	500	450	0	0	0	0	0	0
600	1050	950	750	550	0	0	0	0	0	0	0	0
400	900	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

NOTA 1: Las cortinas fotoeléctricas con una altura
 -del borde superior de la zona de detección inferior a 900 mm están excluidos ya que no ofrecen protección suficiente contra el burlado o el paso por encima
 -del borde inferior de la zona de detección superior a 300 mm con respecto al plano de referencia no ofrecen protección suficiente contra el paso por debajo arrastrándose.

NOTA 2: Los datos de esta tabla se obtuvieron de un estudio de la BG alemana.

NOTA 3: La mayor parte de los valores indicados en esta tabla son inferiores a los valores indicados en las tablas 1 y 2 de la norma UNE EN ISO 13857:2008 puesto que las partes del cuerpo no pueden apoyarse sobre la cortina en el caso de alcance por encima.

^a el alcance por encima a la zona peligrosa es imposible.

Tabla 2. Valores de C_{RO} .

