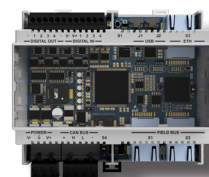


# Seguridad en la prevención del rearme sin control en celdas robotizadas

con Inxpect Safety Radar



## Contenido

1.	Motivación .....	3
2.	Sistemas de seguridad implementados comúnmente .....	4
3.	Sistemas de seguridad para la Prevención del Rearme en celdas robotizadas .....	5
3.1.	LO-TO (Lock-Out, Tag-Out) .....	5
3.2.	Enclavamiento con Llave Mecánica .....	5
3.3.	Llaves con Enclavamiento y Llave Cautiva .....	5
3.4.	Sensor de seguridad Radar Inxpect .....	6
	Resumen de los Niveles de Seguridad de los dispositivos para la prevención del rearme.....	6
4.	La solución: Sensores de Seguridad Inxpect .....	7
4.1.	Ventajas clave de los sensores Inxpect .....	8
6.	Normativa y evolución de los estándares de seguridad.....	10
5.1.	EN ISO 10218-2: Seguridad en Robots Industriales y Celdas Robotizadas.....	10
5.2.	ISO/DIS 12895: Seguridad en Áreas de Acceso Completo del Cuerpo.....	10
5.3.	Beneficios de la Tecnología Radar frente a Otras Soluciones .....	11
5.4.	Tendencias y Futuro de la Normativa en Seguridad Industrial .....	11
6.	Una solución esencial para la seguridad industrial.....	12

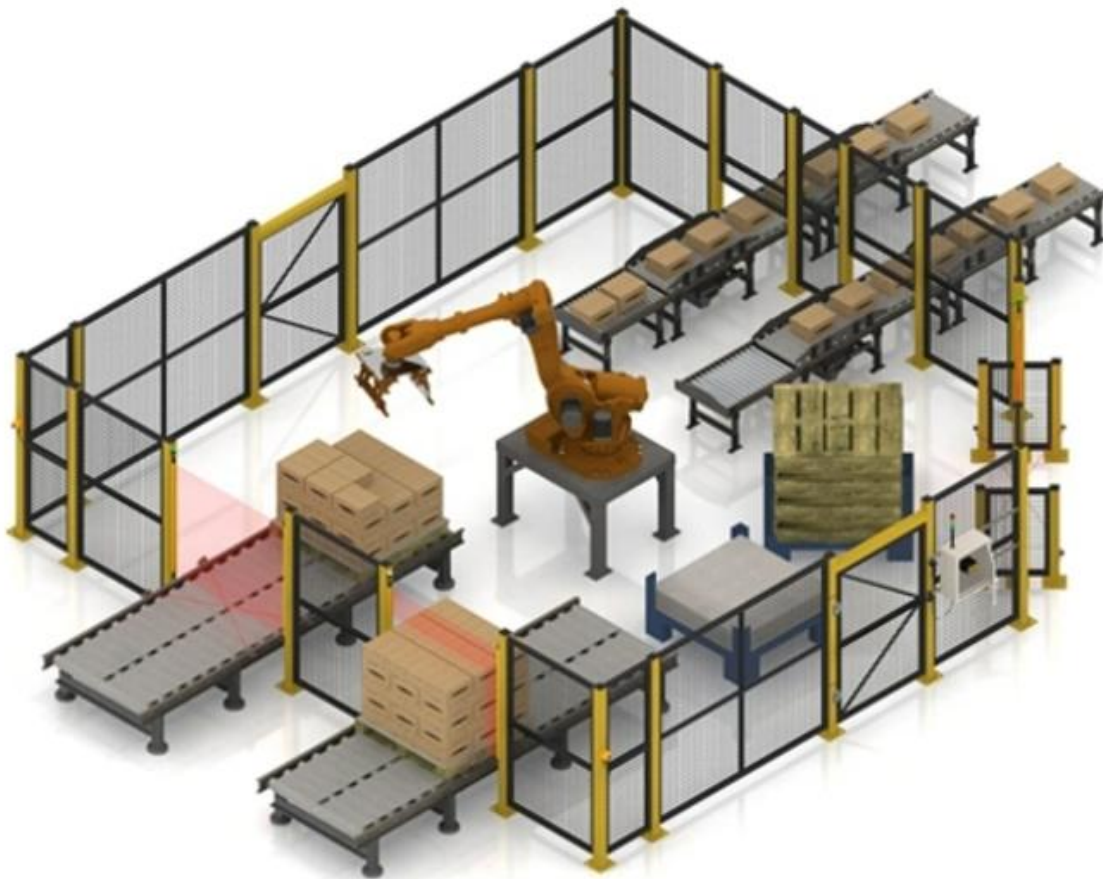
# 1. Motivación

En las celdas robotizadas industriales, la seguridad de los operarios es una prioridad esencial, pero el riesgo del rearme intempestivo sigue siendo una preocupación crítica. Este peligro surge especialmente durante tareas de mantenimiento, limpieza o inspección dentro de la celda, cuando no se siguen los procedimientos adecuados.

Imaginemos un escenario: una persona accede a la celda y, ya sea por descuido, falta de formación o incluso de manera intencionada, no asegura correctamente la puerta de acceso con un candado o no lleva consigo la llave cautiva.

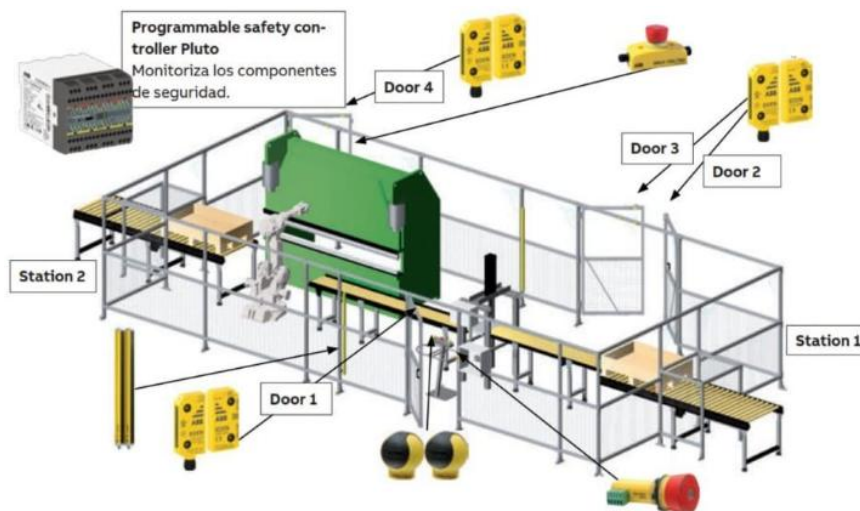
Mientras tanto, un compañero, desconocedor de su presencia y confiando en que las medidas de seguridad se han seguido correctamente, rearma la celda. En cuestión de segundos, la maquinaria podría ponerse en marcha, ocasionando un grave accidente que puede derivar en lesiones críticas o incluso en la pérdida de vidas.

Estas situaciones, aunque prevenibles, siguen ocurriendo debido a la dependencia de medidas manuales y al factor humano. Por este motivo, se hace imperativo implementar soluciones tecnológicas avanzadas que minimicen estos riesgos y garanticen la seguridad de los trabajadores en todo momento como la tecnología radar Inxpect.



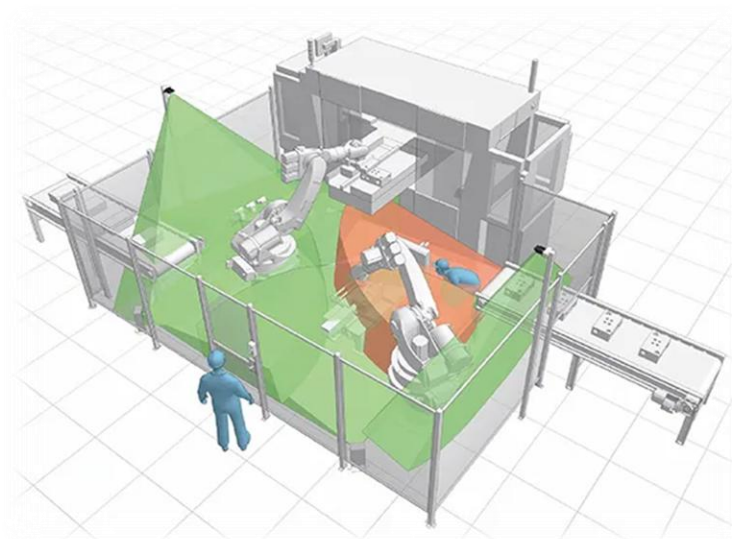
## 2. Sistemas de seguridad implementados comúnmente

Actualmente, los sistemas de seguridad en las celdas robotizadas industriales se centran principalmente en prevenir accesos no autorizados o controlar las intrusiones al espacio delimitado. Tecnologías ampliamente aceptadas, como puertas con sensores, barreras fotoeléctricas y vallados de acero entre otros son las soluciones más implementadas en el sector.



No obstante, estas medidas presentan una limitación crítica: **no garantizan una supervisión continua y completa dentro del área protegida**. Aunque bloquean y detienen el funcionamiento en caso de acceso, no pueden detectar si una persona permanece accidentalmente en el interior de la celda ante una nueva puesta en marcha.

Por muy avanzadas que se consideren estas soluciones o se etiqueten como parte de la Industria 4.0, siguen dependiendo en gran medida del factor humano. Esto abre una peligrosa brecha en la prevención de accidentes, ya que los procedimientos actuales están diseñados para evitar accesos, pero no para supervisar activamente el interior del espacio protegido. Este vacío de supervisión interna requiere la adopción de tecnologías avanzadas que garanticen una cobertura de seguridad integral.



## 3. Sistemas de seguridad para la Prevención del Rearme en celdas robotizadas

A continuación, se describen los sistemas más comunes que se emplean para prevenir estos riesgos, clasificados según el dispositivo de seguridad implementado.

### 3.1. LO-TO (Lock-Out, Tag-Out)

Nivel de seguridad: Muy bajo (MB)

Este sistema tiene una dependencia crítica del factor humano:

- Requiere una formación exhaustiva para los operarios.
- Es necesario seguir estrictamente el procedimiento para evitar errores.

Si el operario olvida colocar el candado o no se adhiere al procedimiento, el riesgo de accidente es elevado. Por ello, se considera un nivel de seguridad muy bajo, aunque ampliamente utilizado en muchas industrias debido a su bajo coste.



### 3.2. Enclavamiento con Llave Mecánica

Nivel de seguridad: Bajo (B)

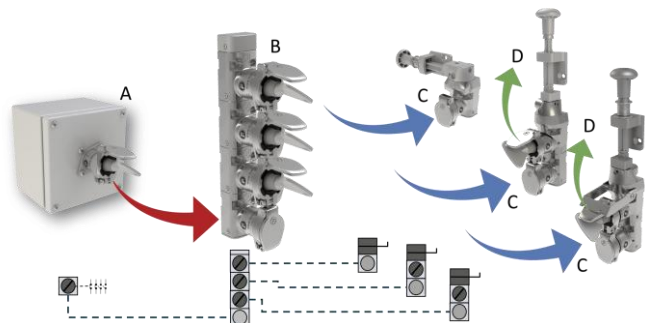
Este método mejora la seguridad en comparación con el LO-TO, ya que el operario tiene un recordatorio físico (la llave) que asegura el bloqueo de la máquina. Sin embargo, sigue dependiendo de que el trabajador lleve consigo la llave en todo momento y de un procedimiento de trabajo claro y bien implementado y no protege a todos los operarios.



### 3.3. Llaves con Enclavamiento y Llave Cautiva

Nivel de seguridad: Medio (M)

Este sistema elimina parte de la dependencia del factor humano, ya que obliga al operario a completar los pasos de transferencia de llaves antes de acceder. No obstante, sigue siendo necesario un procedimiento de trabajo detallado y formación específica para los usuarios y no protege a todos los operarios.



### 3.4. Sensor de seguridad Radar Inxpect

**Nivel de seguridad: Alto (A)**

Este sistema no depende del factor humano y utiliza vigilancia tridimensional para garantizar una detección precisa y confiable de personas dentro de la zona peligrosa.

**Características principales:**

**Cobertura total del área:** Los radares se instalan estratégicamente en la celda para cubrir todo el espacio, eliminando puntos ciegos.

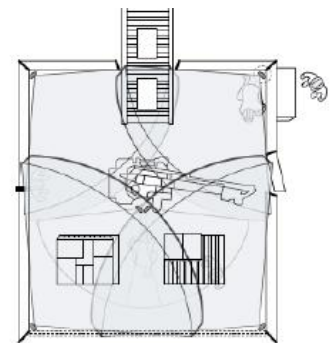
**Detección avanzada:** Los sensores pueden detectar incluso el movimiento más sutil, como la respiración de una persona desmayada.

**Rearme seguro:** En caso de detección de una persona dentro de la celda, el sistema bloquea automáticamente el rearme de la máquina.

**Protección ante manipulación:** Para modificar los parámetros de seguridad, se necesita acceso al software del controlador, credenciales específicas, y todos los cambios quedan registrados en el sistema (EventLog).

Este sistema no requiere formación adicional para los operarios, ya que las medidas de seguridad están completamente integradas mediante medios tecnológicos. Además, mejora la interacción humano-máquina y previene errores derivados del descuido o la negligencia.

No obstante, para garantizar su correcto funcionamiento, la implementación, distribución y parametrización deben ser realizadas por técnicos especializados.



## Resumen de los Niveles de Seguridad de los dispositivos para la prevención del rearme.

Los cuatro sistemas descritos corresponden a distintos niveles de seguridad:

**Muy bajo (MB):** Basado en procedimientos LO-TO, depende completamente del factor humano y de la correcta aplicación del protocolo.

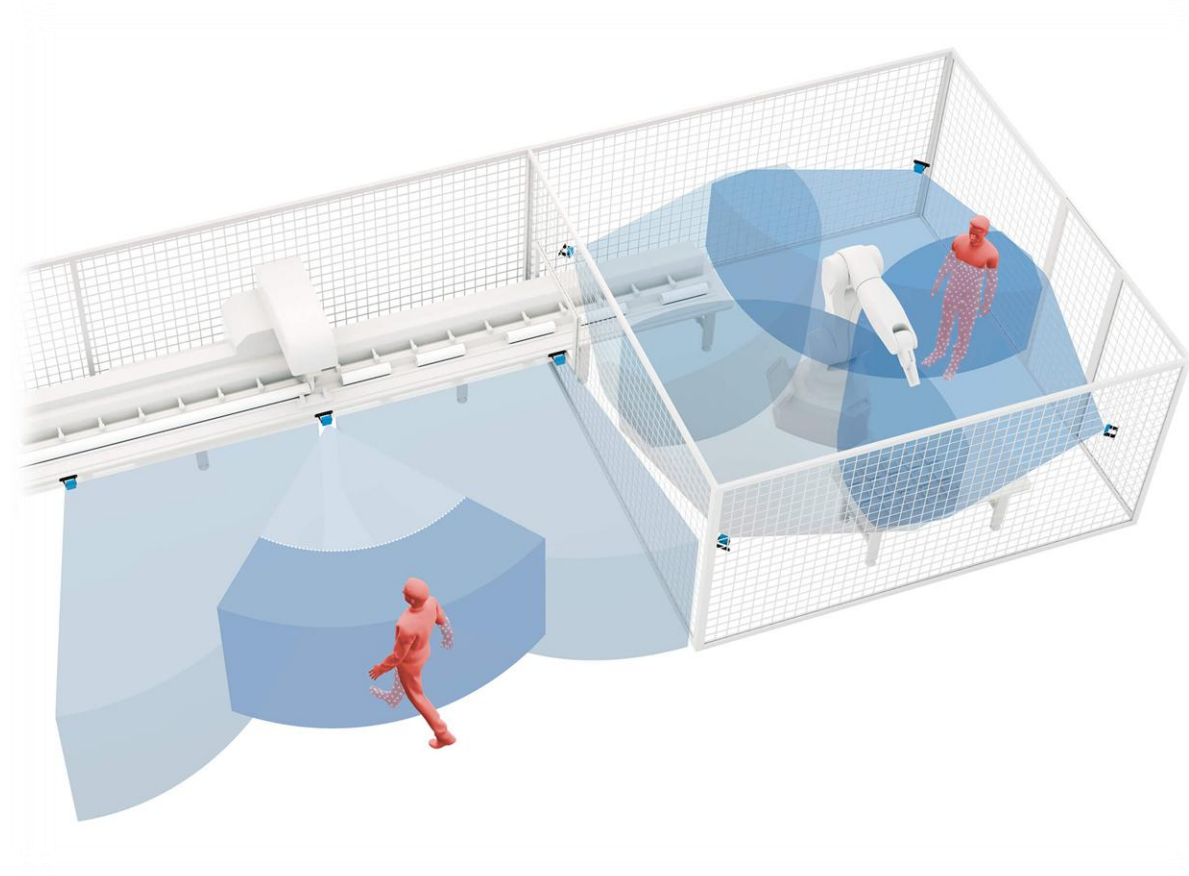
**Bajo (B):** Uso de dispositivos de enclavamiento con llave mecánica, que reduce el riesgo, pero sigue exigiendo formación específica.

**Medio (M):** Dispositivos de transferencia de llaves con llave cautiva, que mejoran la seguridad al integrar un control más robusto del acceso.

**Alto (A):** Sistemas avanzados con tecnología radar, como los sensores Inxpect, que eliminan la dependencia del factor humano y ofrecen la máxima seguridad.

## 4. La solución: Sensores de Seguridad Inxpect

Los sensores de seguridad Inxpect representan una solución revolucionaria frente a las limitaciones de los sistemas convencionales, como los candados y otras tecnologías tradicionales de seguridad. Estos sensores destacan por su **sensibilidad**, capaz de detectar incluso movimientos mínimos, como la respiración de una persona. Para garantizar la máxima seguridad en las celdas robotizadas, su integración debe cubrir toda el área de la celda, asegurando la ausencia total de puntos ciegos.



## 4.1. Ventajas clave de los sensores Inxpect

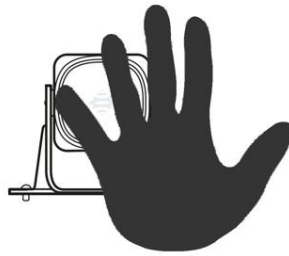
### 1. Eliminación de la dependencia del factor humano:

A diferencia de los sistemas de candado o de llaves, los sensores Inxpect no requieren la intervención del operario para garantizar la seguridad. Esto elimina la posibilidad de errores humanos o intrusiones voluntarias peligrosas, reduciendo significativamente el riesgo de accidentes y mejorando la interacción hombre-máquina.

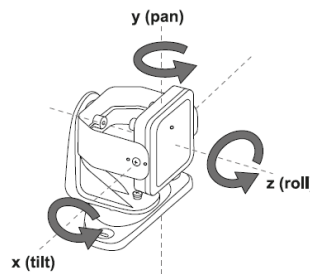
### 2. Protección contra manipulaciones no autorizadas:

Los sensores de seguridad Inxpect están equipados con dos funciones avanzadas de anti-manipulación: anti-masking y anti-rotación, diseñadas para garantizar la integridad y confiabilidad del sistema de seguridad. Estas funciones protegen a los operarios de la celda frente posibles manipulaciones no autorizadas:

**Anti-masking:** Permite al sensor detectar la presencia de objetos que puedan obstruir su campo visual. Ante cualquier variación en el entorno que afecte la visibilidad del sensor, este envía una señal de masking, alertando sobre la posible alteración del entorno.



**Anti-rotación:** El sensor es capaz de detectar cualquier cambio en su orientación alrededor de sus ejes. Si se produce una rotación o manipulación respecto a las referencias predefinidas, se genera un mensaje de error que alerta sobre esta situación.



Además, cualquier intento de modificar sus parámetros, como el campo de detección o el ángulo de apertura de visibilidad, requiere:

- Acceso físico al controlador.
- Uso del software específico de Inxpect.
- Credenciales de usuario y contraseña.

Todas las modificaciones realizadas quedan registradas en el EventLog, donde se detalla el nombre del ordenador utilizado, asegurando un seguimiento completo que permite identificar intentos de negligencia o manipulaciones intencionadas.

### 3. Cobertura tridimensional:

A diferencia de los escáneres de seguridad convencionales que solo cubren áreas planas o bidimensionales, los sensores Inxpect monitorizan en **tres dimensiones**. Esto los hace ideales para proteger zonas complejas, como áreas sobre cintas transportadoras o estructuras con múltiples niveles, eliminando cualquier riesgo asociado a puntos ciegos.



### 4. Rearme automático y/o semiautomático:

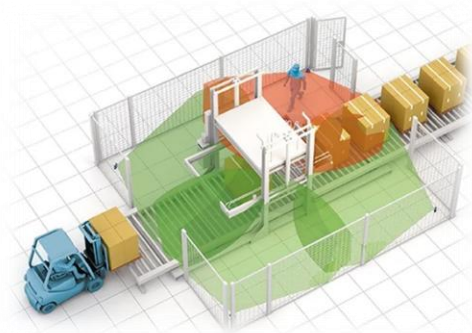
Los controladores Inxpect permiten configurar el sistema para realizar un rearme automático o semiautomático, lo que no solo mejora la seguridad, sino que también incrementa la productividad al reducir los tiempos muertos. Además, los sensores permiten la **sectorización de las celdas**, permitiendo que ciertas áreas se mantengan en funcionamiento mientras otras están siendo intervenidas.

### 5. Detección total operarios:

A diferencia de los sistemas tradicionales, como los candados o las llaves cautivas, que solo protegen a quienes se han acordado de bloquear el acceso o llevan consigo la llave, los sensores radar garantizan la seguridad de todas las personas dentro del espacio protegido porque ofrecen una protección integral para todas las personas que se encuentren dentro de la celda.

Gracias a su capacidad para monitorizar constantemente toda el área interna de la celda, los sensores detectan cualquier presencia humana, incluso si alguien ha cerrado la puerta e intenta rearmar el sistema. Esto asegura que la maquinaria no podrá reactivarse mientras haya personas en el interior, eliminando por completo la dependencia del factor humano y minimizando el riesgo de accidentes por descuidos o negligencias.

De este modo, los sensores Inxpect no solo refuerzan la seguridad, sino que también brindan tranquilidad, sabiendo que ningún operario queda desprotegido dentro del entorno de trabajo.



## 6. Normativa y evolución de los estándares de seguridad

El uso de sistemas de detección avanzados, como los radares de seguridad, no solo representa una innovación tecnológica, sino que también se alinea con las normativas internacionales más recientes que buscan reforzar la seguridad en las aplicaciones robóticas y otras áreas industriales.

Actualmente los radares Inxpect alcanzan los niveles de seguridad PLd (según EN 13849) y SIL 2 (según EN 62061).

A continuación, se destacan las normativas relacionadas con la prevención del rearme y el uso de dispositivos de detección de presencia (SPE, Safety Presence Equipment por sus siglas en inglés).



### 5.1. EN ISO 10218-2: Seguridad en Robots Industriales y Celdas Robotizadas

La normativa **EN ISO 10218-2** establece los requisitos de seguridad para aplicaciones con robots industriales. En su punto **5.8.10** ("Salvaguardas para proteger contra reinicios inesperados"), se destacan las siguientes disposiciones:

- **Visibilidad desde estaciones de control:** Cada estación de control debe permitir al operador asegurar que no haya personas dentro del espacio de seguridad.
- **Sensores de presencia:** Si no es posible garantizar una visibilidad total desde las estaciones de control, se deben emplear sensores de presencia para detectar la presencia de personas en todo el espacio salvaguardado.
- **Reinicio seguro:** Si se utiliza un enclavamiento de inicio/reinicio junto con sensores de presencia, estos deben cumplir, al menos, con los requisitos de Tipo 2 según la norma **IEC 61496-1:2020**.

### 5.2. ISO/DIS 12895: Seguridad en Áreas de Acceso Completo del Cuerpo

Esta norma, cuya publicación está prevista para inicios de 2025, abordará la seguridad en zonas donde los operarios pueden acceder completamente con su cuerpo, como celdas robotizadas o espacios confinados. Sus principales objetivos incluyen:

- **Prevención del rearme intempestivo:** El rearme de la maquinaria mientras un operario está dentro del espacio protegido será considerado un riesgo crítico que no puede clasificarse como riesgo residual.
- **Requisitos para zonas de acceso completo del cuerpo:** Según la evaluación de riesgos, se deberá implementar al menos una de las siguientes medidas:
  1. **Reducción de aberturas:** Limitar el acceso físico al espacio protegido.
  2. **Aislamiento y disipación de energías peligrosas:** Garantizar que las tareas puedan realizarse sin energización.
  3. **Detección de presencia (SPE):** Implementar sensores para cubrir toda el área protegida o complementar con medidas adicionales, como obstáculos físicos o reinicios manuales.

4. **Reinicio manual de la función de seguridad:** Garantizar que el reinicio sea seguro tras la detección del operario.

Esta norma enfatiza la importancia de utilizar dispositivos SPE avanzados, como los radares de Inxpect, para reducir los riesgos asociados al acceso completo del cuerpo y evitar accidentes derivados de reinicios no controlados.

### 5.3. Beneficios de la Tecnología Radar frente a Otras Soluciones

La implementación de radares como dispositivos de detección de presencia presenta ventajas claras en comparación con otras tecnologías tradicionales, como escáneres láser o barreras fotoeléctricas:

- **Cobertura completa y fiable:** Los radares detectan personas incluso en condiciones adversas (humo, polvo, luz brillante) y pueden identificar movimientos mínimos, como la respiración, garantizando la máxima seguridad.
- **Menor dependencia del factor humano:** A diferencia de sistemas basados en procedimientos o barreras físicas, los radares operan de manera completamente automática, reduciendo los riesgos derivados de errores humanos o manipulaciones no autorizadas.
- **Adaptación a normativas:** Los radares cumplen con los requisitos establecidos en normativas como **ISO 10218-2** e **ISO/DIS 12895**, y su inclusión en estas normativas refuerza su validez como una solución tecnológica avanzada.

### 5.4. Tendencias y Futuro de la Normativa en Seguridad Industrial

La evolución de las normativas internacionales demuestra un énfasis creciente en la seguridad de la prevención del rearme y en la implementación de soluciones tecnológicas avanzadas:

- **Integración de radares en normativas Tipo C:** La edición 2024 de la **ISO 10218-2** y la futura **ISO 12895** consideran explícitamente el uso de radares como soluciones de detección de presencia válidas para aplicaciones industriales.
- **Eliminación de riesgos residuales:** Se espera que la clasificación del rearme intempestivo como "riesgo residual" deje de ser aceptable, obligando a las empresas a implementar soluciones eficaces como los radares para cumplir con la normativa.

El uso de radares no solo representa un avance tecnológico, sino también una inversión razonable en términos de costo-beneficio, considerando la reducción significativa de riesgos que ofrece.

## 6. Una solución esencial para la seguridad industrial

Los sensores de seguridad son una herramienta imprescindible para reducir el riesgo asociado al rearme de celdas robotizadas. Su capacidad para eliminar la dependencia del factor humano y proporcionar una solución confiable permite garantizar la protección de los operarios, al tiempo que optimiza los procesos en las plantas industriales.

El futuro de la seguridad industrial no solo está en implementar tecnología avanzada, sino en adoptar sistemas que permitan prevenir los errores humanos y asegurar entornos de trabajo más seguros para todos. Con los sensores Inxpect, es posible avanzar hacia este objetivo.

