

GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL



Posicionamiento de cortinas fotoeléctricas en seguridad de máquinas.

Cálculo de distancias de seguridad

Jorge Sanz Pereda
jorge.sanz@insst.mites.gob.es
(INSST – CNVM Bizkaia)

CNVM - BIZKAIA
27 de OCTUBRE de 2021

GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL



¿QUÉ ES UNA CORTINA FOTOELÉCTRICA?

Es un dispositivo sensible que provoca la parada y/o inhibe la puesta en marcha de la máquina, de sus elementos peligrosos, o de una función peligrosa, cuando una persona o una parte de su cuerpo, rebasa un límite de seguridad, es decir, es detectada por el dispositivo.




 GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL



¿QUÉ ES UNA CORTINA FOTOELÉCTRICA?

La función de detección se lleva a cabo por elementos emisores y receptores optoelectrónicos integrados conjuntamente que conforman una zona de detección con una específica capacidad de detección suministrada por el fabricante, que detectan la interrupción de las radiaciones ópticas generadas, provocada por un objeto opaco presente en la zona de detección especificada.



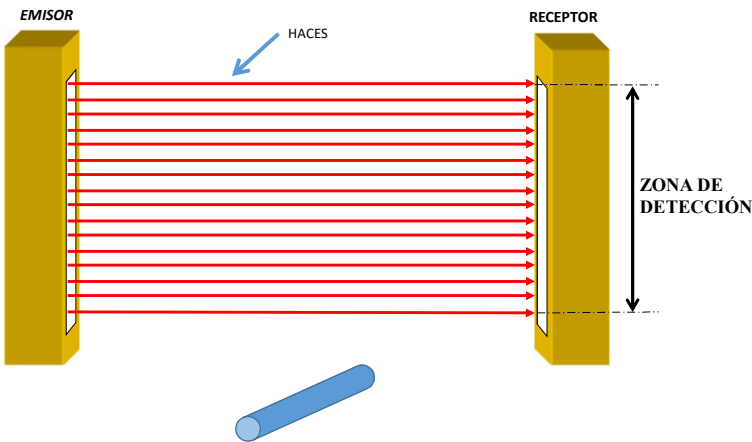

 GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL



ZONA DE DETECCIÓN

Zona dentro de la cual, la cortina detectará una pieza de ensayo



CAPACIDAD DE DETECCIÓN

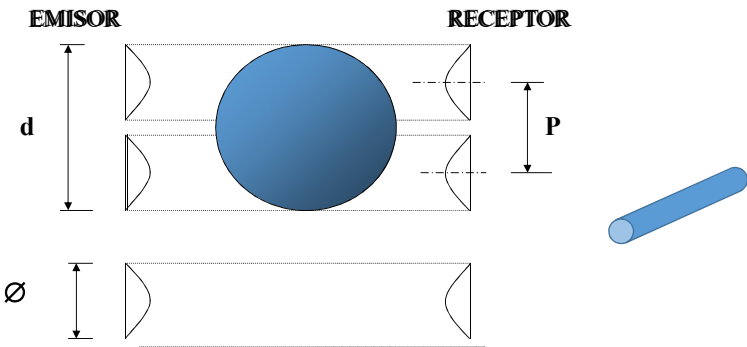


GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL



Dimensión más pequeña, especificada por el fabricante, que es capaz de detectar la cortina fotoeléctrica y que causará la actuación del dispositivo (una capacidad de detección de 14 mm equivale a la detección de un dedo y una de 30 mm a la detección de una mano)



EMISOR **RECEPTOR**

d **P**

Ø

CAPACIDAD DE DETECCIÓN (d) = P + Ø

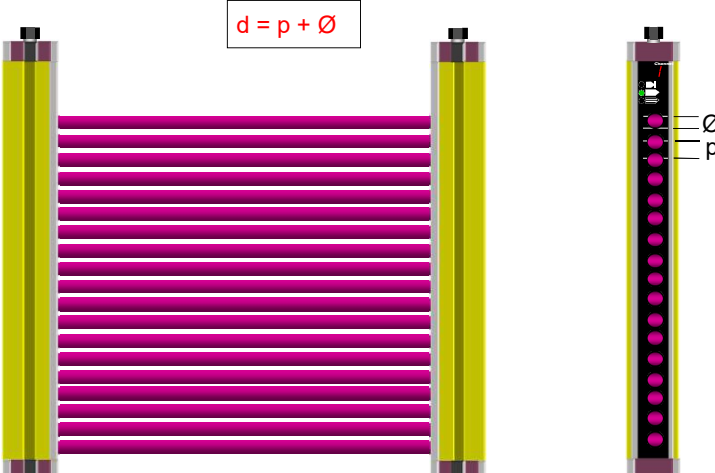


GOBIERNO DE ESPAÑA

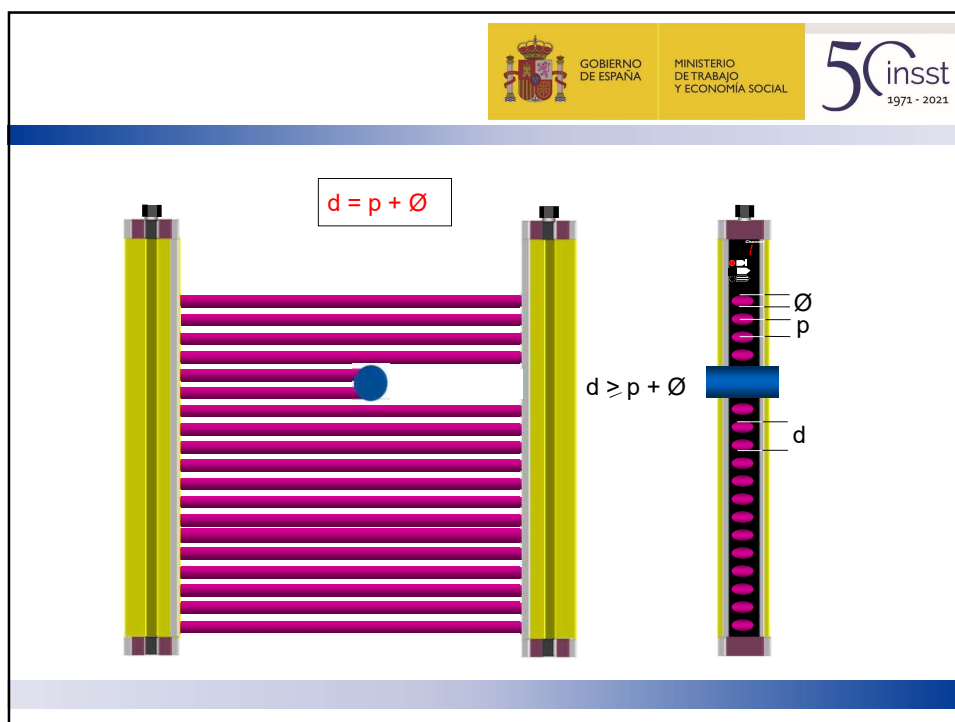
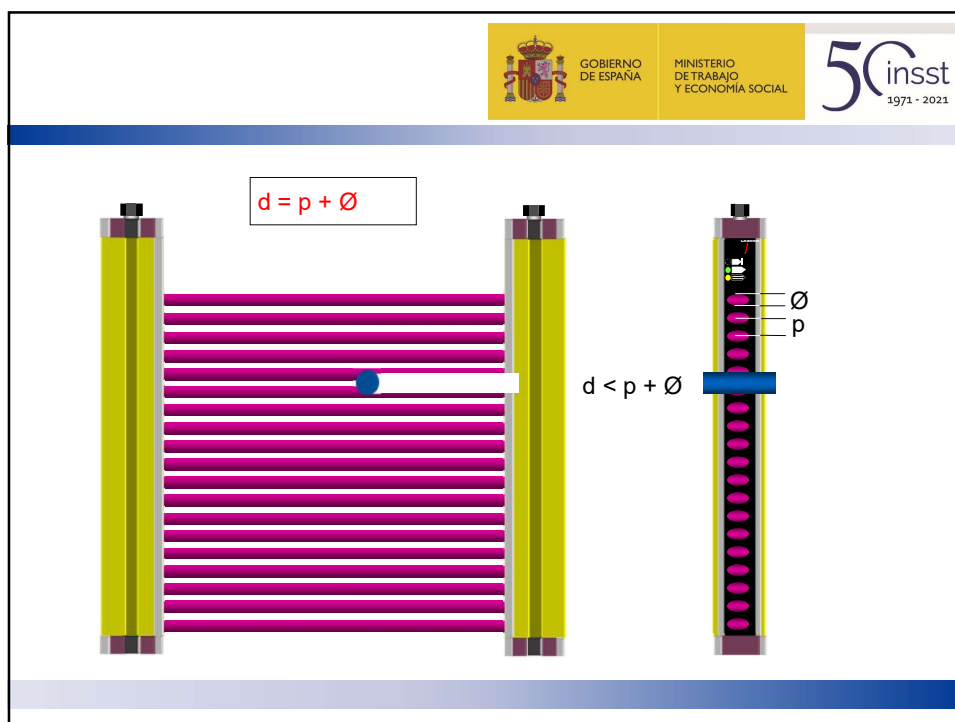
MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL



$d = p + \varnothing$



d **p** **Ø**



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL

50insst
1971 - 2021

GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL

50insst
1971 - 2021



CONDICIONES PARA EL USO DE CORTINAS

Estos dispositivos se pueden seleccionar como idóneos cuando la máquina requiere de accesos frecuentes debidos a una gran interacción del operario con la máquina y se dispone de una buena visibilidad del proceso.

No obstante, se debe garantizar una parada rápida y segura de la máquina, antes de que una persona pueda acceder a la zona peligrosa.

Por lo que estos dispositivos sólo se pueden instalar en equipos cuyos elementos peligrosos se pueden parar en cualquier punto de la fase peligrosa y con la celeridad necesaria.

GOBIERNO
DE ESPAÑAMINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL50insst
1971 - 2021

CONDICIONES PARA EL USO DE CORTINAS

Sin embargo, algunas características particulares de la máquina imposibilitan la utilización de estos dispositivos como única medida de protección:

- Posibilidad de proyección de materiales, virutas, chispas....
- Riesgo de daño por radiación térmica, u otras radiaciones
- Niveles inaceptables de ruido
- Imposibilidad de detener los elementos peligrosos en cualquier punto de la fase peligrosa, por ejemplo, estos dispositivos no podrán instalarse en prensas de revolución total, ya que la corredera no se puede parar en cualquier punto del recorrido

GOBIERNO
DE ESPAÑAMINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL50insst
1971 - 2021

USO COMO PROTECCIÓN





GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL



USO COMO PROTECCIÓN Y MANDO

Como mando; ordenando el movimiento peligroso (reiniciación de ciclo) solamente cuando los elementos peligrosos están en una posición determinada y, dependiendo del sistema de trabajo, se ha detectado:



- un corte seguido de una liberación de los haces (una interrupción)

- dos maniobras corte/ liberación seguidas de los haces (dos interrupciones)

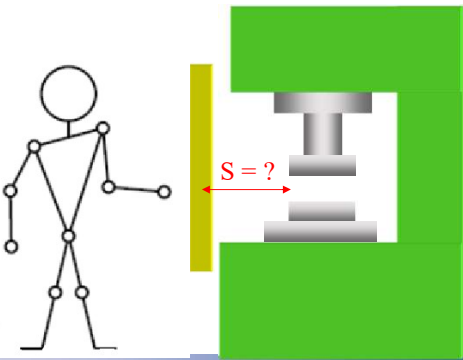


GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL



POSICIONAMIENTO DE LA CORTINA

El dispositivo debe posicionarse a la suficiente distancia del(os) peligro(s) de la máquina para asegurar que la máquina puede parar o alcanzar una condición segura antes de que cualquier parte del cuerpo pueda alcanzar la zona peligrosa, teniendo en cuenta todas las previsibles direcciones de aproximación.





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL



CÁLCULO DISTANCIA SEGURIDAD PARA CORTINAS

Para el cálculo de la distancia de seguridad se seguirán las directrices de la norma armonizada UNE-EN ISO 13855 "Seguridad de las máquinas. Posicionamiento de los dispositivos de protección en función de la velocidad de aproximación de partes del cuerpo humano".

Fórmula general cálculo distancia mínima

$$S = k \cdot T + C$$



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL



CÁLCULO DISTANCIA SEGURIDAD PARA CORTINAS

S, distancia de seguridad, es la distancia mínima, entre la cortina y la zona peligrosa, necesaria para impedir que una persona, o una parte de su cuerpo, alcance la zona peligrosa antes de que se detenga la función peligrosa de la máquina (mm).

K, parámetro de la velocidad de aproximación, es una constante calculada a partir de los datos sobre velocidades de aproximación del cuerpo o partes del cuerpo (mm/s).

T, tiempo de parada total del sistema, es el intervalo de tiempo entre la activación de la cortina y el cese de las funciones peligrosas de la máquina, que debe incluir la suma de (t1 + t2) (segundos).

C, es una distancia adicional en milímetros, que tiene en cuenta la intrusión hacia la zona peligrosa antes de la activación del dispositivo de protección.

$$S = k \cdot T + C$$

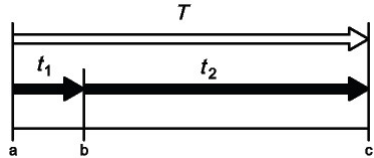


GOBIERNO DE ESPAÑA
 MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL



CÁLCULO DISTANCIA SEGURIDAD PARA CORTINAS

T es el tiempo de parada global compuesto por ($t_1 + t_2$) en segundos.



t_1 tiempo de respuesta de la cortina, tiempo máximo transcurrido desde la activación de la cortina hasta que esta genera la señal de parada.

t_2 tiempo de parada de la máquina, 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 parada emitida por la cortina.



GOBIERNO DE ESPAÑA
 MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL

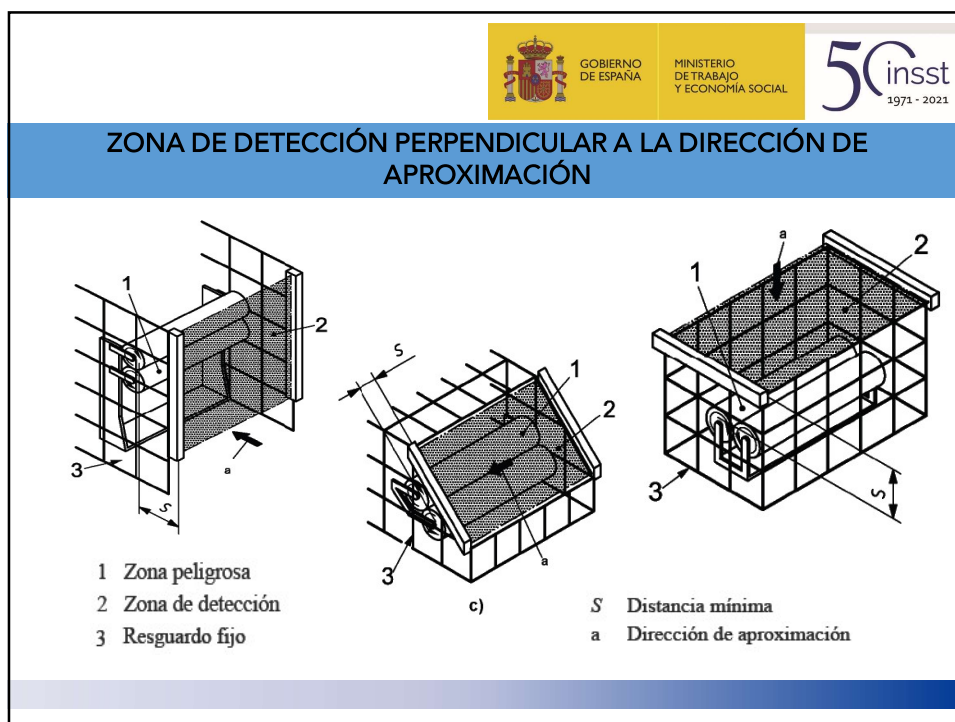


CÁLCULO DISTANCIA SEGURIDAD PARA CORTINAS

Dependiendo del modo de aproximación de la persona a la zona de detección de la cortina, esta fórmula general para el cálculo de la distancia se concretará en una serie de fórmulas particulares

Se consideran tres tipos de aplicaciones en función de la dirección de aproximación a la zona de detección:

- Aproximación perpendicular
- Aproximación paralela
- Aproximación angular



CÁLCULO EN APROXIMACIÓN PERPENDICULAR

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_{RT} (a través de la cortina).
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_{RO} (por encima de la cortina).
3. Comparación de S_{RT} y S_{RO} para determinar la distancia, S . Se debe escoger el mayor valor que resulte de la comparación.

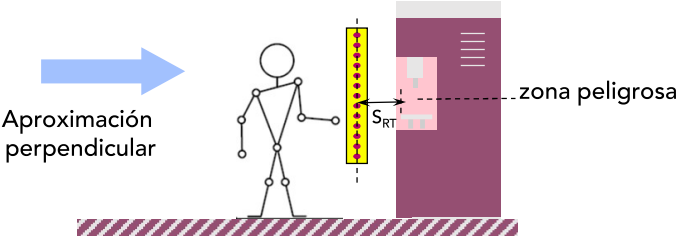

 GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL



ALCANCE A TRAVÉS DE LA CORTINA – S_{RT}

aplicable para una capacidad de detección $d \leq 40$ mm



$$S_{RT} = K \cdot T + C$$


 GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL



ALCANCE A TRAVÉS DE LA CORTINA – S_{RT}

Donde $C = 8 (d - 14)$; no inferior a cero

$$S_{RT} = K \cdot T + 8 (d - 14)$$

Donde d es la capacidad de detección en mm

Donde $K = 2000$ mm/s ó 1600 mm/s según condicionantes durante el cálculo

El valor mínimo de S debe ser de 100 mm



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL



APROXIMACIÓN PERPENDICULAR

aplicable para la utilización de la cortinas con reiniciación de ciclo (función de mando)

$$S = 2000 \cdot T + 8 \cdot (d - 14)$$

La capacidad de detección debe ser $d \leq 30$ mm

Es posible que una $d > 30$, no detecte la muñeca después de haber detectado la mano, lo que puede producir un arranque inesperado.

El valor mínimo de S debe ser superior a 150 mm

Si la capacidad de detección es $d \leq 14$ mm; entonces el valor mínimo de S debe ser superior a 100 mm



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL



ALCANCE POR ENCIMA - S_{RO}

Se debe 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.

Se pueden dar dos situaciones:

a) alcance por encima de una zona de detección sin una estructura de protección suplementaria

b) alcance por encima de una zona de detección con una estructura de protección suplementaria



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL



ALCANCE POR ENCIMA - S_{RO}

SIN ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN SUPLEMENTARIA

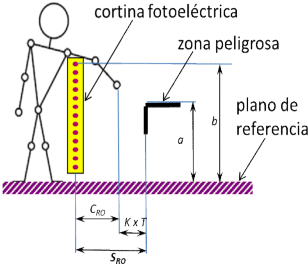
La distancia mínima S será:

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

a Altura de la zona peligrosa

b Altura del borde superior de la zona de detección de la cortina

C_{RO} Distancia suplementaria que una parte del cuerpo puede recorrer hacia la zona peligrosa antes de que se active la cortina (véanse los valores de la tabla)



Donde $K = 2000 \text{ mm/s}$ ó 1600 mm/s según condicionantes durante el cálculo

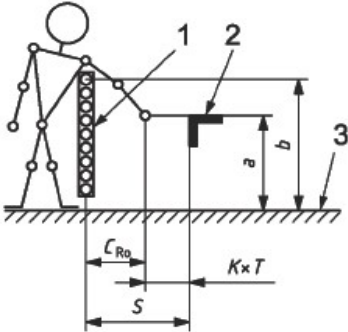


GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL



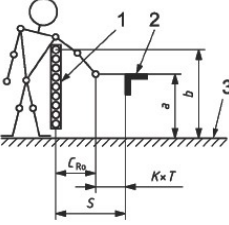
Para C_{RO} , se deben aplicar los valores de la tabla 1 (UNE-EN ISO 13855), estos valores indican la distancia suplementaria, basada en la distancia que una parte del cuerpo (generalmente una mano) puede recorrer hacia la zona peligrosa antes de que se active la cortina.





GOBIERNO DE ESPAÑA
 MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL





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
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	800	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 13857:2009 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

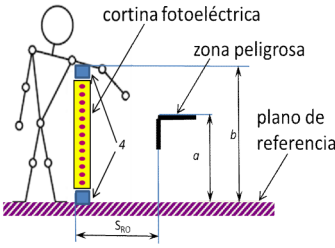


GOBIERNO DE ESPAÑA
 MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL



ALCANCE POR ENCIMA - S_{RO}
CON ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN SUPLEMENTARIA

La distancia mínima, S_{RO} , no debe ser inferior a la distancia horizontal c , determinada en la tabla 1 (riesgo bajo) o en la tabla 2 (riesgo alto) de la UNE-EN ISO 13857 "Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores e inferiores" (la situación sería equivalente a la de un resguardo distanciador).



a	Altura de la zona peligrosa
b	Altura del borde superior de la estructura de protección
S_{RO}	Distancia mínima para el alcance por encima
4	Estructura de protección (por ejemplo, un resguardo fijo)



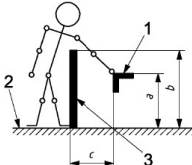
GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL



1971 - 2021

Medidas en milímetros



Altura de la zona peligrosa ^c <i>a</i>	Altura de la estructura de protección ^{a, b} <i>b</i>									
	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500	2 700
	Distancia de seguridad horizontal con respecto a la zona peligrosa, <i>c</i>									
2 700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	0
2 400	1 100	1 000	900	800	700	600	400	300	100	0
2 200	1 300	1 200	1 000	900	800	600	400	300	0	0
2 000	1 400	1 300	1 100	900	800	600	400	0	0	0
1 800	1 500	1 400	1 100	900	800	600	0	0	0	0
1 600	1 500	1 400	1 100	900	800	500	0	0	0	0
1 400	1 500	1 400	1 100	900	800	0	0	0	0	0
1 200	1 500	1 400	1 100	900	700	0	0	0	0	0
1 000	1 500	1 400	1 000	800	0	0	0	0	0	0
800	1 500	1 300	900	600	0	0	0	0	0	0
600	1 400	1 300	800	0	0	0	0	0	0	0
400	1 400	1 200	400	0	0	0	0	0	0	0
200	1 200	900	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1 100	500	0	0	0	0	0	0	0	0

^a Las estructuras de protección de altura inferior a 1 000 mm no están incluidas, porque no restringen suficientemente los movimientos del cuerpo.

^b No se deberían utilizar estructuras de protección más bajas de 1 400 mm sin medidas preventivas adicionales.

^c Para zonas peligrosas por encima de 2 700 mm, remitirse al apartado 4.2.1.

Así la distancia mínima que se debe aplicar para el posicionamiento de la cortina, se debe fijar comparando los valores ya calculados de la distancia S_{RT} (a través de la cortina), y los valores de la distancia S_{RO} (por encima de la cortina).

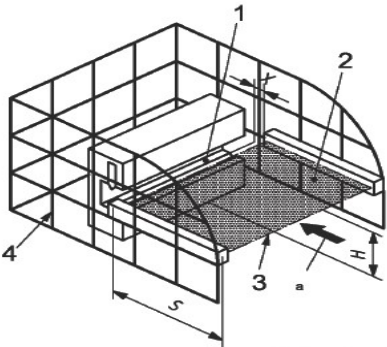
Se debe aplicar el mayor valor que resulte de la comparación.


 GOBIERNO DE ESPAÑA


 MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL



ZONA DE DETECCIÓN PARALELA A LA DIRECCIÓN DE APROXIMACIÓN



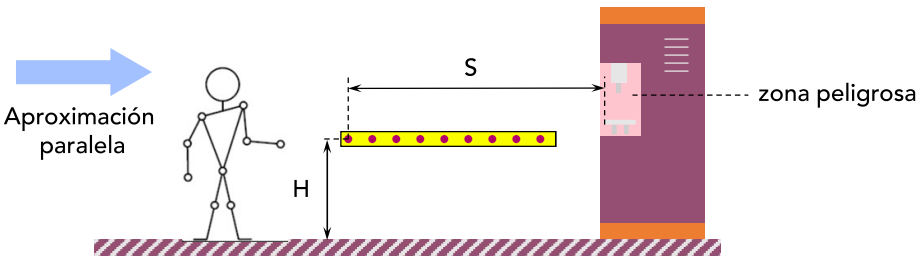
1 Zona peligrosa 2 Zona de detección 3 Borde de la zona de detección 4 Resguardo fijo	H Altura de la zona de detección por encima del plano de referencia S Distancia mínima X Distancia entre el límite de la zona de detección y la zona peligrosa a Dirección de aproximación
--	---


 GOBIERNO DE ESPAÑA


 MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL



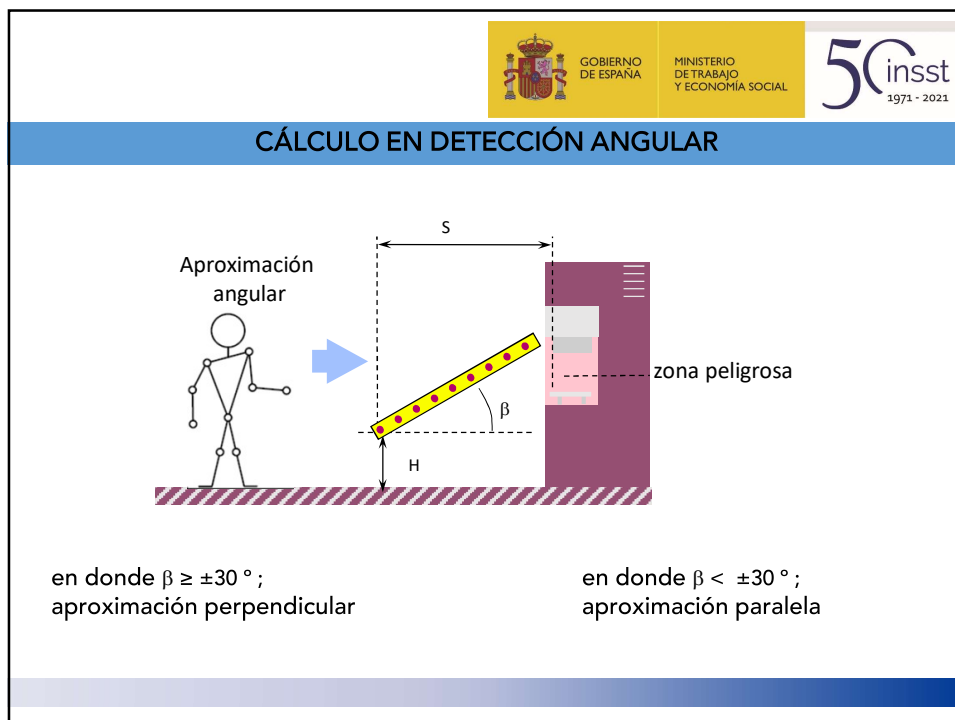
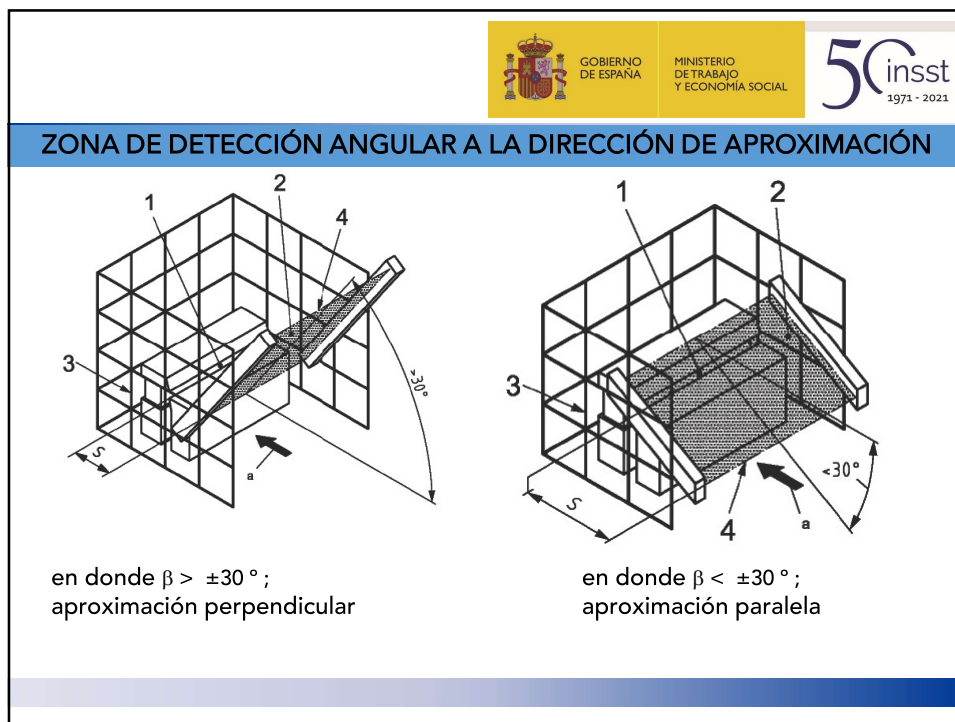
CÁLCULO EN APROXIMACIÓN PARALELA



$$S = K \cdot T + C$$

Donde $K = 1600 \text{ mm/s}$ Donde $C = (1200 - 0,4 H)$; no inferior a 850 mm

$$S = 1600 T + 1200 - 0,4 H$$



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL



POSICIONAMIENTO DE LA CORTINA

También deben tenerse en cuenta las previsibles aberturas adyacentes o accesos a la zona peligrosa no permitidos:

- no debe ser posible acceder a la zona peligrosa sin activar el dispositivo
- no debe ser posible permanecer entre el campo de detección y la zona peligrosa sin que el sistema lo detecte

GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL











GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL



1971 - 2021

$S_{RT} = K \cdot T + 8 (d - 14)$

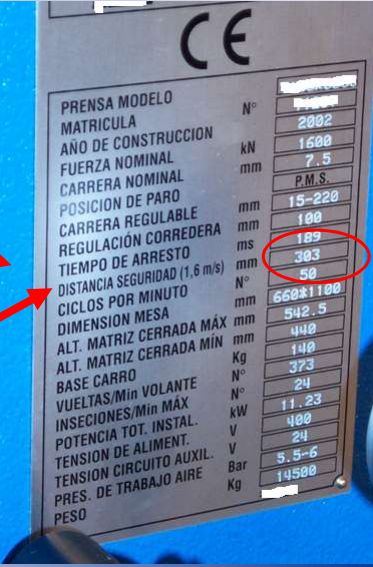
Donde d es 14 mm

Donde T es 189 ms

Donde $K = 2000 \text{ mm/s}$ ó 1600 mm/s

$S_{RT} = 2000 \cdot 0,189 = 378 \text{ mm}$

INCORRECTA



PRENSA MODELO		Nº
MATRICULA		2002
AÑO DE CONSTRUCCION		1600
FUERZA NOMINAL	kN	7.5
CARRERA NOMINAL	mm	P.M.S.
POSICION DE PARO	mm	15-220
CARRERA REGULABLE	mm	100
REGULACION CORREDERA	mm	109
TIEMPO DE ARRESTO	ms	303
DISTANCIA SEGURIDAD (1.6 m/s)	mm	50
CICLOS POR MINUTO	Nº	660 ± 100
DIMENSION MESA	mm	542.5
ALT. MATRIZ CERRADA MÁX	mm	440
ALT. MATRIZ CERRADA MÍN	mm	140
BASE CARRO	Kg	373
VUELTAS/Min VOLANTE	Nº	24
INSECCIONES/Min MÁX	Nº	11.23
POTENCIA TOT. INSTAL.	kW	400
TENSION DE ALIMENT.	V	24
TENSION CIRCUITO AUXIL.	V	5.5-6
PRES. DE TRABAJO AIRE	Bar	14500
PESO	Kg	

ANO 2018     1.101	GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL 50 insst 1971 - 2021
Equipos de detección de presencia de personas (I): selección de cortinas fotoeléctricas <i>Protective equipment to detect the presence of persons (I): Light curtains - Selection</i> <i>Équipements de protection à la détection de la présence de personnes (I): Barrière immatérielle - Sélection</i> Autor: Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSST) Elaborado por: José Jorge Sanz Pereda CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA, INSST Este documento proporciona información sobre la utilización de equipos de protección que emplean dispositivos sensibles para detectar la presencia momentánea o continua de personas o de partes de ellas. Su finalidad es proteger a esas personas de las partes peligrosas de las máquinas en aplicaciones industriales. En particular, esta NTP facilita información para equipos de protección electroinsensibles (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 primera parte se trata de especificar los requisitos para su selección y las formas de utilización. Los requisitos para su posicionamiento y configuración se tratan en la NTP 1.102.	https://www.insst.es/documents/94886/382595/ntp-1101w.pdf/43253902-750f-489c-b274-2a0458ff10e1
https://www.insst.es/documents/94886/382595/ntp-1102w.pdf/bac2f722-afd6-45d9-8aff-1b7d6e23a48b	AÑO 2018     1.102 Equipos de detección de presencia de personas (II): posicionamiento de cortinas fotoeléctricas <i>Protective equipment to detect the presence of persons (II): Light curtains - Positioning</i> <i>Équipements de protection à la détection de la présence de personnes (II): Barrière immatérielle - Placement</i> Autor: Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSST) Elaborado por: José Jorge Sanz Pereda CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA, INSST 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, esta NTP facilita información para equipos de protección electroinsensibles (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 su posicionamiento y configuración.