

# CURSO:

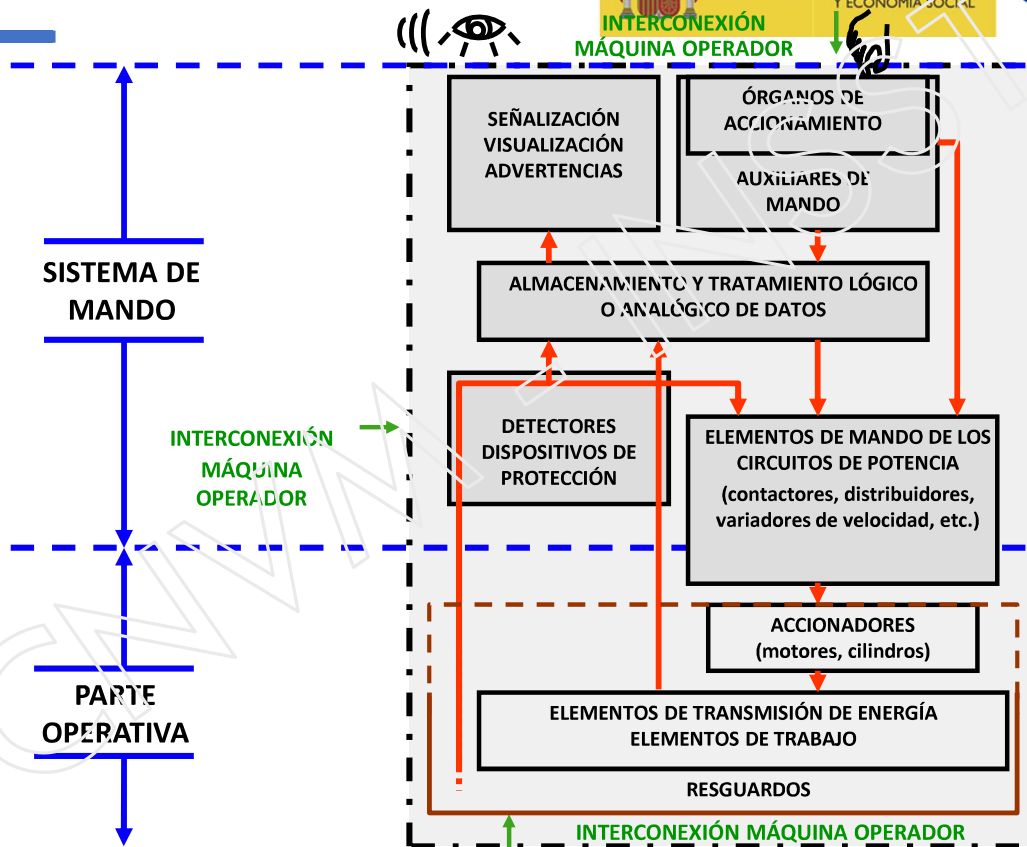
## “SEGURIDAD EN MÁQUINAS” PARTES DE LOS SISTEMAS DE MANDO RELATIVAS A LA SEGURIDAD

Ibon Unzueta Estébanez  
INSST – CNVM Bizkaia

CNVM – Barakaldo - Bizkaia  
15 y 16 de Junio de 2023

CURSO “SEGURIDAD EN MÁQUINAS” 15 y 16/06/2023

### SISTEMA DE MANDO



CURSO “SEGURIDAD EN MÁQUINAS” 15 y 16/06/2023

### Parte de un sistema de mando relativa a la seguridad – SRP/CS

Parte de un sistema de mando que responde a señales de entrada y genera señales de salida relativas a la seguridad.

NOTA 1 Las partes combinadas de un sistema de mando relativas a la seguridad comienzan en los puntos en los que se generan las señales de entrada relativas a la seguridad (incluyendo, por ejemplo la leva de accionamiento y la roldana de un interruptor de posición) y terminan a la salida de los elementos de mando de los accionadores (incluyendo, por ejemplo, los contactos principales de un contactor).

NOTA 2 Si se utilizan sistemas de control para los diagnósticos, éstos también se consideran SRP/CS.

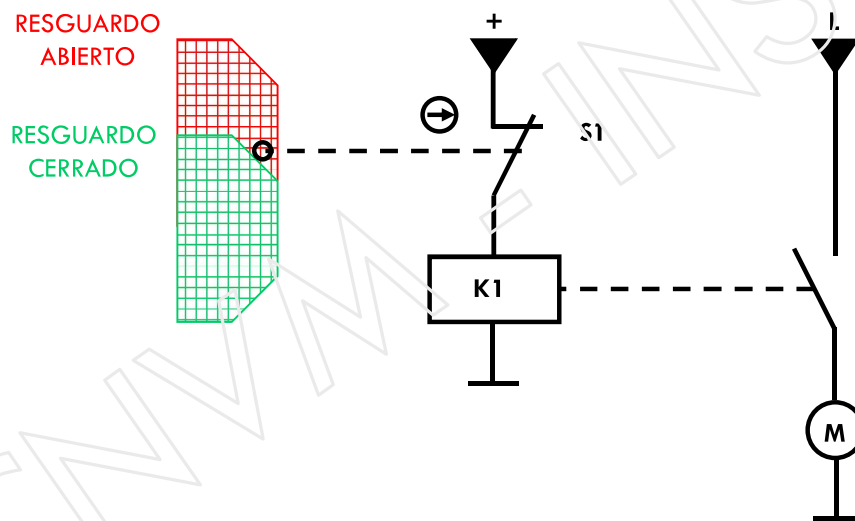
## FUNCIÓN DE SEGURIDAD

### Función de seguridad

Función de una máquina cuyo fallo podría dar lugar a un aumento inmediato del (de los) riesgo(s).

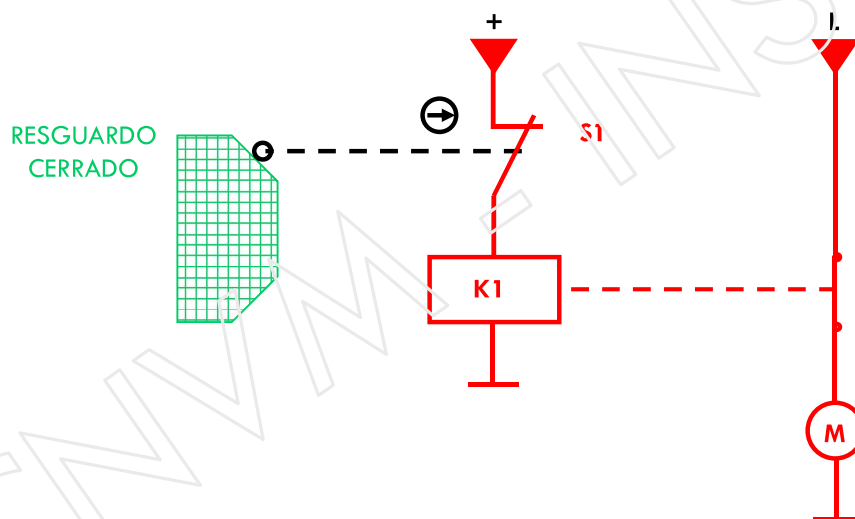
- Función de parada relativa a la seguridad iniciada por un protector
- Función de rearme manual
- Función de puesta en marcha/ nueva puesta en marcha
- Función de inhibición
- Función de mando sensitivo
- Función de validación
- Prevención de una puesta en marcha intempestiva
- Modos de mando y su selección
- Función de parada de emergencia

# EJEMPLO 1



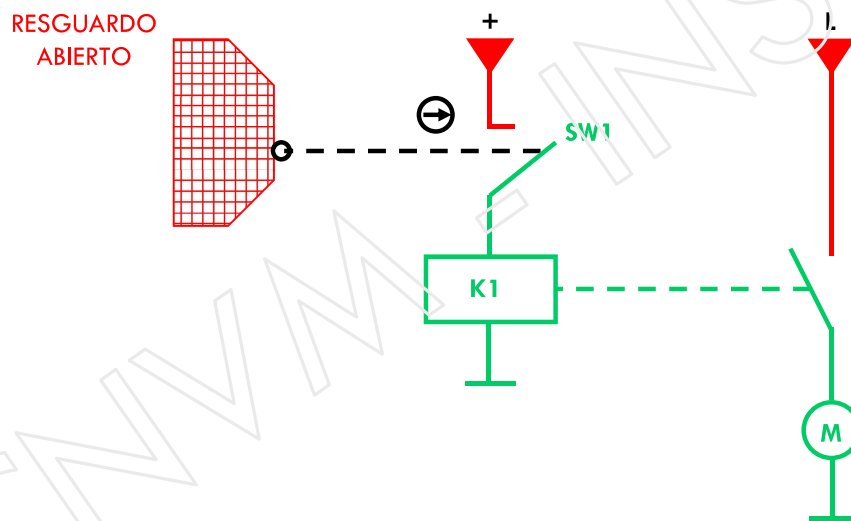
**Función de parada de seguridad iniciada por el enclavamiento asociado a un resguardo móvil**

# EJEMPLO 1



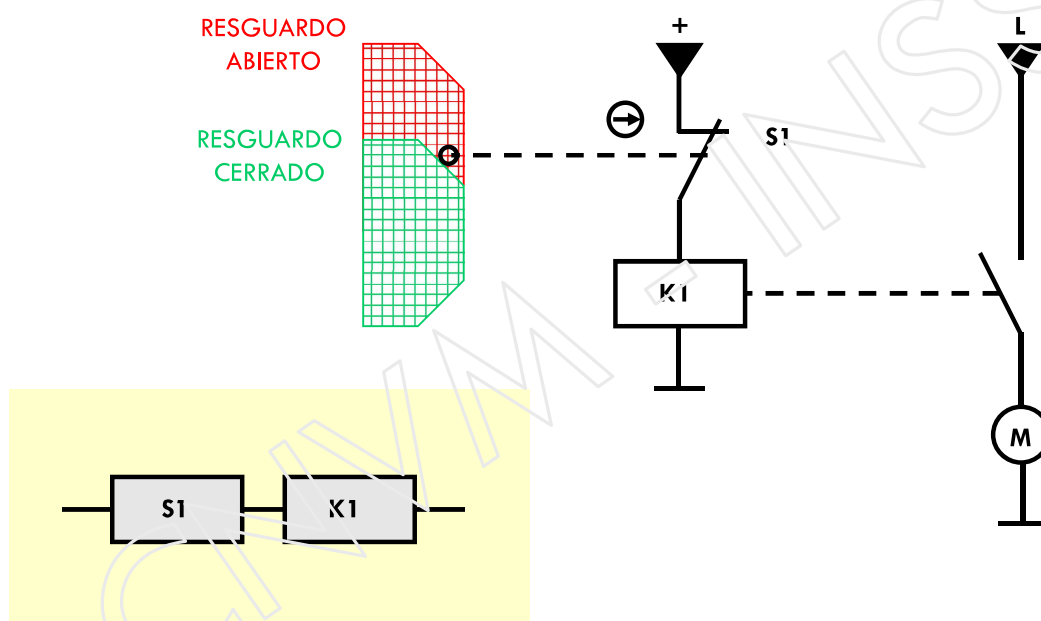
**Función de parada de seguridad iniciada por el enclavamiento asociado a un resguardo móvil**

# EJEMPLO 1



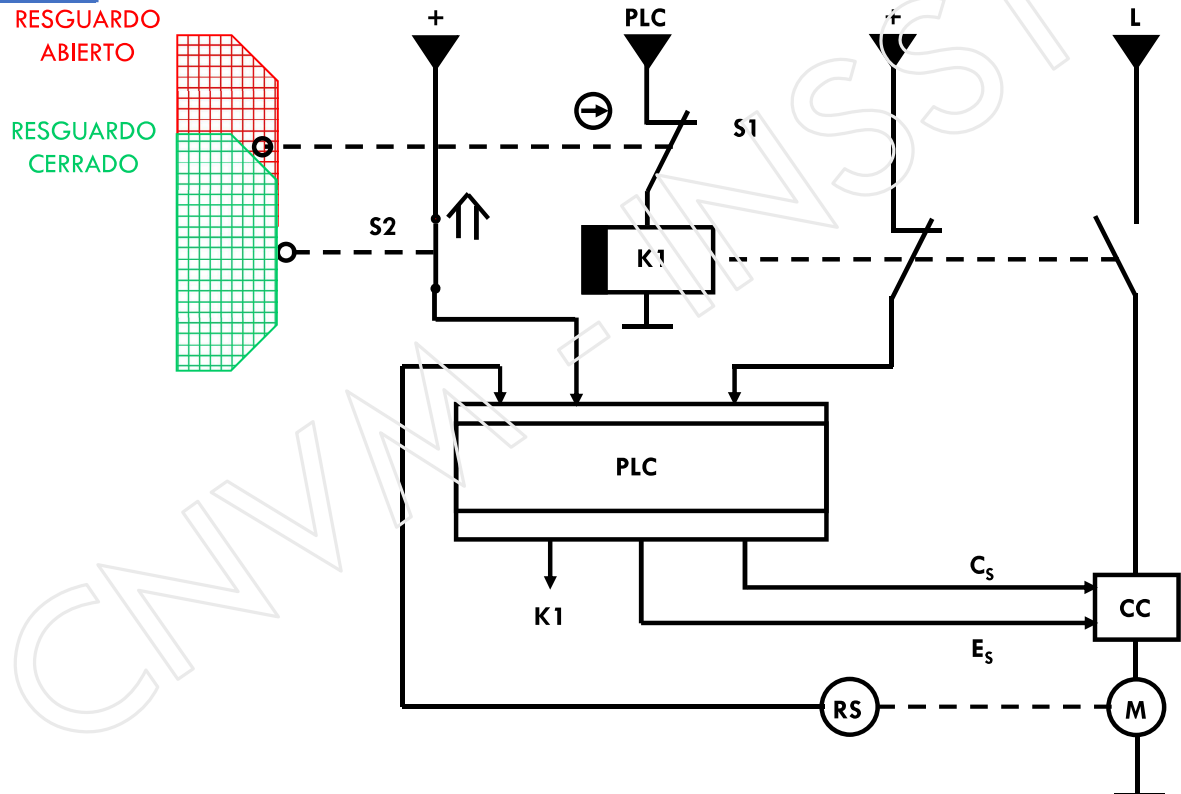
**Función de parada de seguridad iniciada por el enclavamiento asociado a un resguardo móvil**

# EJEMPLO 1



**Función de parada de seguridad iniciada por el enclavamiento asociado a un resguardo móvil**

## EJEMPLO 2

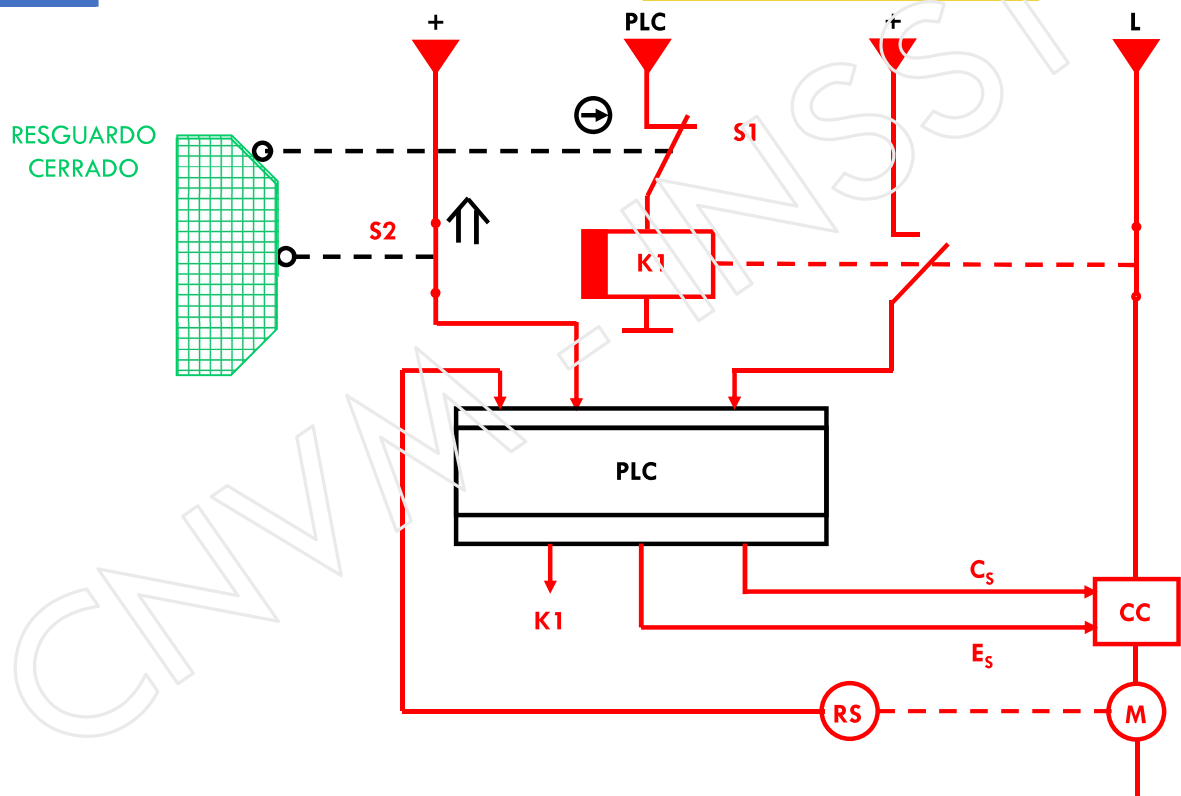


**Función de parada de seguridad iniciada por el enclavamiento asociado a un resguardo móvil**

CURSO "SEGURIDAD EN MÁQUINAS" 15 y 16/06/2023

9

## EJEMPLO 2

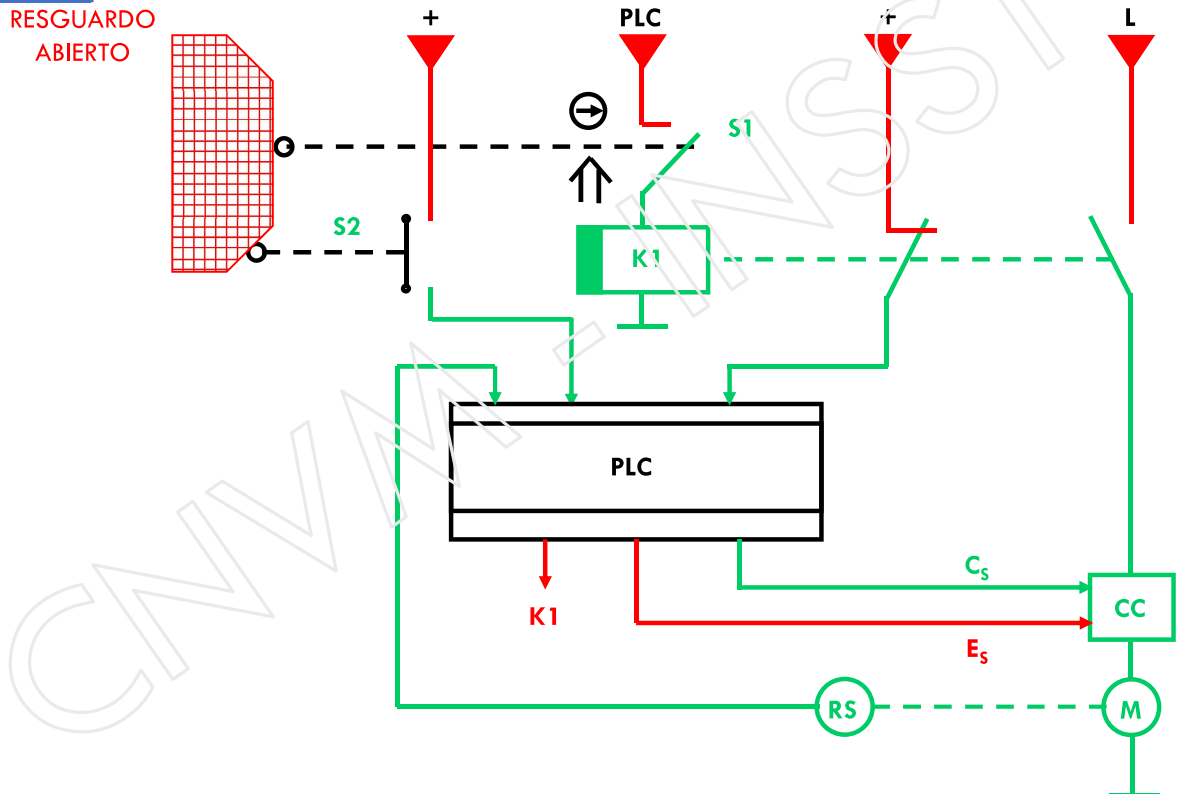


**Función de parada de seguridad iniciada por el enclavamiento asociado a un resguardo móvil**

CURSO "SEGURIDAD EN MÁQUINAS" 15 y 16/06/2023

10

## EJEMPLO 2

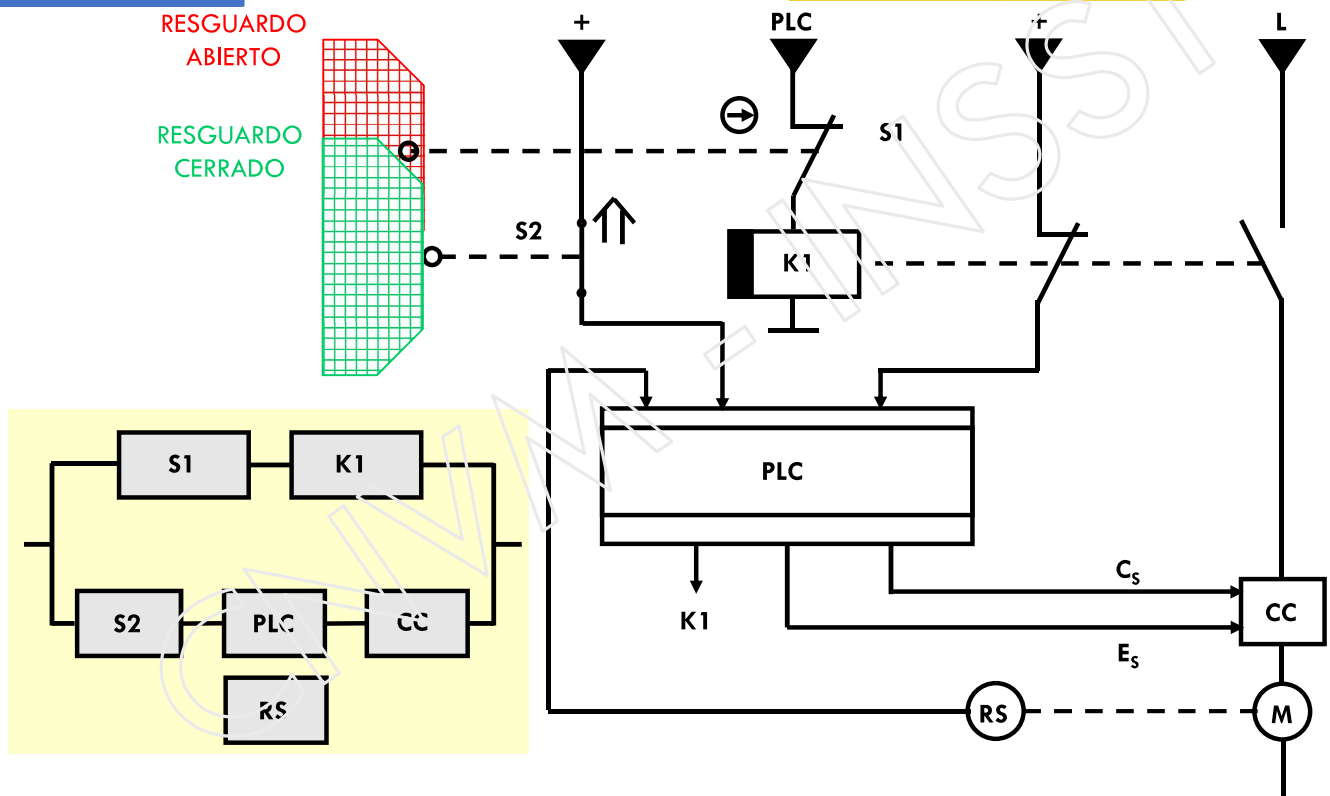


**Función de parada de seguridad iniciada por el enclavamiento asociado a un resguardo móvil**

CURSO "SEGURIDAD EN MÁQUINAS" 15 y 16/06/2023

11

## EJEMPLO 2

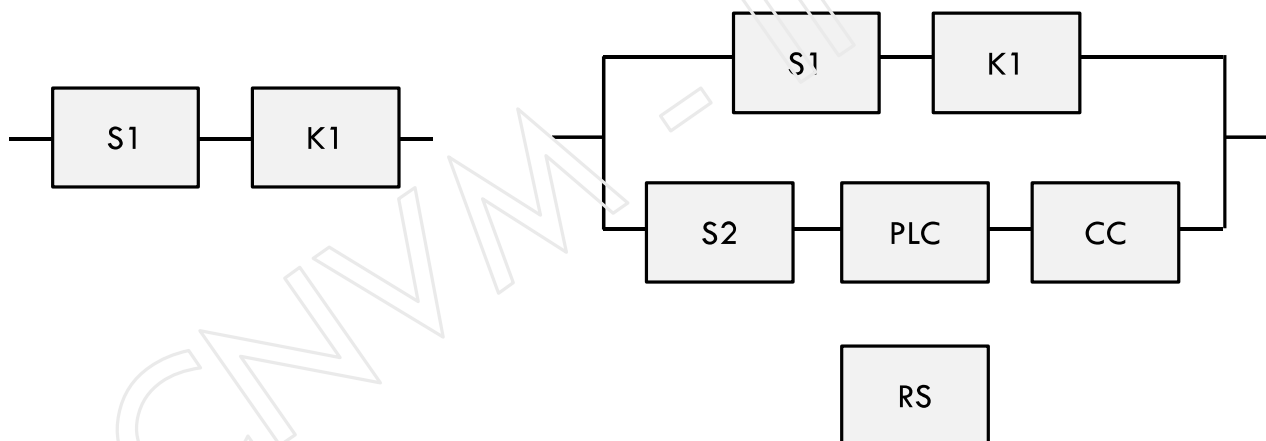


**Función de parada de seguridad iniciada por el enclavamiento asociado a un resguardo móvil**

CURSO "SEGURIDAD EN MÁQUINAS" 15 y 16/06/2023

12

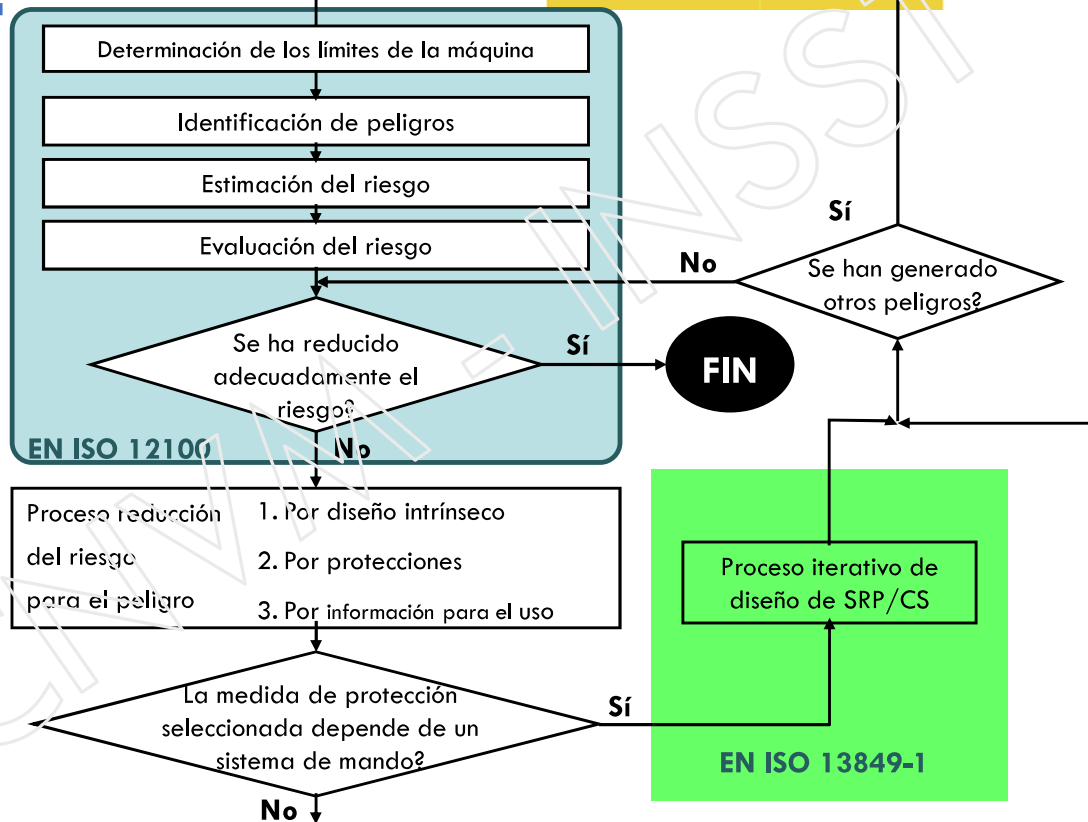
# EJEMPLO 1/EJEMPLO 2



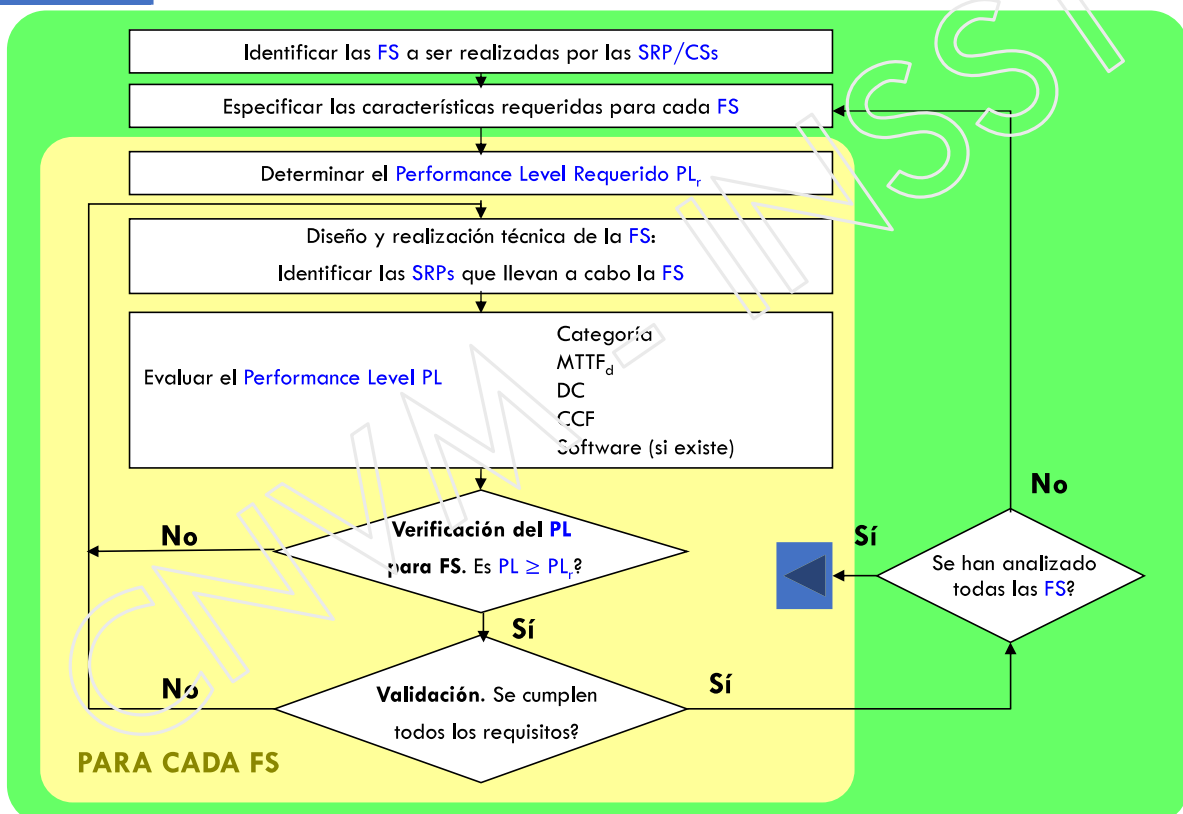
## NORMA EN ISO 13849-1

norma española		UNE-EN ISO 13849-1
		Noviembre 2007
TÍTULO	Seguridad de las máquinas	
	Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad	
	Parte 1: Principios generales para el diseño	
	(ISO 13849-1:2006)	
	<i>English title: "Safety-related parts of control systems: Part 1: General principles for design (ISO 13849-1:2006)"</i>	
	<i>French title: "Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité. Partie 1: Principes généraux pour le design (ISO 13849-1:2006)"</i>	
CORRESPONDENCIA	Esta norma es la versión "español" en español, de la Norma Europea EN ISO 13849-1:2006, que a su vez adapta la Norma Internacional ISO 13849-1:2006.	
OBSERVACIONES	Esta norma sustituye y modifica a las Normas UNE-EN 954-1:1997 y UNE-EN 954-1:1998 Ediciones antes de 2009-12-01.	
ANTECEDENTES	Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AENCTN 81 Prevención y Medidas de Protección Personal y Colectiva en el Trabajo cuya Secretaría española AENOR-DSST.	
Editado e impreso por AENOR Deposito legal: M 2949/2007		Las observaciones a este documento han de dirigirse a: <b>AENOR</b> Asociación Española de Normalización y Certificación C/Urreola, 6 28004 MADRID-España Teléfono: 91 432 40 00 Fax: 91 331 40 32
© AENOR 2007 Reproducción prohibida		94 Páginas Grupo 52
		DOCUMENTO DE TRABAJO CTN 81

## Visión de la Evaluación de Riesgos Reducción de Riesgos



## Visión de la Evaluación de Riesgos Reducción de Riesgos



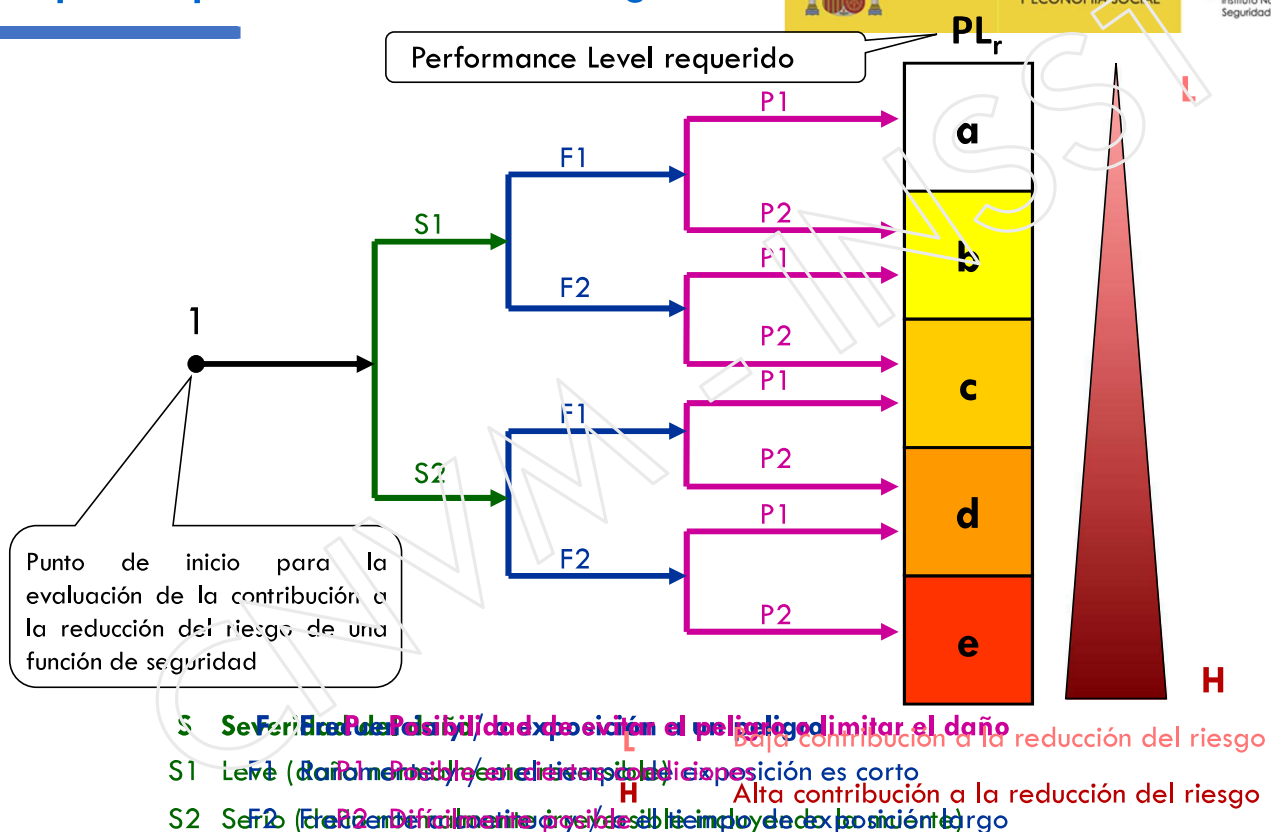


Nivel discreto para especificar la capacidad de las partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad para desempeñar una función de seguridad en condiciones previsibles.

Performance level (PL)	Probabilidad media de fallo peligroso por hora 1/h
a	$\geq 10^{-5}$ a $< 10^{-4}$
b	$\geq 3 \times 10^{-6}$ a $< 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6}$ a $< 3 \times 10^{-6}$
d	$\geq 10^{-7}$ a $< 10^{-6}$
e	$\geq 10^{-8}$ a $< 10^{-7}$

Nota: Además de la probabilidad media de fallo peligroso por hora también son necesarias otras medidas para lograr el PL

## Gráfico del riesgo para determinar el PL requerido para cada función de seguridad



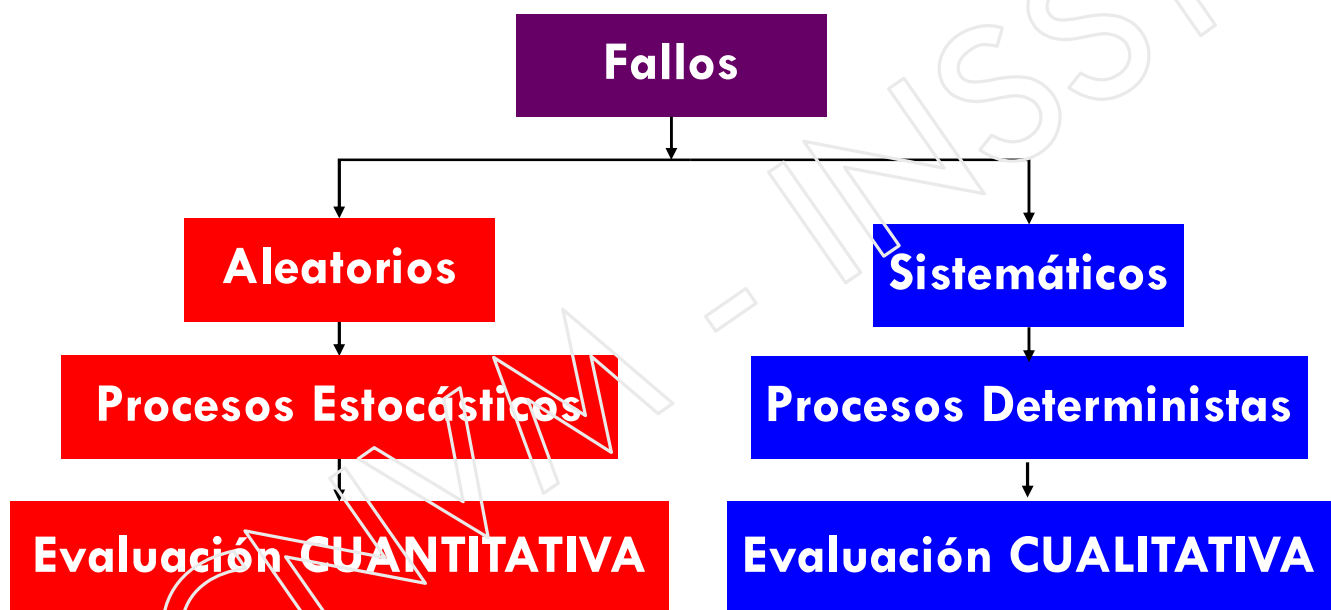
### a) Aspectos cuantificables

- Estructura (categoría)
- $MTTF_d$  de los componentes (fallos aleatorios)
- La cobertura de diagnóstico (DC), frecuencia de los diagnósticos
- Fallos de causa común (CCF), a través del factor  $\beta$
- Frecuencia de solicitud de la función de seguridad
- Duración de la misión

### b) Aspectos no cuantificables

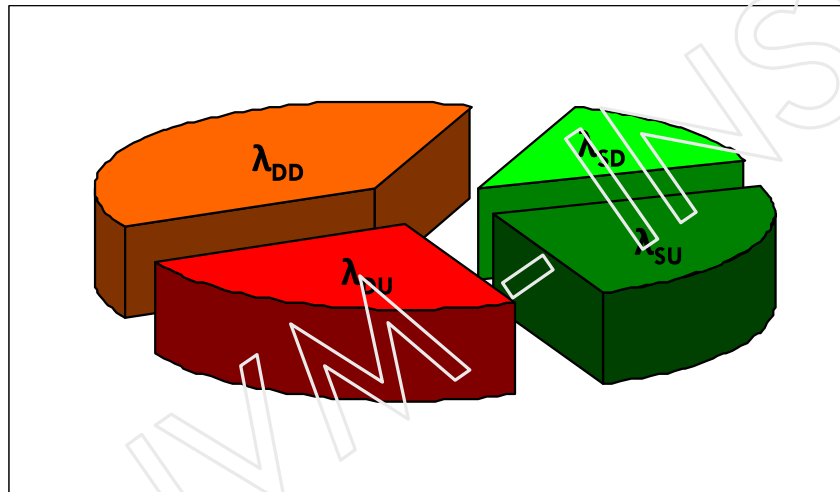
- El comportamiento de la función de seguridad en condiciones de defecto
- El soporte lógico de seguridad
- La aptitud para desempeñar la función de seguridad en las condiciones ambientales previstas
- Los fallos sistemáticos

## CLASIFICACIÓN DE LOS FALLOS SEGÚN NORMAS EN, ISO, CEI



# CLASIFICACIÓN DE LOS FALLOS SEGÚN NORMAS EN, ISO, CEI

$$\lambda = \text{Tasa de Fallos} = \lambda_D (\text{fallos peligrosos}) + \lambda_S (\text{fallos seguros})$$



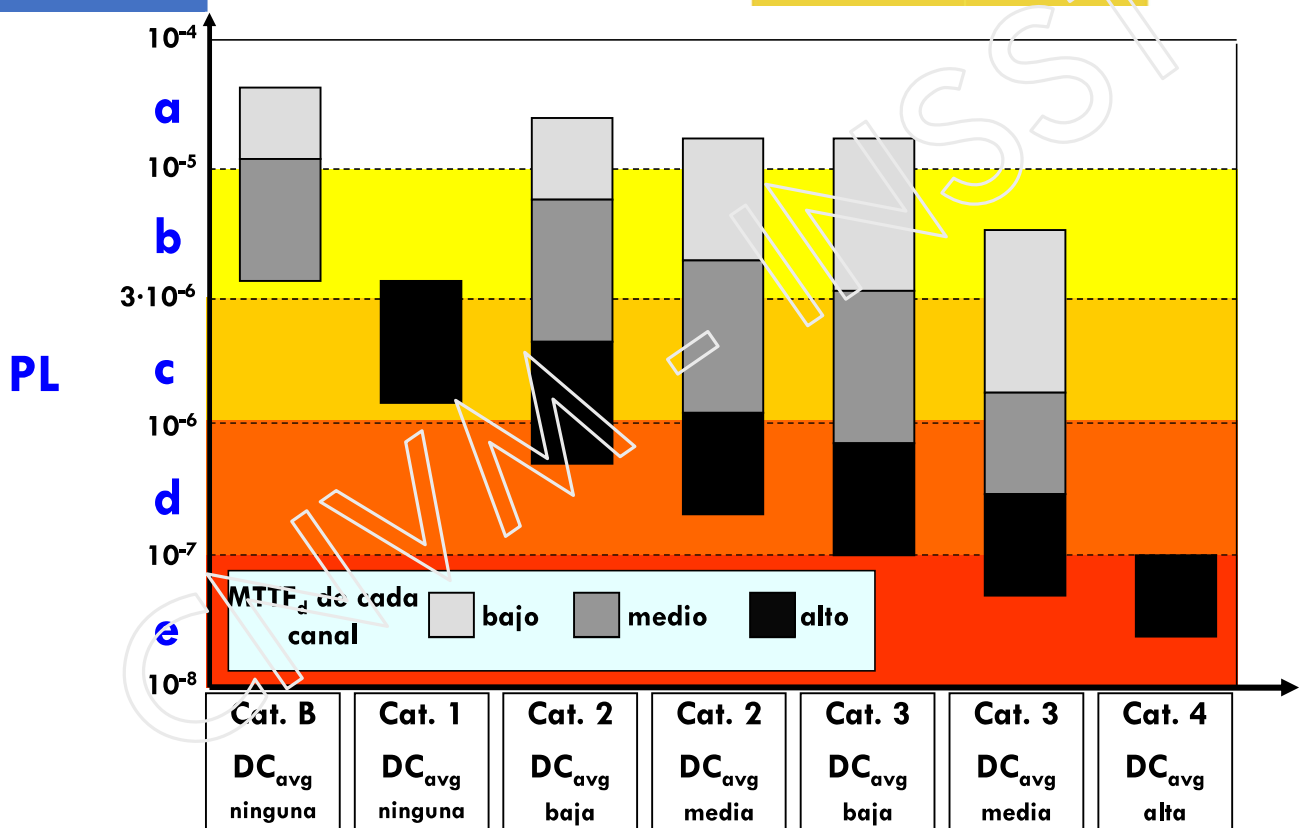
$\lambda_D$  Fallos peligrosos

- $\lambda_{DD}$  Fallos peligrosos detectados
- $\lambda_{DU}$  Fallos peligrosos no detectados

$\lambda_S$  Fallos seguros

- $\lambda_{SD}$  Fallos seguros detectados
- $\lambda_{SU}$  Fallos seguros no detectados

## Relación entre categorías, $DC_{avg}$ , $MTTF_d$ de cada canal y PL

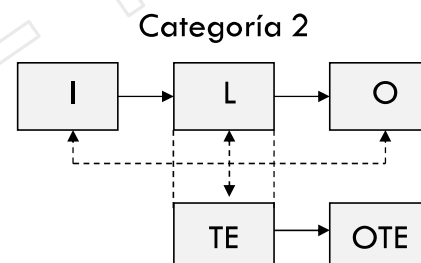
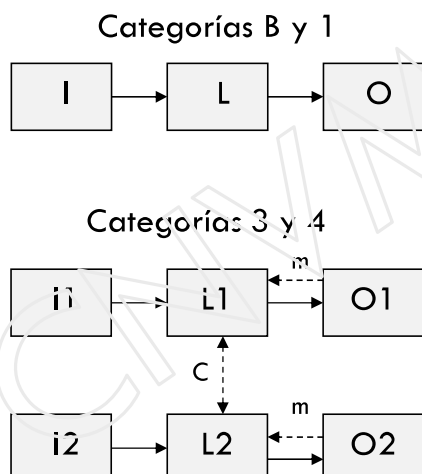


## Método simplificado

- Definir la **CATEGORÍA** de la combinación de SRP/CS, en base a la arquitectura adoptada ([apartado 6, Anexo B](#))
- Estimar el **MTTF<sub>d</sub>** de cada canal ([Anexos C y D](#))
- Estimar la **DC<sub>media</sub>** del conjunto de la combinación de SRP/CS ([Anexo E](#))
- Adoptar las medidas suficientes contra los **CCF** (fallos de causa común) ([Anexo F](#))

## CATEGORÍA

Clasificación de las partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad con respecto a su resistencia a fallos y el consiguiente comportamiento en condición de fallo, y que es lograda por una [disposición estructural de las partes](#), por la [detección de fallos](#) y/o por su [fiabilidad](#).



Dos salidas independientes

$$\text{Tasa de solicit.} \leq \frac{1}{100} \cdot \text{Tasa de verific.}$$

$$\text{MTTF}_{d,TE} > \frac{\text{MTTF}_{d,L}}{2}$$

## MTTF<sub>d</sub> de un componente

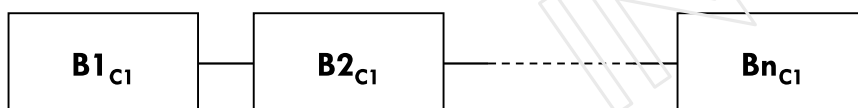
Valor probable (esperado) de la duración media hasta un fallo peligroso del componente.

El MTTF<sub>d</sub> se calcula a partir del MTTF cuando conocemos cual es el porcentaje de fallos peligrosos en el conjunto de los modos de fallo de un componente.

Denotación de MTTF <sub>d</sub> de cada canal	Rango de MTTF <sub>d</sub> de cada canal
Bajo	3 años ≤ MTTF <sub>d</sub> < 10 años
Medio	10 años ≤ MTTF <sub>d</sub> < 30 años
Alto	30 años ≤ MTTF <sub>d</sub> ≤ 100 años

## MTTF<sub>d</sub> de cada canal

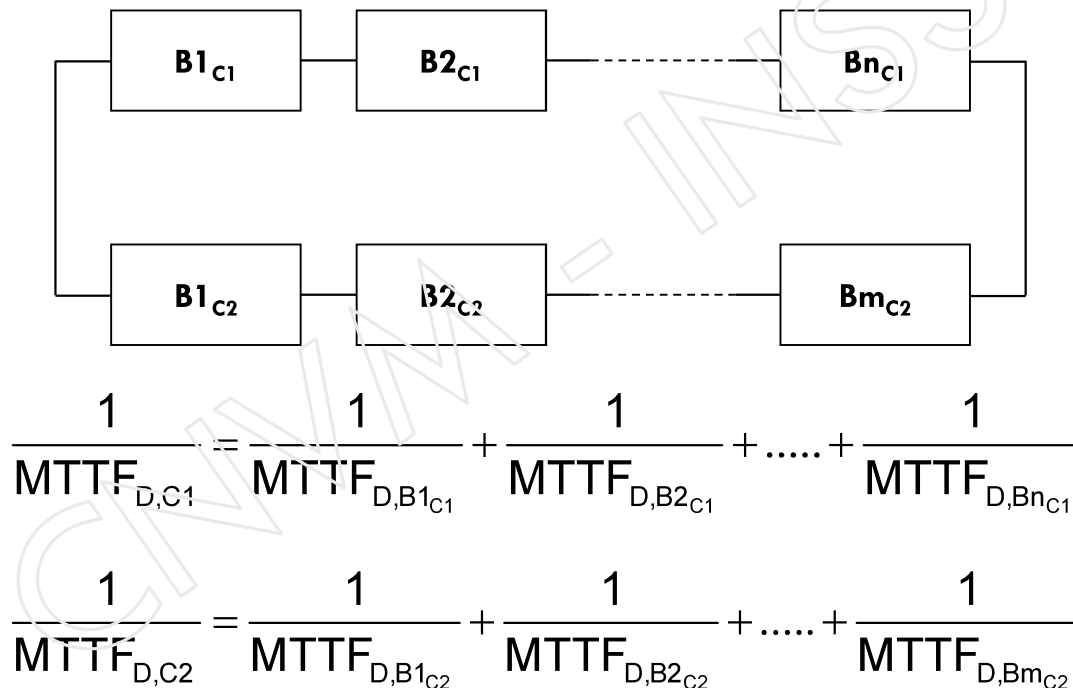
### MTTF<sub>d</sub> de un canal. Categoría B, 1 y 2



$$\frac{1}{\text{MTTF}_{D,C1}} = \frac{1}{\text{MTTF}_{D,B1_{C1}}} + \frac{1}{\text{MTTF}_{D,B2_{C1}}} + \dots + \frac{1}{\text{MTTF}_{D,Bn_{C1}}}$$

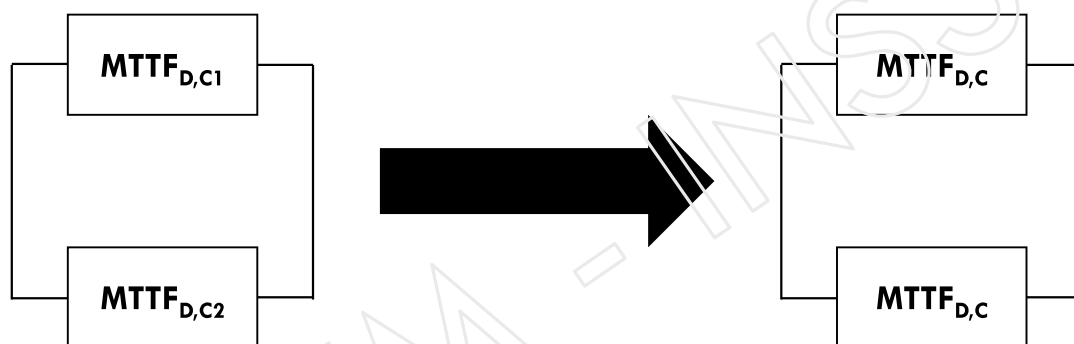
# MTTF<sub>d</sub> de cada canal

## MTTF<sub>d</sub> de un canal. Categoría 3 y 4



# MTTF<sub>d</sub> de cada canal

## MTTF<sub>d</sub> de un canal. Categoría 3 y 4



## Fórmula de Simetrización

$$MTTF_{D,C} = \frac{2}{3} \left[ MTTF_{D,C1} + MTTF_{D,C2} - \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{D,C1}} + \frac{1}{MTTF_{D,C2}}} \right]$$

### Cobertura de diagnóstico (DC)

Medida para la efectividad de los diagnósticos, puede ser determinada como una relación entre la tasa de fallos de los fallos peligrosos detectados y la tasa de fallos peligrosos totales. La DC varía entre 0 y 1.

$$DC = \frac{\lambda_{DD}}{\lambda_D}$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC_1}{MTTF_{d_1}} + \frac{DC_2}{MTTF_{d_2}} + \dots + \frac{DC_n}{MTTF_{d_n}}}{\frac{1}{MTTF_{d_1}} + \frac{1}{MTTF_{d_2}} + \dots + \frac{1}{MTTF_{d_n}}}$$

Denotación de DC	Rango de DC
Ninguna	$DC < 60 \%$
Baja	$60 \% \leq DC < 90 \%$
Media	$90 \% \leq DC < 99 \%$
Alta	$99 \% \leq DC$

$$DC_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_{DD_i}}{\sum_{i=1}^n \lambda_{D_i}}$$

## Estimación de Fallos de Causa Común (CCF)

### Fallo de causa común (CCF)

Fallo de varios elementos, que resultan de un suceso y que no son consecuencia unos de otros.

Los fallos de causa común se representan mediante el factor Beta. Este factor varía entre 0 y 1.

$$\beta = \frac{\lambda_C}{\lambda} \Rightarrow \lambda_C = \beta \cdot \lambda \quad y \quad \lambda_N = (1 - \beta) \cdot \lambda$$

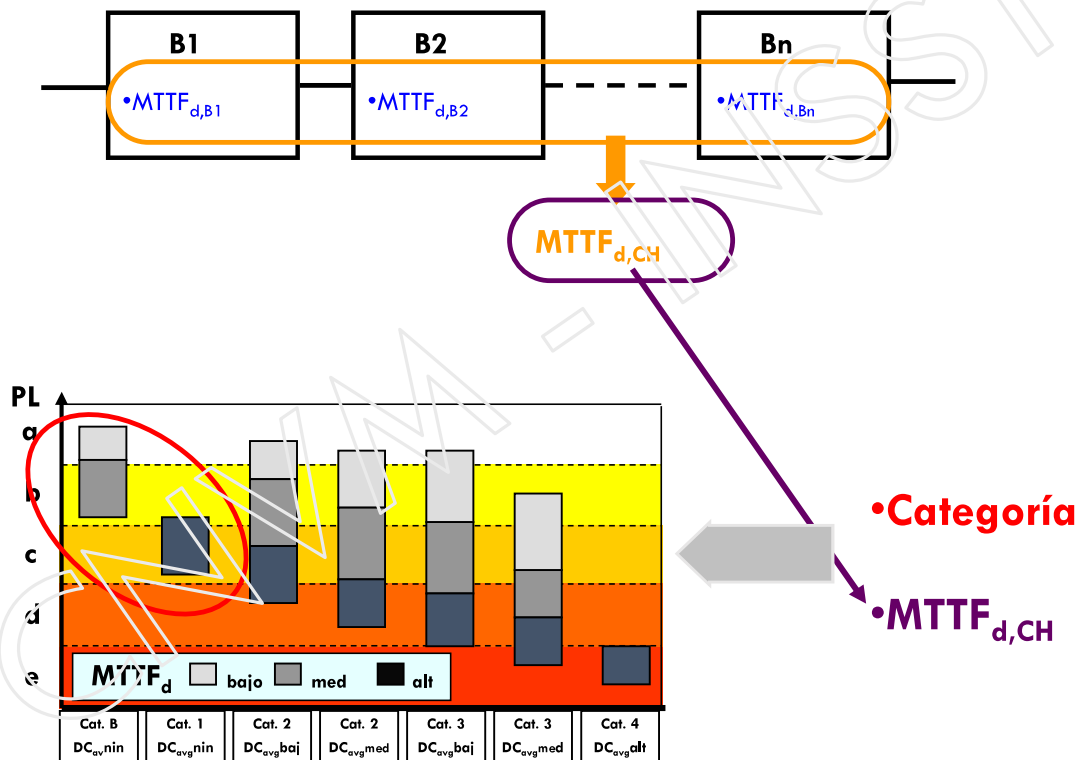
En el método simplificado se considera que si se implementan suficientes medidas del Anexo F en el conjunto del sistema, el factor  $\beta$  es igual o inferior a 2%.

## Fallos de Causa Común (CCF)

Nº	Medida contra CCF	Puntos
1	Separación / Segregación	15
2	Diversidad	20
3	Diseño / Aplicación / Experiencia	20
4	Evaluación / Análisis	5
5	Competencia / Formación	5
6	Entorno	35
	Máximo Total	100

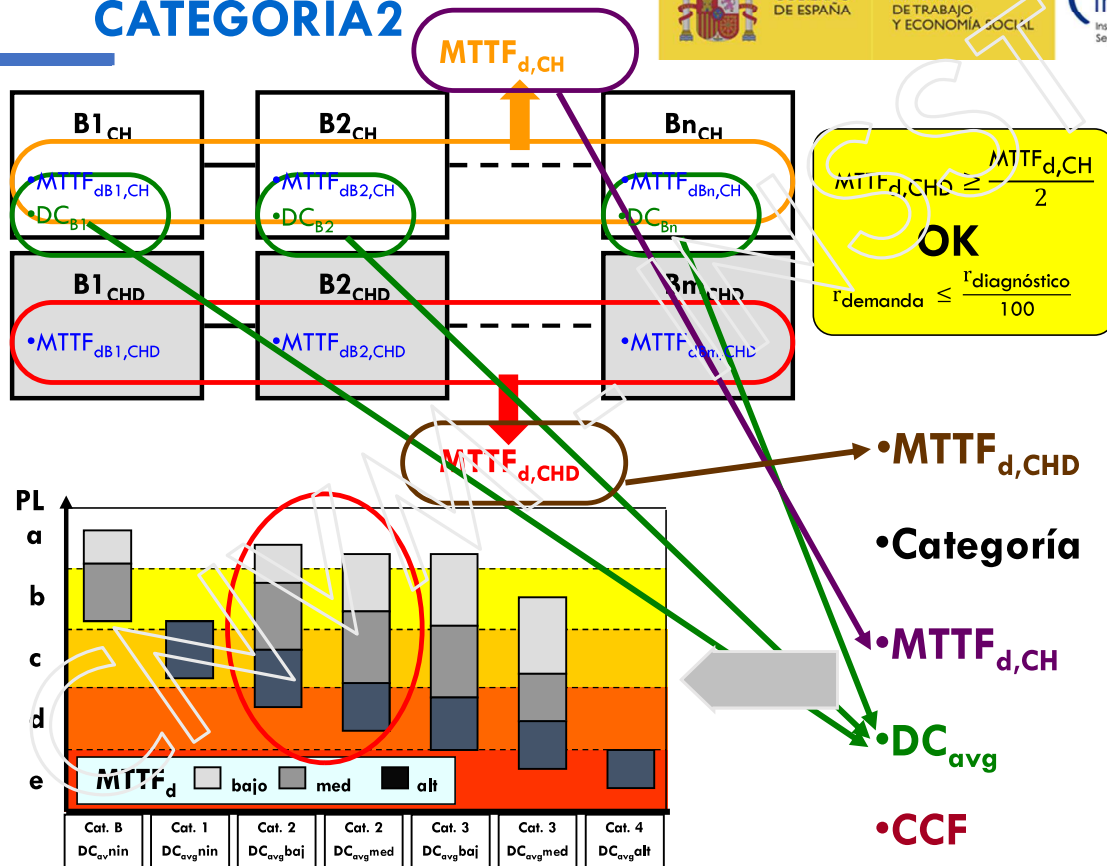
**TOTAL < 65 puntos ► requisitos adicionales**

## MÉTODO SIMPLIFICADO: CATEGORÍAS B y 1

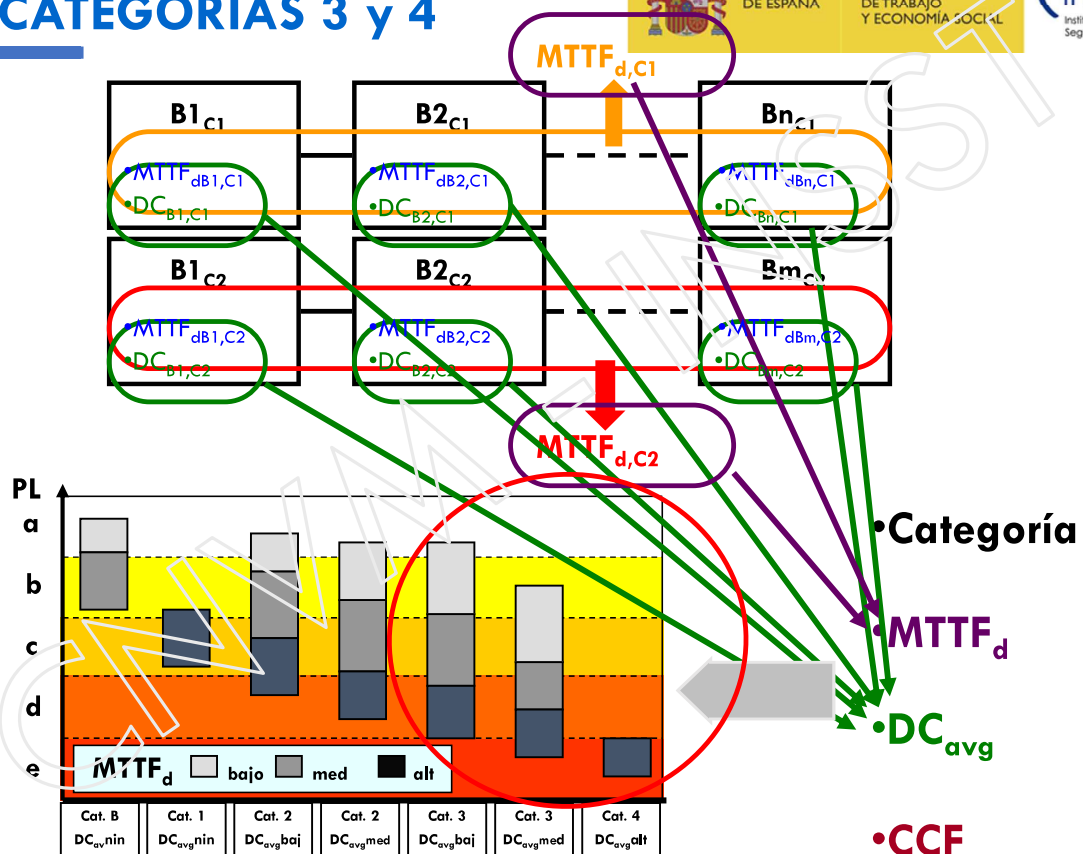




## MÉTODO SIMPLIFICADO: CATEGORÍA 2



## MÉTODO SIMPLIFICADO: CATEGORÍAS 3 y 4



## Categoría

**MTTF<sub>dB1,C1</sub>** Cálculo o valoración del MTTF<sub>d</sub> para componentes individuales

**MTTF<sub>d,C1</sub>** Método simplificado para estimar el MTTF<sub>d</sub> para cada canal

**MTTF<sub>d</sub>** MTTF<sub>d</sub> para diferentes canales, simetrización

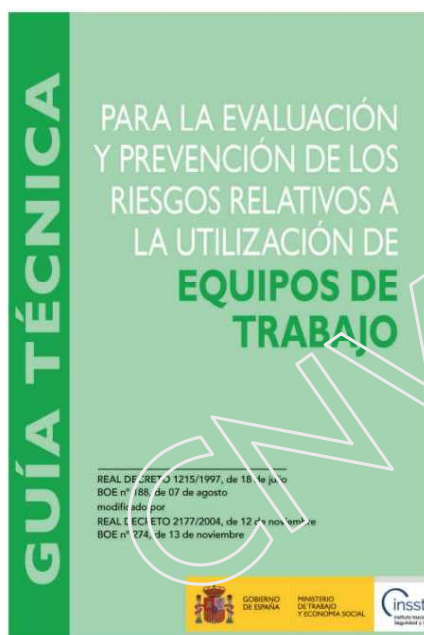
**DC<sub>B1,C2</sub>** Estimaciones para la cobertura del diagnóstico (DC)

**DC<sub>avg</sub>** Estimación de la DC media (DC<sub>avg</sub>)

**CCF** Estimaciones para los fallos de causa común (CCF)

## DIRECCIONES DE INTERÉS

<https://www.insst.es/documents/94886/96076/utilizaci%C3%B3n+de+equipos+de+trabajo/8cb41928-5b07-4a9c-a29c-fe140f43320b>



### APÉNDICE 6

#### SEGURIDAD DE LOS SISTEMAS DE MANDO. TÉCNICAS, PRINCIPIOS Y COMPONENTES DE EFICACIA PROBADA. NIVELES DE PRESTACIONES Y CATEGORÍAS

El sistema de mando de un equipo de trabajo juega un papel primordial en el comportamiento del mismo. A través de él se garantizan muchas de las funciones de seguridad de un equipo de trabajo y, por tanto, por muy sencillo que sea, es de una importancia fundamental para la seguridad de las personas. Ahora bien, se debe tener en cuenta que la integración en el sistema de mando de las funciones de seguridad adecuadas para un determinado equipo es una de las clásicas medidas preventivas denominadas “de prevención intrínseca”, en las que la seguridad se obtiene mediante un diseño inherentemente seguro. Es este, por tanto, uno de los aspectos en los que cobra toda su importancia la observación preliminar del Anexo I.

El sistema de mando de un equipo de trabajo es una asociación de elementos que responde a unas señales de entrada, generando unas señales de salida que dan lugar a que el equipo de trabajo bajo control funcione de una manera determinada. En la configuración de un sistema de mando se pueden utilizar, solas o combina-

facar unos requisitos básicos con respecto a los esfuerzos de funcionamiento, las influencias ambientales, los principios ergonómicos, la seguridad eléctrica, la seguridad hidráulica/neumática (estructural), etc. Adicionalmente, las partes relativas a la seguridad deben satisfacer unos requisitos de seguridad funcional o de funcionamiento. En el caso de las partes de un sistema de mando relativas a la seguridad, el conjunto de requisitos básicos y requisitos de seguridad de funcionamiento se engloban en la expresión “prestaciones de seguridad”.

Por tanto, se considera que un sistema de mando cumple los requisitos establecidos en el último párrafo del apartado 1.1 del Anexo I cuando cumple todos los requisitos básicos aplicables y, además, realiza la(s) función(es) de seguridad requerida(s), de manera que ofrezca(n) unas prestaciones de seguridad adecuadas al nivel de riesgo (de acuerdo con los resultados de la evaluación de riesgos). Las prestaciones de seguridad se apoyan en el concepto

## DIRECCIONES DE INTERÉS

<https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp-946+w.pdf/7f82c724-083b-4ccb-8330-015824c374dd?version=1.0&t=16179779672462>

### Máquinas: diseño de las partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad

Machinery: Design of safety-related parts of control systems  
Machines: Conception des parties des systèmes de commande relatives à la sécurité

CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA

En la presente Nota Técnica de Prevención se exponen los aspectos más importantes de la norma UNE EN ISO 13849-1:2008, trasposición de la norma armonizada de tipo B EN ISO 13849-1:2008 "Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño", que como tal, ofrece la presunción de conformidad con los requisitos esenciales referentes al sistema de mando de la nueva Directiva Máquinas 2006/42/CE. Dada su gran repercusión en las normas específicas de máquinas (normas de tipo C) y el carácter novedoso de sus contenidos, requiere una explicación detallada para su correcta aplicación, a lo que pretende contribuir esta nota técnica.

CURSO "SEGURIDAD EN MÁQUINAS"

15 y 16/06/2023

37

## DIRECCIONES DE INTERÉS

<https://www.dguv.de/ifa/publikationen/reports-download/reports-2017/ifa-report-2-2017/index-2.jsp>

IFA  
Institut für Arbeitsschutz der  
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

DGUV: Homepage | Contact | Sitemap | Deutsch

Searchterm/Webcode

News ▾ Research ▾ Technical information ▾ GESTIS ▾ Practical solutions ▾ Testing/Certification ▾ Publications ▾ Events ▾ Networks ▾ About us ▾

Home > Publications > Reports - Download > Reports 2017 > IFA Report 2/2017e

### Functional safety of machine controls (IFA Report 2/2017e)

#### Application of EN ISO 13849

**Abstract:** The EN ISO 13849-1 standard, "Safety of machinery – Safety-related parts of control systems", contains provisions governing the design of such parts. This report is an update of BGIA Report 2/2008e of the same name. It describes the essential subject-matter of the standard in its third, revised 2015 edition, and explains its application with reference to numerous examples from the fields of electromechanics, fluidics, electronics and programmable electronics, including control systems employing mixed technologies. The standard is placed in its

**Download**

- IFA Report 2/2017e (PDF, 18.8 MB)
- Example files for the report (ZIP, 220 kB)

**Bibliographic information**

Hauke, M.; Schaefer, M.; Apfeld, R.; Bömer, T.; Huelke, M.; Borowski, T.; Büllsach, K.-H.; Dorra, M.; Foermer-Schaefer, H.G.; Uppenkamp, J.; Lohmaier, O.; Heilmann, K.-D.; Köhler, B.; Zilligen, H.; Otto, S.; Rempel, P.; Reuß, G.: Functional safety of machine controls –

CURSO "SEGURIDAD EN MÁQUINAS"

15 y 16/06/2023

38



<https://www.dguv.de/ifa/praxishilfen/practical-solutions-machine-safety/software-sistema/index.jsp>

CURSO "SEGURIDAD EN MÁQUINAS"

15 y 16/06/2023

39

**Muchas gracias por la atención prestada**

CURSO "SEGURIDAD EN MÁQUINAS"

15 y 16/06/2023

40