



# Detección de metales

Reducción de la contaminación por metales - Elaboración de un programa eficaz

**Reducción de la contaminación por metales**  
Elaboración de un programa eficaz

[www.mt.com/metaldetection](http://www.mt.com/metaldetection)

Si desea más información

**Mettler-Toledo S.A.E.**  
Miguel Hernández, 69-71  
08908 Hospitalet de Llobregat  
Barcelona  
España

Tel: +34 93 223 76 00  
Fax: +34 93 223 76 01  
Correo electrónico: [mtmkt@mt.com](mailto:mtmkt@mt.com)

Sujeto a modificaciones técnicas  
© 01/2008 Mettler-Toledo Safeline Ltd.  
Impreso en el Reino Unido  
SLMD-UK-MDG07-ES-0108

**METTLER TOLEDO**



# Índice

Número de página

	Introducción	2
---	--------------	---

## **Selección del sistema de detección de metales**

	Capítulo 1. Introducción a la detección de metales	4
---	--	---

	Capítulo 2. Características fundamentales de diseño	10
---	---	----

	Capítulo 3. Factores limitativos de la sensibilidad	14
---	---	----

	Capítulo 4. Diseño de los sistemas y aplicaciones	20
---	---	----

## **Elaboración de un programa eficaz**

	Capítulo 5. Razones para la implantación de un programa de detección de metales	30
---	---	----

	Capítulo 6. Elaboración de un programa eficaz	34
---	---	----


	Capítulo 7. Prevención de la contaminación por metales	36
---	--	----

	Capítulo 8. Selección de los puntos de control	40
---	--	----

	Capítulo 9. Sensibilidad operativa	42
---	------------------------------------	----

	Capítulo 10. Instalación y puesta en servicio	46
---	---	----

	Capítulo 11. Verificación y auditoría de rendimiento	48
---	--	----

	Capítulo 12. Tratamiento de productos sospechosos y contaminados	58
---	--	----

	Capítulo 13. Análisis de datos y mejora del programa	60
---	--	----

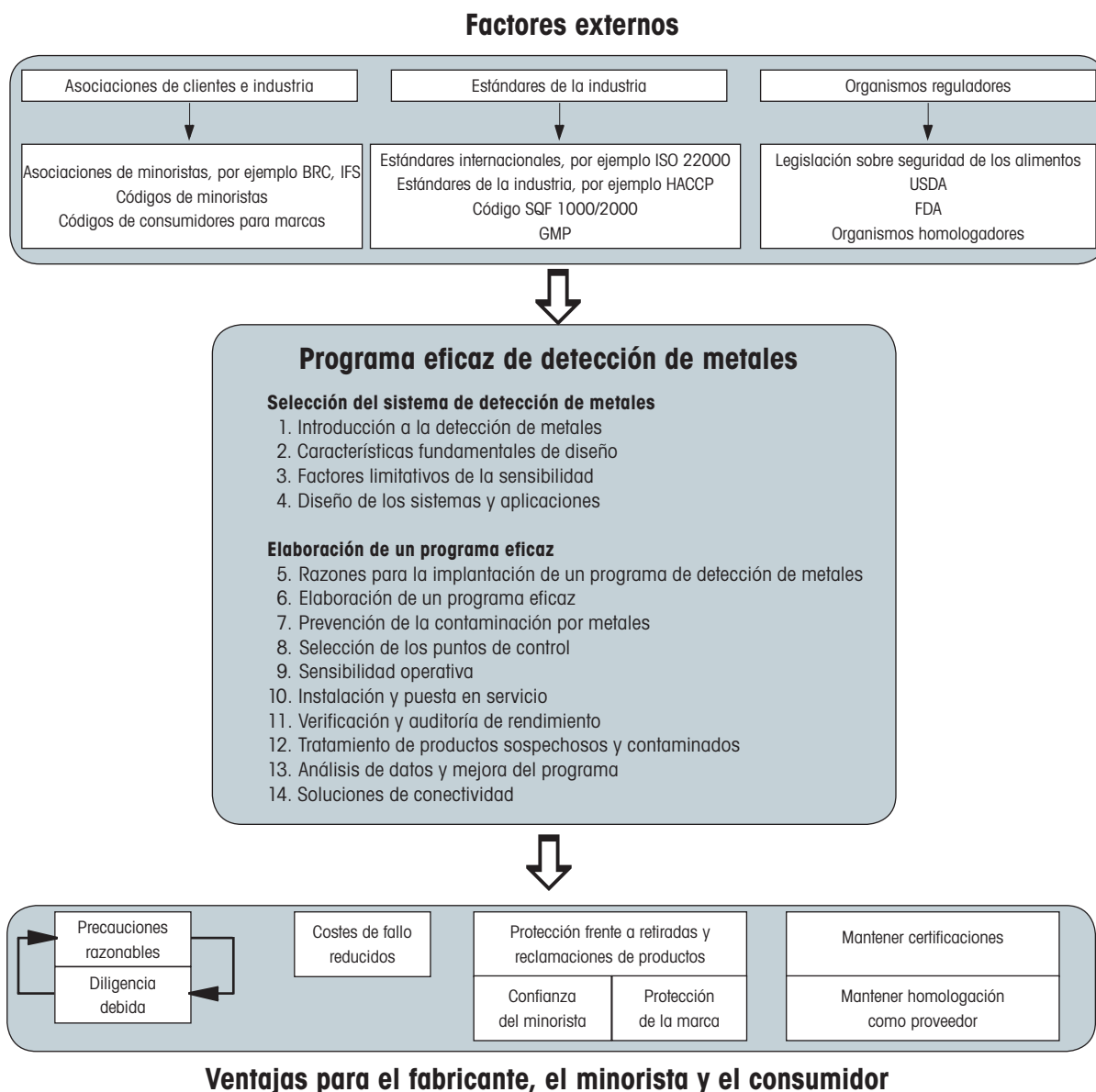
	Capítulo 14. Soluciones de conectividad	62
---	---	----

# Introducción

La mayoría de los fabricantes y procesadores de los sectores alimentario y farmacéutico reconocen que los sistemas de detección de metales son elementos fundamentales de cualquier programa de calidad eficaz. En un mercado cada vez más competitivo, que se mueve por las necesidades en constante cambio del consumidor, con unas normas de la industria cada vez más restrictivas y con el florecimiento de organismos normativos y legislativos, la importancia de una detección de metales eficaz ha crecido considerablemente en los últimos años.

No obstante, la mera instalación de detectores de metales no garantiza por sí sola la fabricación de productos sin metales, a menos que las instalaciones formen parte de un programa global de detección de metales eficaz. El objetivo de esta guía es ayudar a los fabricantes a elaborar tales programas.

Con un programa de detección de metales eficaz se protege el sistema de posibles fallos y retiradas del producto, se mantienen las certificaciones de los suministradores conseguidas con tanto esfuerzo y se reducen los costes globales de funcionamiento. Asimismo si se produjera una reclamación legal, el programa será una prueba de que se han tomado medidas razonables y se ha trabajado con la diligencia debida en todo el proceso de fabricación. En el siguiente diagrama se resumen las normas relacionadas con los programas de detección de metales y las ventajas que se obtienen cuando estos se implementan.






Esta guía es una referencia inmejorable para cualquier persona involucrada en la seguridad de los alimentos, ya que ofrece un análisis de todos los aspectos implicados, desde los conceptos básicos hasta la implementación de un programa completo de detección de metales.

**En los capítulos 1 a 4** se ofrecen una descripción general del funcionamiento de los detectores, las características de diseño más importantes, un análisis de los factores que pueden limitar el rendimiento del equipo y la integración de los detectores de metales con sistemas de rechazo de productos eficaces.

**En los capítulos 5 a 14** se explica por qué no es suficiente sólo instalar un sistema de detección de metales, sino que es necesario implementar un programa completo de detección de metales. Se exponen además los elementos clave de estos programas.

En los márgenes de la guía, se utilizan símbolos para llamar la atención sobre aspectos de especial importancia. Los símbolos empleados y su significado se describen a continuación:

Símbolo	Significado
	<b>Advertencia:</b> práctica operativa que puede ocasionar el funcionamiento incorrecto del sistema de detección de metales.
	<b>Práctica recomendada:</b> práctica operativa que se considera óptima en el momento de la publicación.
	<b>Registro:</b> indica los registros que se deben crear y mantener para demostrar la eficacia del funcionamiento del programa de detección de metales.

# Capítulo 1

## Introducción a la detección de metales

**Para poder tomar decisiones fundamentadas sobre los sistemas de detección de metales, es esencial conocer los principales componentes del sistema y comprender su principio de funcionamiento. El objetivo de este capítulo es facilitar una descripción general y una base sobre la que ir adquiriendo en los sucesivos capítulos una mayor comprensión de la tecnología de detección de metales, así como de las funciones y las prestaciones de los equipos.**

### 1.1 Fuentes de contaminación por metales

Las fuentes de contaminación son numerosas e incluso los controles más restrictivos son insuficientes para evitar incidentes ocasionales. Por un lado, unos buenos hábitos de trabajo reducirán al mínimo la posibilidad de entrada de partículas metálicas en el flujo de producción y, por otro, el diseño y la selección adecuados de los equipos aumentarán la posibilidad de detectar de forma fiable cualquier partícula que consiga entrar y eliminarla.

La contaminación procede normalmente de una de estas cuatro fuentes:

- **Materias primas**  
Son ejemplos típicos las etiquetas metálicas y los perdigones en la carne, el alambre en el trigo, el alambre de tamices en productos en polvo, las piezas de tractor en las hortalizas, los anzuelos en el pescado, las grapas y las ataduras de alambre de los envases.
- **Efectos personales**  
Botones, bolígrafos, joyas, monedas, llaves, horquillas para el cabello, chinchetas, alfileres, clips para papel, etc.
- **Mantenimiento**  
Destornilladores y otras herramientas similares, virutas metálicas y restos de soldadura procedentes de reparaciones, restos de hilo de cobre procedente de reparaciones eléctricas, artículos diversos procedentes de limpieza defectuosa o negligencia y virutas metálicas procedentes de reparaciones de tubería.
- **Procesamiento en la planta**  
Existe peligro de contaminación siempre que un producto se manipula o se somete a un proceso. Los trituradores, agitadores, mezcladores, rebanadores y sistemas de transporte contribuyen en ello. Otros ejemplos son los tamices rotos, las esquirlas de metal procedentes de molinos y el papel de aluminio de productos recuperados.

La identificación de la posible fuente de contaminación es muy importante a la hora de elaborar un programa global de detección de metales.

### 1.2 ¿Qué es un sistema de detección de metales?

Un sistema industrial de detección de metales es un equipo sofisticado que sirve para detectar y eliminar la contaminación por metales. Si se instala y se maneja de forma adecuada ayudará a reducir la contaminación por metales y a mejorar la seguridad de los alimentos. Un sistema típico de detección de metales se compone de las cuatro partes principales siguientes:

#### **Bobina detectora o cabezal de exploración**

La mayor parte de los detectores de metales modernos se incluyen en una de las dos categorías siguientes. El primer tipo se sirve de un cabezal de exploración de “bobina equilibrada”. Los detectores de este tipo pueden detectar todo tipo de contaminantes metálicos, tanto ferrosos como no ferrosos, así como acero inoxidable en productos frescos y congelados. Los productos inspeccionados pueden estar sin embalar y embalados, incluso embalados con papel metalizado. El segundo tipo de detector se sirve de imanes permanentes montados en un cabezal de exploración FIF (Ferrous-in-Foil). Estos cabezales de exploración pueden detectar metales ferrosos y aceros inoxidables magnéticos únicamente en el interior de productos frescos o congelados envasados en papel de aluminio.

Aunque existen también otras tecnologías, esta guía se centra fundamentalmente en el tipo de detector de “bobina equilibrada” y en mucha menor extensión en la tecnología FIF (Ferrous-in-Foil).

Los cabezales de exploración se fabrican en prácticamente cualquier tamaño para adaptarse al producto que se desea inspeccionar. Pueden ser tanto rectangulares como circulares y se pueden montar en disposición horizontal, vertical o inclinada. El cabezal tiene un espacio por el cual pasa el producto. Este espacio se denomina “abertura”. Cuando el cabezal de exploración detecta una pieza metálica contaminante, envía una señal al sistema de control electrónico.

#### **Interfaz de usuario/panel de control**

La interfaz de usuario es el interlocutor del sistema de control electrónico y, con frecuencia, se encuentra montada sobre el cabezal de exploración. Sin embargo, se puede montar en una ubicación alejada, mediante cables, si el cabezal de exploración es demasiado pequeño o si se encuentra instalado en una ubicación incómoda o inaccesible.

#### **Sistema de transporte**

El sistema de transporte sirve para pasar el producto a través de la apertura. El sistema más utilizado es la cinta transportadora. Otras opciones posibles son una rampa de plástico con el detector en disposición inclinada y un conducto no metálico, en disposición horizontal o vertical, para la inspección de polvos y líquidos.

#### **Sistema de rechazo automático**

El sistema de transporte está equipado frecuentemente con un dispositivo automático de rechazo para rechazar cualquier producto contaminado de la línea de producción. Existen muchas opciones disponibles para este sistema, entre ellas por chorro de aire, brazos de empuje, compuertas de rechazo, etc. El tipo de dispositivo de rechazo instalado dependerá del tipo de producto que se desea inspeccionar (véase el capítulo 4 de esta guía).

#### **Otras funciones**

Además de estas cuatro secciones principales, en un sistema de detección de metales se incluyen otros componentes:

- Contenedor, preferiblemente bloqueable, sujeto al lateral de la cinta transportadora, cuyo objeto es recoger el producto rechazado.
- Cubierta completa entre el detector y el dispositivo de rechazo.
- Alarma segura frente a fallos que se activa si falla el detector de metales.
- Dispositivo de confirmación de rechazo con sensores y temporizadores, cuya misión es confirmar que el producto contaminado se rechaza efectivamente de la línea.
- Baliza o alarma sonora para advertir a los operadores de otros sucesos; por ejemplo, la advertencia automática de que el detector debe revisarse o de que el contenedor de productos rechazados está lleno.

### **1.3 ¿Dónde se puede utilizar un sistema de detección de metales?**

Los detectores de metales se pueden utilizar en diversas etapas del proceso de producción:

#### **▪ Inspección preliminar del producto**

- El metal se elimina antes de que se pueda fragmentar en trozos pequeños.
- Protege de daños la maquinaria de procesamiento.
- Evita el desperdicio de productos y envases que supondría rechazar posteriormente un producto acabado de mayor valor.

Son ejemplos típicos de este tipo de inspección: los pedazos de carne antes de ser picados, los ingredientes de relleno de las pizzas y los productos en grano.

#### **▪ Inspección del producto acabado**

- Se elimina el riesgo de contaminación posterior.
- Se garantiza el cumplimiento de los estándares de calidad de marca del consumidor y del minorista.

La mejor protección se consigue con una combinación de inspección preliminar e inspección de producto acabado.

Entre los tipos más corrientes de contaminación por metales en una amplia variedad de sectores se incluyen la de metales ferrosos (hierro), no ferrosos (latón, cobre, aluminio, plomo) y diversas clases de acero inoxidable. La contaminación causada por metales ferrosos es la más fácil de detectar, pues la detección se puede efectuar con detectores relativamente sencillos o incluso con separadores magnéticos.

Las aleaciones de acero inoxidable, que se utilizan profusamente en la industria alimentaria, son a menudo las más difíciles de detectar, en especial los grados 316 y 304, que no son magnéticos. La detección de metales no ferrosos, como el bronce, el cobre y el plomo, se encuentra entre estos dos extremos (aunque en los detectores de metales grandes que funcionan a frecuencias altas puede ser más difícil detectar estos materiales no ferrosos que el acero inoxidable no magnético). Solamente los detectores de metales con un sistema de “bobina equilibrada” con corriente alterna son capaces de detectar pequeñas partículas de acero inoxidable no ferroso y no magnético.

### **1.4 Sistema de bobina equilibrada**

#### **1.4.1 Fundamentos de funcionamiento**

El sistema consta de tres bobinas arrolladas sobre un soporte no metálico o núcleo, completamente paralelas entre ellas (figura 1.1). La bobina central (transmisora) se energiza

con una corriente eléctrica de alta frecuencia que genera un campo magnético. Las dos bobinas laterales actúan como receptoras. Dado que estas dos bobinas son idénticas y se encuentran a la misma distancia de la transmisora, la tensión inducida en ambas es la misma. Si estas bobinas se conectan en oposición, estas tensiones se anulan entre sí y se produce una “salida cero”.

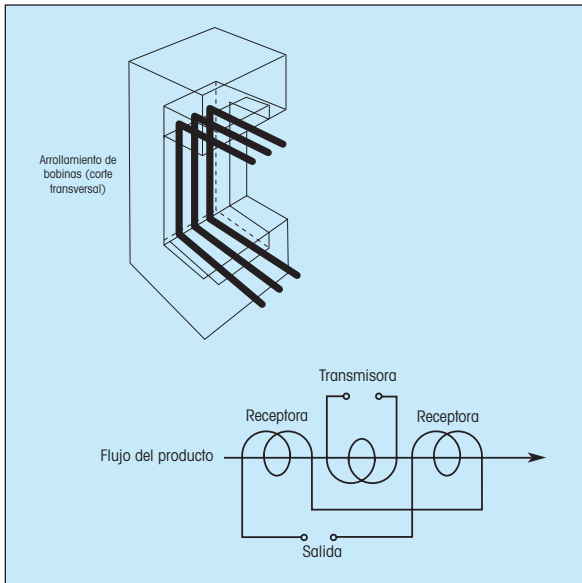


Figura 1.1

Cuando una partícula metálica pasa por el conjunto de bobinas, el campo magnético de alta frecuencia se altera primero en la proximidad de una de las bobinas receptoras y, a continuación, en la proximidad de la otra. Esta acción cambia la tensión generada en cada receptor (en nanovoltios). Esta variación del equilibrio de las bobinas produce una señal que se puede procesar, amplificar y usar posteriormente para detectar la presencia de contaminantes metálicos (figura 1.2).

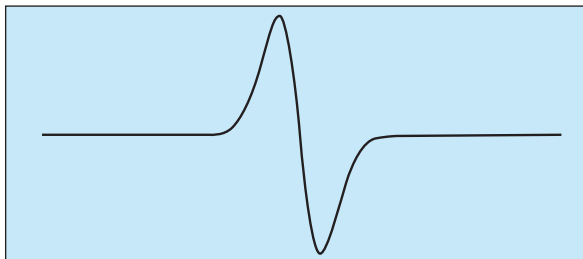


Figura 1.2

El sistema electrónico de control descompone la señal recibida en dos componentes, magnético y conductivo, a 90° uno de otro. El vector resultante, que se denomina “señal de producto” se caracteriza por su magnitud y su ángulo de fase. Muchos de los productos que se inspeccionarán poseen de forma inherente una o ambas de las características denominadas “efectos del producto”, que el detector debe eliminar o reducir a fin de identificar un contaminante metálico. La mayor parte de los detectores de metales modernos disponen medios para realizar esta operación, conocidos como “control de fase”.

Para evitar que las señales eléctricas presentes en el aire o que maquinaria y elementos metálicos cercanos perturben el funcionamiento del detector, el sistema de bobinas se coloca en el interior de una carcasa metálica con una abertura central que permite el paso del producto. Esta carcasa está hecha normalmente de aluminio (aplicaciones en seco) o acero inoxidable (aplicaciones de líquidos). Además de servir de pantalla, la carcasa de metal aporta resistencia y rigidez al conjunto. Estas características son esenciales para un funcionamiento satisfactorio del detector.

Existen varias técnicas especiales, mecánicas y eléctricas, que son fundamentales para que el diseño de un detector de metales sea estable y fiable.

#### 1.4.2 Técnicas mecánicas

La carcasa metálica afecta al equilibrio del campo magnético, por lo que cualquier movimiento de ésta respecto a las bobinas puede dar origen a una señal de detección errónea. Asimismo, cualquier movimiento microscópico de una bobina respecto a las demás, aunque sea tan reducido como 1 micra, puede producir una señal suficiente para provocar un rechazo erróneo. Uno de los principales problemas de diseño para los fabricantes de detectores de metales es la concepción de un sistema completamente rígido y estable, que no se vea afectado por la vibración de motores, poleas, dispositivos automáticos de rechazo, cambios de temperatura, transporte ni por cualquier otra maquinaria ubicada en su proximidad.

La selección del material del núcleo, las especificaciones de las bobinas y el diseño de la carcasa es un factor fundamental. Para aumentar aún más la rigidez mecánica, la mayor parte de los fabricantes rellenan la carcasa del detector con algún material que evite el movimiento de la carcasa respecto a las bobinas. Esta práctica se denomina con frecuencia “potting” (rellenado). De esta manera, se aumenta la sensibilidad a la que puede funcionar la unidad bajo las condiciones habituales en fábrica. La calidad del relleno es crucial para un buen rendimiento del detector de metales.

#### 1.4.3 Técnicas electrónicas

Los métodos de fabricación mecánica reducen al mínimo las señales erróneas causadas por el movimiento de las bobinas y la carcasa, al tiempo que confieren al equipo más estabilidad a largo plazo en entornos muy exigentes. No obstante, pueden acabar apareciendo desequilibrios de tensión debidos a cambios de temperatura, acumulación de producto en la abertura, envejecimiento de los componentes eléctricos y cambios lentos en la estructura mecánica. Estos desequilibrios se pueden eliminar mediante diversas técnicas electrónicas. Un sistema de control automático de equilibrio puede supervisar continuamente la tensión de

desequilibrio y corregirla a cero de forma automática. Así, no es necesario que un operador realice periódicamente ajustes y se garantiza el funcionamiento óptimo del detector en todo momento.

La utilización de cristal de cuarzo, que se ha convertido en norma en los detectores de metal, permite controlar la frecuencia del oscilador con una gran precisión con objeto de evitar derivas. No obstante, es necesario emplear además otras medidas de compensación electrónica para contrarrestar las variaciones de los componentes electrónicos inducidas por la temperatura.

El control automático de equilibrio y el control mediante cristal de cuarzo no contribuyen por sí mismos a que el detector pueda detectar elementos metálicos más pequeños. Sin embargo, ayudan a que el detector mantenga su sensibilidad sin necesidad de atención por parte del operador y sin generar señales de erróneas de rechazo. Por lo tanto, para mantener el pleno rendimiento durante un tiempo prolongado, son factores esenciales el control automático de equilibrio, el control con cristal de cuarzo, la compensación de temperatura y el rellenado de los cabezales.

#### 1.4.4 Zona sin metal (MFZ; Metal Free Zone)

La mayor parte del campo magnético de alta frecuencia del detector queda contenido en la carcasa metálica de la unidad. No obstante, es inevitable que se produzcan fugas del campo magnético por la abertura del detector. El efecto que producen estas fugas de campo magnético en los elementos metálicos circundantes puede afectar al comportamiento del detector y puede originar incoherencias en la capacidad de detección.

Para conseguir el mejor resultado en la detección de metales, es necesario disponer alrededor de la abertura del detector una zona sin elementos metálicos: la zona MFZ (del inglés, Metal free zone). El tamaño de la zona MFZ dependerá de la altura de la abertura (figura 1.3), del tipo de detector y de la sensibilidad operativa. Un elemento metálico fijo se puede colocar más cerca del detector que un elemento móvil.

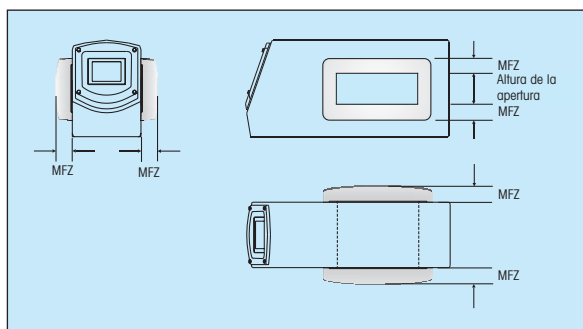


Figura 1.3

La zona MFZ vendrá especificada normalmente en las instrucciones de instalación del fabricante. Los valores más habituales son 1,5 veces la altura de la abertura para elementos metálicos fijos y 2 veces la altura de la abertura para elementos metálicos móviles. Si se tiene en cuenta este factor al realizar la instalación, se conseguirá un comportamiento fiable y sin errores del detector de metales.

En el caso de que existan limitaciones de espacio (por ejemplo, si la cinta transportadora es corta o bien el sistema está ubicado entre una balanza y una embolsadora vertical), puede ser necesario emplear un equipo especial cuya zona sin metal sea mucho menor. Este tipo de sistema utiliza la tecnología ZMFZ (del inglés, Zero Metal Free Zone).

#### 1.5 Detección FIF (Ferrous-in-Foil)

Si el producto que se va a inspeccionar está envasado con papel de aluminio, no se puede utilizar un sistema de detección de metales de bobina equilibrada. No obstante, existe un diseño de detector que suprime el efecto del papel de aluminio, pero que continúa siendo sensible a pequeños elementos contaminantes ferrosos y de acero inoxidable magnético. En las figuras 1.4 y 1.5 se ilustra el fundamento de su funcionamiento.

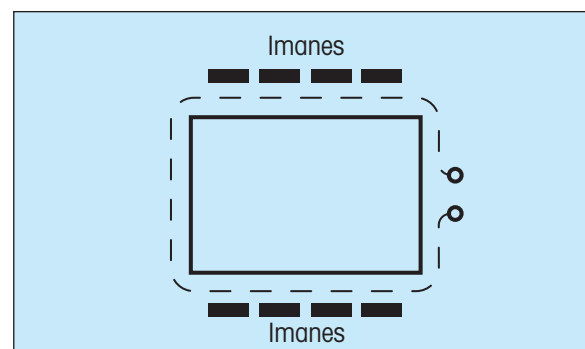


Figura 1.4

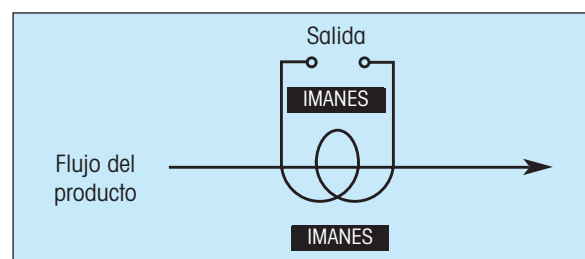


Figura 1.5

Cuando una partícula metálica se acerca al detector, pasa por un potente campo magnético que la magnetiza. Cuando esta partícula magnetizada pasa por una bobina única, arrollada alrededor de un núcleo, se genera una pequeña tensión que se amplifica posteriormente. Los detectores de metal FIF (Ferrous-in-Foil) exhiben una mayor sensibilidad a los materiales magnéticos que a los no magnéticos, pero en la práctica puede ser necesario reducir la sensibilidad del detector para evitar señales producidas por el papel de aluminio, lo cual a menudo limita su rendimiento.



## 1.6 Modos de detección

Cuando una partícula metálica pasa a través de un detector de bobina equilibrada, se genera una señal de salida que aumenta a un máximo a medida que la partícula pasa bajo la primera bobina, cae a cero cuando alcanza la bobina central y vuelve a aumentar al máximo cuando pasa bajo la tercera bobina. La señal comienza a crearse cuando el metal se encuentra aún a cierta distancia de la bobina. Si el elemento metálico es grande, podría tener efecto en la bobina incluso antes de llegar al detector. En la figura 1.6 se muestra la señal generada por un elemento metálico pequeño y por uno grande. Esto sucede en todos los tipos de detectores.

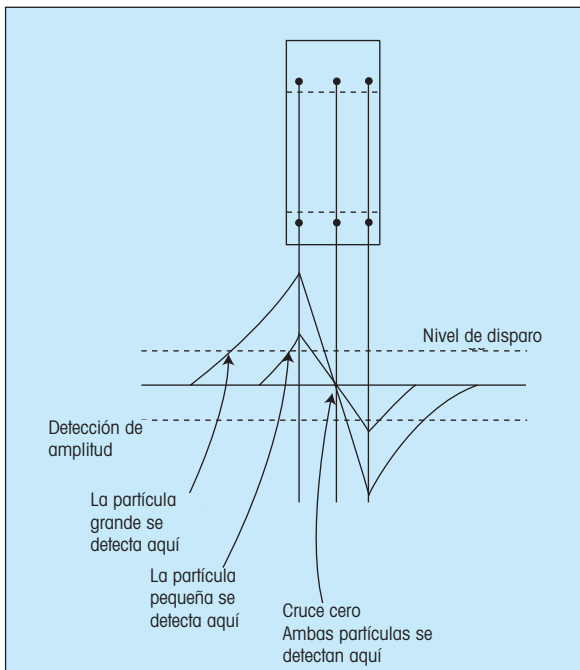


Figura 1.6



No obstante, existen dos métodos posibles de interpretar y procesar esta señal de salida, que dan lugar a distintas características del detector. El primero se conoce como detección de amplitud y el segundo se denomina detección de cruce cero o zona estrecha.

### 1.6.1 Detección de amplitud

El detector entra en funcionamiento cuando la señal de la partícula metálica supera un nivel de “disparo” predeterminado. En la figura 1.6 se muestra que una partícula metálica grande alcanza el nivel de disparo antes que una partícula pequeña y, por lo tanto, se detecta antes. Con el método de detección de amplitud una partícula metálica grande se detecta antes, por lo que se rechaza más cantidad de producto válido.

### 1.6.2 Detección de cruce cero

En este método, la señal de detección del metal se genera cuando cambia la polaridad de la señal, de +ve a -ve o viceversa. En la figura 1.6 se muestra que esto se produce siempre en el mismo punto, bajo la bobina central,

independientemente del tamaño del elemento metálico. Con este método, se determina con precisión el punto de detección, sin tener en cuenta el tamaño del metal, por lo que se reduce al mínimo la cantidad de producto rechazado.

### 1.6.3 Varios elementos metálicos

Sin embargo, el método de cruce cero no está exento de fallos. En una línea de producción normal, es habitual que no se detecte contaminación durante un periodo prolongado y que después se detecten varias partículas seguidas (por ejemplo, si se ha roto un tamiz o una picadora). Si dos partículas metálicas seguidas son de distinto tamaño, el detector de cruce cero puede “confundirse” y no detectar la partícula más pequeña.

En la figura 1.7 se muestra la señal procedente de una partícula pequeña A, seguida de una más grande B. El detector no percibe las dos señales separadas, sino la señal combinada resultante C. Se aprecia que antes de que la señal C pueda cambiar de polaridad y detectarse, el efecto de la segunda partícula la distorsiona. Por lo tanto, no se detecta la primera partícula. Si aparece una tercera, puede que las dos primeras no se detecten y así sucesivamente. Esto supone una importante limitación para el método de cruce cero.

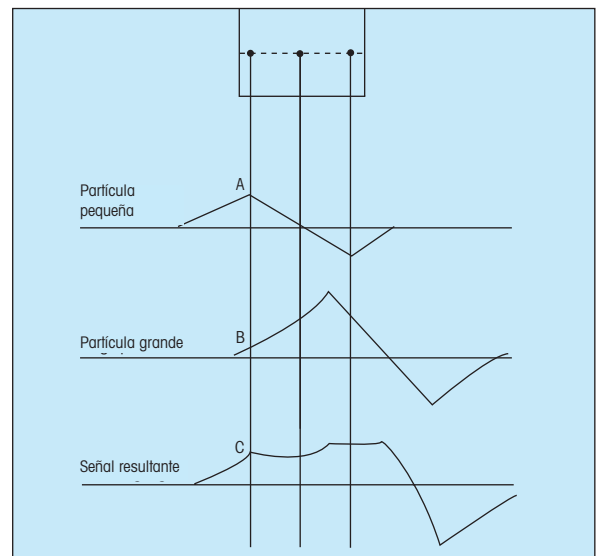


Figura 1.7

### 1.6.4 Detección inversa

Los detectores de metales se pueden emplear también para verificar que un objeto metálico “necesario” se encuentra en un producto envasado. Por ejemplo, un “componente de producto” metálico concreto o un “regalo”. Normalmente, esto se realiza invirtiendo la acción del temporizador de rechazo, de forma que se rechace el producto que no contenga metal y que se acepte el que lo contenga. En este tipo de aplicación es importante controlar el producto antes y después del proceso mediante el cual se introduce el artículo metálico. El objetivo es asegurarse de que el artículo metálico detectado en el punto de salida es el objeto deseado y no un contaminante metálico.

# Notas



# Capítulo 2

## Características fundamentales de diseño

**En caso de avería del detector de metales, el fabricante debe decidir entre detener la producción hasta que llegue el técnico de asistencia o mantener en funcionamiento la línea de producción, asumiendo el riesgo de no detectar una posible contaminación metálica. La posibilidad de tener que enfrentarse a este dilema se reduce en gran medida mediante la selección del sistema de detección de metales más fiable. En este capítulo se facilita valiosa información sobre algunas de las consideraciones esenciales en la selección de un sistema de detección de metales.**

La selección de un sistema de detección de metales fiable es para reducir o eliminar el efecto de la contaminación por metales. A pesar del extendido empleo de detectores de metales, existen pocas directrices que ayuden a los usuarios a evaluar un detector o comparar las funciones de las distintas marcas de equipos. El objetivo de este capítulo es facilitar una orientación práctica sobre las características de diseño que pueden marcar claramente la diferencia, teniendo en cuenta los factores más importantes para los usuarios con una amplia experiencia en la ejecución de programas eficaces de detección de metales.

La deriva, la detección errática, la complejidad de la configuración y los rechazos erróneos son factores esenciales que marcan la diferencia entre el éxito y el fracaso de un programa global de detección de metales. Los detectores de metales pueden resultar frustrantes para el personal de producción cuando los resultados carecen de coherencia. Si un sistema de detección de metales rechaza producto que posteriormente resulta ser válido o si requiere una atención constante para mantener su estándar de sensibilidad, se producirá una rápida pérdida de confianza en él.

Por el contrario, un sistema de detección de metales que detecte y retire con coherencia y fiabilidad, sin la frustración que producen los rechazos erróneos, se ganará la confianza tanto de los operadores de línea como de la dirección, al tiempo que facilitará la mejor protección a largo plazo.

La sensibilidad real de la “línea de producción” es el parámetro que tiene en cuenta todos estos factores.

### 2.1 Diseño del sistema electrónico del detector

Como es natural, los modernos detectores de metales se sirven de la tecnología de microprocesadores avanzados, que ofrecen una amplia gama de funciones a coste reducido. No obstante, la variedad de estas funciones no contribuye necesariamente a la eficacia global del detector de metales. Puede suceder que los profanos en detección de metales elaboren una lista de “características” de las distintas marcas y que deduzcan que la marca con la lista más larga es la mejor opción. Con frecuencia, querrán saber ¿qué unidad ofrece una mayor sensibilidad? y evaluarán y compararán unidades en función de la respuesta. Ninguno de estos métodos puede aportar una orientación eficaz. Los usuarios con más experiencia saben que aunque la sensibilidad es importante, es solamente uno de muchos factores clave.

#### 2.1.1 Estabilidad

Este es el factor diferenciador de un detector de metales de alta calidad y hace resaltar la diferencia entre la sensibilidad y el rendimiento. El rendimiento es una medida de la capacidad del equipo en las condiciones reales de la planta.

Un detector de metales estable funcionará de forma coherente; es decir, sin rechazos erróneos ni detecciones erráticas, y no requerirá ajustes periódicos. La mayoría de las unidades controladas con microprocesador exhibirán niveles similares de sensibilidad al probarlas en condiciones de laboratorio. Sin embargo, pueden revelarse diferencias importantes entre ellas al utilizarlas en una línea de producción durante un periodo prolongado.

Un detector inestable, en especial si está conectado con un dispositivo automático de rechazo, se puede convertir con rapidez en objeto de suspicacias.

### 2.1.2 Deriva electrónica

La deriva electrónica es una causa corriente de inestabilidad que aparece con el tiempo como resultado de las variaciones de temperatura y el envejecimiento de los componentes electrónicos, y cuyo resultado es una modificación de la sensibilidad que puede producir alarmas falsas o señales de perturbación.

La estabilidad de la frecuencia y de la fase de los circuitos electrónicos de alta frecuencia de un detector de metales resulta clave para reducir al mínimo la deriva electrónica. La importancia del grado de estabilidad requerido aumenta a medida que aumenta el nivel de sensibilidad. Características de diseño tales como el control de frecuencia con cristal de cuarzo y el control automático de equilibrio son una importante ayuda para reducir la deriva y garantizar que se mantiene la sensibilidad de forma permanente.

### 2.1.3 Repetibilidad

Además de los rechazos erróneos, la deriva puede ocasionar con el tiempo que varíe el nivel de detección. Si el detector es capaz de detectar una muestra de prueba con el mismo resultado cada vez que se utiliza, a lo largo de semanas o meses, inspirará confianza al usuario. Y no será necesario volver a controlar el producto ni pasará metal sin detectar.

### 2.1.4 Configuración sencilla

Si el procedimiento de configuración de un detector es complicado o confuso, es muy posible que no se ajuste correctamente. Tras la instrucción inicial, es muy práctico que el usuario pueda ajustar todos los parámetros sin consultar el manual de instrucciones. Si se dispone de un procedimiento lógico y de una interfaz usuario-máquina (HMI) intuitiva, no será necesario memorizar secuencias especiales y se podrán seguir realizando cambios correctamente mucho después de haber recibido la formación inicial.

Existen varias marcas de detectores que anuncian características de “configuración automática”; no obstante, la facilidad real de dichas operaciones debe ser considerada en conjunto con la precisión de la configuración. Resultaría cómodo que el detector de metales facilitara una configuración automática parecida a la de un “usuario experto”, pero ello podría suponer una apreciable merma en el rendimiento de la detección.

Cuantos más parámetros se puedan ajustar, más fácil será que el operador seleccione el parámetro erróneo para un producto dado. Con objeto de reducir al mínimo

las configuraciones de productos necesarias, algunos detectores ofrecen funciones que permiten agrupar productos similares y definir una configuración común. Las ventajas de este tipo de función son su facilidad de manejo y la precisión de la configuración en comparación con el empleo de sensibilidades de funcionamiento individuales.

### 2.1.5 Inmunidad a radiofrecuencia (RFI)

Si el detector de metales no incluye características de diseño que le confieran un elevado nivel de inmunidad a radiofrecuencia, el sistema tenderá a efectuar disparos erróneos que, en última instancia, conllevarán una pérdida de confianza y de tiempo y dinero intentando investigar la causa de los errores. En un entorno de fabricación existen numerosas fuentes de interferencias, como los fluorescentes, radios, walkie-talkies, motovariadores, etcétera, que pueden interferir en el funcionamiento de los sistemas de detección de metales.

### 2.1.6 Electrónica modular

Una de las ventajas más importantes del empleo de los detectores de metales con módulo electrónico universal de sustitución rápida es que los costes de revisión y el tiempo de pérdida de producción en el curso del mantenimiento o reparación se reducen al mínimo. En las líneas de producción en las que los períodos de inactividad son inaceptables, es importante que el detector esté provisto de un único módulo electrónico que el propio usuario pueda sustituir.

### 2.1.7 Comprobación automática y supervisión del estado

La eficacia de la producción debe mejorar constantemente y, por ello, el objetivo de muchos fabricantes es reducir los tiempos de inactividad y simplificar los ensayos de verificación.

Los sistemas de detección de metales con funciones de comprobación automática y supervisión continua del estado ofrecen ventajas claras, ya que advierten con antelación de los posibles fallos del sistema. Con estos sistemas no debe actuarse de forma reactiva, con tareas de mantenimiento y pruebas de verificación frecuentes, sino de forma preventiva.

Cuando se tomen en consideración estas funciones, es importante determinar si los parámetros clave de todo el conjunto de circuitos en funcionamiento real del detector están en constante supervisión, independientemente de si las señales se procesan de forma secuencial o en paralelo. Es importante, asimismo, que el sistema avise automáticamente a los usuarios con anticipación de los cambios imprevistos y que emita una señal de alarma si se produce algún cambio inaceptable en los parámetros que se supervisan.

## 2.2 Diseño mecánico del detector

### 2.2.1 Protección ambiental

Un detector de metales debe seleccionarse teniendo en cuenta los requisitos de higiene del producto y el entorno donde va a funcionar. Si el producto es de alto riesgo, el detector de metales deberá fabricarse de forma que soporte condiciones exigentes, limpiezas profundas y procedimientos de esterilización.

En el caso de productores de carne, pollería, lácteos y productos similares, la incapacidad del detector de metales para soportar lavados fuertes y frecuentes es un problema habitual. La reparación de un detector de metales en el que ha entrado agua resulta cara y requiere tiempo.

El rendimiento del sistema no debe verse afectado si el equipo se ubica en zonas en contacto con agua o vapor (siempre que éstas se hayan especificado correctamente en el momento de la compra).

Si un sistema de detección de metales se va a emplear en una atmósfera clasificada como explosiva, por ejemplo un molino de harina, el diseño del sistema deberá ser homologado de forma independiente por algún organismo reconocido y acreditado, y el fabricante del detector deberá ser homologado para la fabricación de tales sistemas.

### 2.2.2 Estabilidad del equilibrio e inmunidad a la vibración

La mayoría de los detectores de metales funcionan con un sistema de bobina equilibrada, por lo que es importante mantener la estabilidad mecánica para conseguir un rendimiento continuado del detector de metales. Movimientos mínimos de la estructura mecánica, como expansiones debidas a la temperatura, impactos mecánicos, vibraciones, etc. pueden causar un desequilibrio en el sistema de bobina que a su vez puede ocasionar disparos erróneos o la deriva y el desequilibrio del detector de metales. Esto no es deseable en ningún caso; por lo tanto, el diseño y la fabricación de la mecánica son tan importantes para prevenir y compensar dichos movimientos como el diseño de la electrónica.

Un sistema que necesite ser equilibrado manualmente con regularidad o que puede estar sometido a vibraciones será inconveniente en una línea de producción automatizada. Un buen diseño electrónico -como el control automático del equilibrio- y un buen diseño mecánico -como las técnicas avanzadas de rellenado- son de gran ayuda para reducir estas posibles anomalías.

## 2.3 Diseño del sistema de transporte

El diseño del sistema de transporte del producto a través del detector debe cumplir ciertos criterios estrictos para no interferir con el detector de ninguna manera. Un transportador de un detector de metales es mucho más que un transportador modificado. Tanto el diseño del transportador como del dispositivo de rechazo son decisivos para la eficacia del programa global de detección de metales.

Si no se incorporan precauciones y técnicas de diseño especiales, las corrientes de bucle y la electricidad estática pueden afectar al detector, causando interferencias y reduciendo la sensibilidad.

Los detectores de metales emiten una señal de alta frecuencia que produce corrientes de bucle minúsculas alrededor de la estructura metálica del transportador. Estas corrientes de bucle no afectan al detector siempre y cuando se mantengan constantes. No obstante, si la estructura del transportador tiene una junta discontinua de resistencia variable, incluso en una ubicación alejada del detector, estas corrientes de bucle varían puntualmente y producen en el detector una gran señal de interferencia.

Son fuentes habituales de corrientes de bucle los puntos de contacto de metal con metal, como el conjunto atornillado del transportador o sus soportes, los ejes de poleas y los cojinetes, los accionamientos de cadenas y sus guardas, los soportes de rechazo y las abrazaderas de canalizaciones metálicas. Con frecuencia, la oxidación de las uniones o los cambios en la lubricación de los cojinetes van agravando estos problemas con el tiempo.

Para conseguir la mayor fiabilidad posible en el rendimiento es básico utilizar estructuras completamente soldadas, zonas sin metal correctamente delimitadas, así como rodillos, poleas, estructuras transversales y el montaje de la cabeza detectora adecuadamente aislados. Los materiales de la cinta no deben contener metal y ésta debe ser de alta calidad y con conexiones adecuadas sin contaminantes. Debe evitarse el empleo de material antiestático en la cinta.

Si estos problemas no se eliminan al principio, los rechazos erróneos irán en aumento. La solución más sencilla, aunque generalmente inaceptable, consiste en reducir la sensibilidad del detector. Con ello, podría incumplirse la norma de sensibilidad establecida.

En el capítulo 4 se trata más exhaustivamente la eficacia de distintos diseños de transportador, métodos de transporte de productos y tipos de cinta recomendados.

## 2.4 Diseño de sistemas sin cinta transportadora

A los sistemas de detección de metales sin cinta transportadora se pueden aplicar consideraciones similares. Entre ellos se incluyen sistemas para inspección de polvos secos y productos granulados a granel, aplicaciones de embalaje en vertical y sistemas de tubería para líquidos, pastas y fluidos alimentarios. Si las estructuras de apoyo y los dispositivos de rechazo no se diseñan correctamente, el rendimiento global del sistema de detección de metales se verá afectado y se reducirá la eficacia del programa de detección.

## 2.5 Diseño del mecanismo de rechazo

La ineficacia del sistema de rechazo es probablemente el punto más débil de la mayoría de los sistemas de detección y su consecuencia es que la contaminación no se elimina con fiabilidad y eficacia de la línea de producción. Un sistema correctamente especificado debe ser a prueba de errores y capaz de rechazar cualquier producto contaminado bajo cualquier circunstancia, independientemente de la frecuencia de su aparición o de la ubicación del metal dentro del producto. Consulte información más detallada en el capítulo 4.

## 2.6 Diseño higiénico

Todos los sistemas de detección de metales deben diseñarse teniendo en cuenta el entorno en el cual van a funcionar y el programa de limpieza al que van a ser sometidos. Los principios de diseño para la higiene se aplicarán a todos los aspectos del sistema para eliminar puntos de acumulación de suciedad y para facilitar su limpieza.

Entre las características del diseño se incluirán:

- La eliminación de huecos en los que se puedan acumular suciedad y bacterias
- La hermeticidad de todas las secciones huecas
- La eliminación de rebordes y superficies horizontales
- El empleo de estructuras abiertas, con bastidores soldados de forma continua para facilitar el acceso y la limpieza
- La gestión de higiene de cables eléctricos, canalizaciones y servicios de aire comprimido

## 2.7 Salud y seguridad

La salud y la seguridad son importantes factores que se deben tener en cuenta. El diseño y la construcción de los sistemas de detección de metales deben recibir la certificación de su conformidad con la reglamentación y normativa oficial en vigor en el momento de la venta. Por ejemplo, si el equipo dispone de la marca CE relativa a las normas aplicables de seguridad en maquinaria, el riesgo de que algún empleado resulte herido será mínimo. Una lesión de un empleado podría derivar en una reclamación costosa por daños personales.

# Capítulo 3

## Factores limitativos de la sensibilidad

**A menudo reinan la confusión y la información equívoca en lo que atañe a las especificaciones de sensibilidad y a la capacidad real de funcionamiento de los detectores de metales. Existen muchos factores que influyen en la sensibilidad y si se pretende que los datos de sensibilidad tengan algún significado, se deben evaluar en relación con la aplicación correspondiente. En este capítulo se destacan los factores que se deben tener en cuenta para garantizar que el equipo adquirido se ajuste a las necesidades de funcionamiento.**

### 3.1 Factores limitativos de la sensibilidad

En la mayoría de los mercados occidentales, la sensibilidad se expresa habitualmente como el diámetro de una esfera metálica, de un tipo concreto de metal, que se detecta sin error en el centro de la apertura del detector de metales. Se utilizan esferas metálicas de precisión porque se encuentran disponibles en el mercado en una amplia gama de metales y diámetros, y porque presentan una forma invariable, independientemente de cómo entran en el detector (es decir, carecen de “efecto de orientación”; véase información más detallada en la sección 3.3).

Los fabricantes japoneses de detectores de metales especifican la sensibilidad mediante esferas y materiales similares, pero medida sobre la cinta transportadora. Como en este caso la esfera se encuentra más cerca de la pared de la abertura (véase el capítulo 3), este método indicará siempre una sensibilidad mayor en comparación con el método occidental, que mide la sensibilidad en el peor de los casos.

Por lo tanto, si se compara la sensibilidad de detectores occidentales y japoneses es importante comprobar que dicha sensibilidad se haya medido de la misma manera.

Existen muchos factores que influyen en la sensibilidad operativa real con la que puede funcionar de forma fiable un detector de metales. Entre ellos se encuentran:

- Tipo de metal
- Forma y orientación del metal
- Tamaño de la abertura y posición del metal respecto a ella
- Condiciones ambientales
- Velocidad de inspección
- Características del producto y frecuencia de funcionamiento

Por esta razón se debe adoptar la máxima precaución al comparar detectores de metales únicamente sobre la base del contenido de su especificación o de la documentación publicitaria. Es posible que no se alcancen todas las especificaciones una vez que el detector se ha instalado en la aplicación y en el entorno de funcionamiento concreto. Por ello la prueba de la sensibilidad bajo condiciones de laboratorio controladas no se considera un buen indicador del rendimiento real que se puede conseguir.

Es esencial realizar pruebas del producto en condiciones reales para determinar la sensibilidad del equipo en la línea de producción. En última instancia, se deben efectuar pruebas en fábrica con el equipo montado en la línea para garantizar que los valores de sensibilidad contemplados son repetibles para la aplicación pretendida y en el entorno de funcionamiento concreto.

### 3.2 Tipos de metal

Los metales se pueden dividir normalmente en ferrosos, no ferrosos o acero inoxidable. La sensibilidad del detector de metales varía en función del tipo de metal presente. La facilidad de la detección depende de la permeabilidad magnética, es decir, de la facilidad con que se magnetiza el metal, y de su conductividad eléctrica.

Los elementos contaminantes ferrosos son tanto magnéticos como buenos conductores, por lo que se pueden detectar con facilidad. Los metales no ferrosos como el latón, el cobre, el bronce fosforoso y el aluminio no son magnéticos, pero son buenos conductores de electricidad. Esto implica que se detectan con relativa facilidad en aplicaciones en seco y al tiempo son más difíciles de detectar en aplicaciones con líquidos debido a su naturaleza no magnética. El acero



inoxidable se encuentra en el mercado en muchos grados distintos: algunos son magnéticos y otros austeníticos (completamente carentes de propiedades magnéticas). Su conductividad es asimismo variable. En la tabla 3a se resumen las características principales de los distintos tipos de metales.

Tipo de metal	Permeabilidad magnética	Conductividad eléctrica	Facilidad de detección
Ferrosos (acero cromado)	Magnético	Buen conductor de electricidad	Fácilmente detectable <sup>1</sup>
No ferroso (latón, plomo, cobre)	No magnético	Generalmente bueno o excelente	Detectable con relativa facilidad <sup>2</sup>
Acero inoxidable (diversos grados)	Normalmente no magnético	Normalmente malos conductores	Relativamente difícil de detectar

Tabla 3a: Características de los distintos tipos de metales

Notas:

<sup>1</sup> Normalmente son los metales más fáciles de detectar, tanto en seco como en líquidos, debido a sus propiedades magnéticas.

<sup>2</sup> Relativamente fáciles de detectar en aplicaciones en seco, no obstante son más difíciles de detectar en líquidos debido a su carencia de propiedades magnéticas.

En el caso de que se especifiquen metales no ferrosos y aceros inoxidables para la detección, se deberá concretar el tipo, ya que existen numerosos tipos de materiales cuya detectabilidad puede ser distinta. Por ejemplo, el latón se detecta con mayor facilidad que el bronce fosforoso, aunque ambos son metales no ferrosos.

En la industria alimentaria y en la industria farmacéutica, los aceros inoxidables de grado 304 y 316 son los más utilizados. Estos son los dos metales más difíciles de detectar porque no son magnéticos y presentan una reducida conductividad eléctrica.

### 3.3 Forma del elemento metálico y efecto de la orientación

Si una partícula metálica no esférica, como virutas o alambres, pasa por un detector de metales, se detectará con mayor o menor facilidad en función de su orientación. Este hecho se denomina “efecto de orientación” y es una característica común a todos los tipos de dispositivos de detección, no solamente a los detectores de metales de alta frecuencia.

En la figura 3.1 se muestra cómo varía la capacidad de un detector de metales para identificar partículas de alambre en función del tipo de metal y de la orientación del alambre. Los contaminantes ferrosos son fáciles de detectar si están

orientados paralelamente a la dirección de paso. Por el contrario, resultan mucho más difíciles de detectar si están orientados a 90° respecto a la dirección de paso. Con los metales no ferrosos ocurre lo contrario.

El efecto de orientación solamente se evidencia si el diámetro del alambre es inferior a la sensibilidad esférica del detector de metales.

Por ejemplo, si la sensibilidad del detector está ajustada en un diámetro de 1,5 mm, solamente se apreciará el efecto de orientación en alambres cuyo diámetro sea inferior a 1,5 mm. Si la sensibilidad del detector se aumenta a 1 mm, solamente presentarán este problema los alambres con un diámetro inferior a 1 mm. Si el diámetro del alambre es aproximadamente 1/3 del diámetro de la esfera detectable, el alambre no se detectará, sea cual sea su longitud.

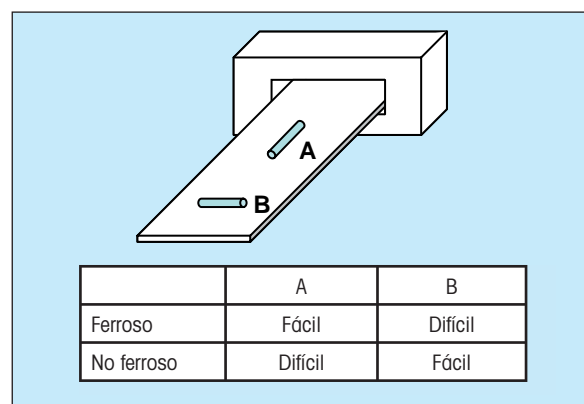


Figura 3.1

En la tabla 3b de la siguiente página se compara la capacidad del detector para detectar cuatro muestras distintas de alambre con sensibilidades distintas. En la columna izquierda se muestran las cuatro sensibilidades posibles. Por ejemplo, si se utiliza una sensibilidad para diámetros de 1,5 mm, el alambre de cobre estañado debe tener una longitud de 9 mm para ser detectado con certeza. Con una sensibilidad de 2 mm, la longitud deberá ser de 26 mm. Se aprecia que una pequeña variación de la sensibilidad del detector, en términos de diámetro de la esfera, representa una gran diferencia en su sensibilidad frente a trozos de alambre.

Por lo tanto, si el alambre se identifica como un posible contaminante, es mejor que el detector opere con la máxima sensibilidad posible. No obstante, a medida que aumentan los niveles de sensibilidad, se agravan los problemas de deriva y, en algunos detectores, los rechazos erróneos pueden aumentar hasta niveles inaceptables. Por lo tanto, el diseño del sistema de detección se convierte en una cuestión esencial (vea el capítulo 2).



Sensibilidad esférica	Clip de acero 0,95 mm de diámetro (0.037")	Alambre de cobre estañado 0,91 mm de diámetro (0.036")	Alambre de cobre 1,37 mm de diámetro (0.054")	Alambre de acero inoxidable - EN58E (304) 1,6 mm de diámetro (0.063")
1,2 mm	1,5 mm de longitud	3,5 mm de longitud		
1,5 mm	3,0 mm de longitud	9,0 mm de longitud	3,0 mm de longitud	8,0 mm de longitud
2,0 mm	6,0 mm de longitud	26,0 mm de longitud	8,0 mm de longitud	24,0 mm de longitud
2,5 mm	11,0 mm de longitud	55,0 mm de longitud	18,0 mm de longitud	64,0 mm de longitud

Tabla 3b: Nivel de sensibilidad expresado por esferas de distinto tamaño y longitudes de alambre

### 3.4 Dimensiones de la abertura y posición del metal en la abertura

Cuanto más grande sea la abertura del detector, menos sensible será este. Tanto la anchura como la altura de la apertura tienen un efecto en la sensibilidad del detector, pero las diferencias de altura o la reducción del tamaño de la abertura tienen la mayor influencia.

En la figura 3.2 se muestra un detector de metales típico. El centro geométrico (posición 1) es la parte menos sensible del detector, las esquinas son las más sensibles (posición 3) y el resto son puntos de sensibilidad intermedia (por ejemplo, la posición 2). Este fenómeno se conoce como gradiente de sensibilidad y dependerá del diseño y montaje del sistema de bobinas.

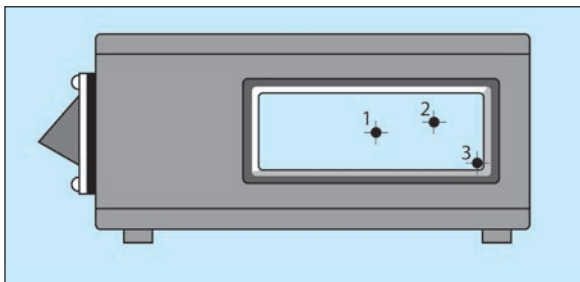
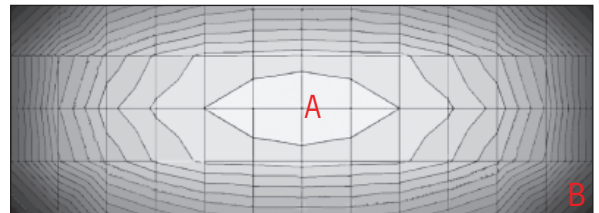


Figura 3.2

Normalmente, el tamaño de esfera detectable en el centro de una abertura rectangular es aproximadamente de entre 1,5 y 2 veces mayor que el tamaño de la esfera detectada en las esquinas de la abertura, aunque esto puede variar en función del fabricante y el diseño concreto. La variación de la capacidad de detección se ilustra gráficamente a continuación en la figura 3.3. Los detectores con un orificio circular presentarán la mayor sensibilidad junto a las paredes del detector y la menor sensibilidad en el centro geométrico de la abertura.



A = Sensibilidad inferior

B = Sensibilidad superior

Figura 3.3

### 3.5 Condiciones ambientales

Los detectores de metales se ven afectados en diversa medida por condiciones ambientales adversas, tales como interferencias eléctricas presentes en el aire, vibración en la planta y fluctuaciones de temperatura. Estos efectos se agudizan si se funciona con alta sensibilidad. Los hornos, los túneles de congelación y los lavados con agua caliente producen choques térmicos que pueden ocasionar señales de rechazos erróneos. A menos que se empleen buenas técnicas de diseño para eliminar este problema, la única solución puede ser reducir la sensibilidad del detector. Por ello, no es realista comparar la capacidad de distintos detectores en función de pruebas de laboratorio realizadas en condiciones controladas.

### 3.6 Velocidad de inspección

Las velocidades máxima y mínima de inspección son rara vez un factor limitante para los detectores de metales, en especial en el caso de aplicaciones con cinta transportadora. El límite variará de un fabricante a otro, pero siempre es función de la altura de la abertura del detector. Normalmente, el máximo es aproximadamente de 8 m/s para una altura de 125 mm. Se pueden llevar a cabo modificaciones poco importantes si se desea aumentar este valor. El límite de funcionamiento se puede alcanzar

en algún caso como la inspección en líneas neumáticas a velocidades de más de 35 m/s.

Más importante que el máximo y mínimo absolutos, no obstante, es la uniformidad de la sensibilidad en todo el rango de velocidad. Esta no es una característica generalizada en los detectores. En la figura 3.4 se muestra como el detector A mantiene su sensibilidad en un rango muy amplio de velocidades, mientras que el perfil del detector B denota una mayor dependencia entre sensibilidad y velocidad.

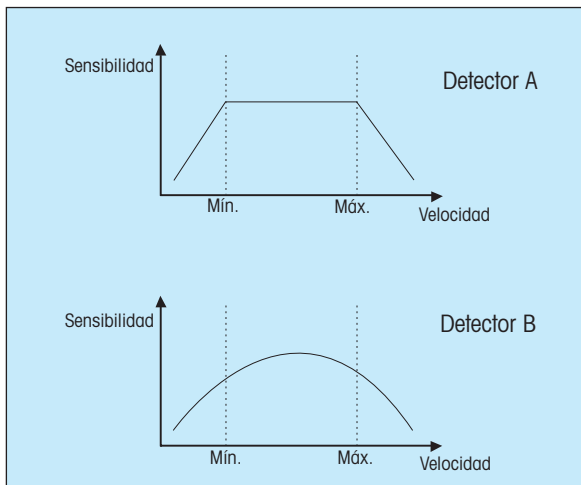


Figura 3.4

### 3.7 Características del producto y frecuencia de funcionamiento

Los productos secos, como los dulces y los cereales, son relativamente fáciles de inspeccionar y se pueden usar gráficas de sensibilidad para calcular el rendimiento esperado en funcionamiento. Existen en el mercado detectores de frecuencias más altas, por ejemplo 800 kHz, que ofrecen mejor sensibilidad en el caso del acero inoxidable.

La inspección de productos líquidos o conductores, como carne fresca, plantea una cuestión diferente. El producto líquido origina una “señal de efecto de producto” en el detector que debe anularse antes de poder comenzar la inspección. Esta operación tiende a reducir la sensibilidad del detector en una extensión que no se puede calcular fácilmente de forma empírica. Para reducir este efecto al mínimo se selecciona a menudo la frecuencia más baja de funcionamiento, en el rango de 100 a 300 kHz (consulte información más detallada en la sección 3.8, sobre la inspección de productos líquidos y conductores). De esta manera, se reduce la señal del efecto del producto, pero también la sensibilidad del detector, en especial frente al acero inoxidable. Para reducir al mínimo este efecto en las aplicaciones con papel metalizado, a menudo se selecciona una frecuencia incluso inferior, entre 25 y 100 kHz, con lo que se reduce aún más la sensibilidad frente al acero inoxidable (si desea más información sobre aplicaciones con papel metalizado, consulte la sección 4.1.6). En la figura 3.5 se ofrece una orientación general sobre la selección de

frecuencia, aunque se debe tener en cuenta que la selección real depende de la aplicación específica.

Es fundamental efectuar pruebas de producto reales para determinar la sensibilidad en la línea de producción.

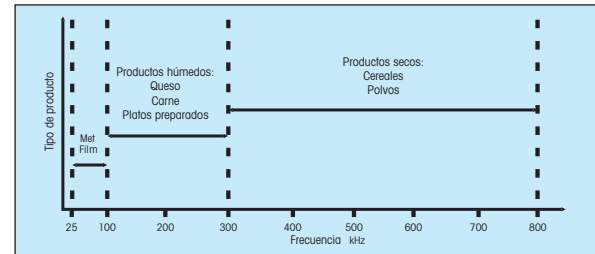


Figura 3.5

### 3.8 Inspección de productos líquidos o conductores

Productos como el queso, la carne fresca, el pan caliente, las mermeladas y las conservas pueden generar una señal en el detector de metales aunque no contengan metal. Este hecho se conoce como “efecto de producto” y lo produce la sal o el ácido contenido en el producto y que lo hace conductor de la electricidad.

Para hacer posible la inspección es necesario eliminar o reducir esta señal del producto para que no produzca rechazos erróneos. Esto se puede hacer de tres maneras distintas:

- Reducción de la sensibilidad
- Reducción de la frecuencia
- Compensación del producto

#### 3.8.1 Reducción de la sensibilidad

Si se reduce poco a poco la sensibilidad del detector de metales, la señal del producto disminuye cada vez más hasta dejar de ser detectable. A pesar de que el detector es menos sensible a todo tipo de metal, es la opción más habitual cuando la señal de producto no es fuerte.

#### 3.8.2 Reducción de la frecuencia

La frecuencia de funcionamiento de un detector de metales oscila normalmente entre 10 kHz y 1 MHz. Si se selecciona una frecuencia cercana al extremo inferior de este rango, la señal del efecto de producto disminuye. Desgraciadamente, la señal de los metales no ferrosos y del acero inoxidable también disminuye, por lo que el detector se vuelve menos sensible a estos metales.

#### 3.8.3 Compensación del producto

Existen circuitos electrónicos específicos en el mercado que pueden amplificar y filtrar las señales del detector en distinta extensión en función de su fase. El operador puede ajustar estos filtros para aumentar la capacidad de

detección de metales para una amplia variedad de señales de producto. Esta técnica se denomina “compensación del producto” y normalmente tiene el efecto de reducir la señal de producto y aumentar la sensibilidad del detector a los metales ferrosos. Desgraciadamente, también tiene el efecto de reducir la sensibilidad a los metales no ferrosos y al acero inoxidable y, además, hace que el detector se vuelva más sensible a la vibración de motores, dispositivos de rechazo y otra maquinaria cercana.

La inspección de productos conductores exige siempre llegar a un compromiso y, en la práctica, el fabricante del detector de metales utilizará una combinación de estas tres técnicas para ofrecer el mejor rendimiento de funcionamiento.

Los efectos de la vibración y de la deriva de la fase del producto inducida por variaciones de temperatura son más pronunciados en líneas con efecto de producto. El empleo de técnicas de diseño convenientes ayuda a conseguir una estabilidad completa. De esta manera, se resuelve un problema corriente que sufren con frecuencia los usuarios: el aumento gradual de la cantidad de producto rechazado, pero que resulta carecer de contaminación cuando se vuelve a inspeccionar.

### 3.9 Información detallada sobre la compensación del producto

Las señales inducidas por diversos metales o productos al pasar a través de las bobinas del detector de metales se pueden dividir en dos componentes, resistivo y reactivo, que dependen de la conductividad y permeabilidad magnética del metal. Si las partículas son pequeñas la señal de los metales ferrosos (hierro) es primordialmente reactiva, mientras que la señal del acero inoxidable es sobre todo resistiva. En la figura 3.6 se muestra un diagrama vectorial de las señales de una serie de metales distintos al pasar a través del detector. Se aprecia que las señales aumentan hasta un máximo a medida que cruzan la primera bobina, caen a cero cuando pasan por la bobina central y vuelven a aumentar hasta un máximo al cruzar la tercera bobina.

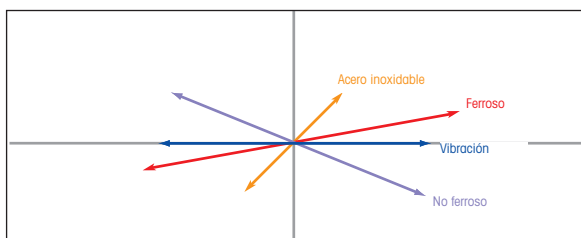


Figura 3.6

En estos diagramas, el componente reactivo se representa en la dirección horizontal y el componente resistivo en la dirección vertical.

La señal de un metal ferroso es mayor que la señal correspondiente a un elemento del mismo tamaño de metal no ferroso o de acero inoxidable. Asimismo, las señales

procedentes de vibraciones se encuentran siempre sobre el eje horizontal reactivo.

Para aumentar la sensibilidad del detector de metales a la señal del acero inoxidable y reducir la sensibilidad a la vibración, se pueden utilizar circuitos especiales para amplificar las señales en distinta extensión, en función de su fase. Esta técnica se conoce como detección sensible a la fase (Phase Sensitive Detection, PSD). Se muestra en la figura 3.7.

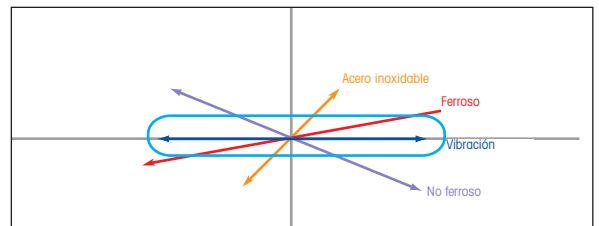


Figura 3.7

La detección sensible a la fase se muestra en forma de óvalo alargado azul y se denomina “envolvente de detección”. Para que una señal se detecte debe sobrepasar la envolvente de detección. Para que sobrepasen la envolvente las señales de vibración deben ser grandes, mientras que las señales del acero inoxidable pueden ser pequeñas. Esta es la situación de funcionamiento más satisfactoria.

Sin embargo, se plantean dificultades cuando se inspeccionan productos conductores como la carne o el queso. La señal grande de producto sobrepasa el límite de la envolvente y será detectada siempre, aunque el producto carezca de contaminación metálica (figura 3.8).

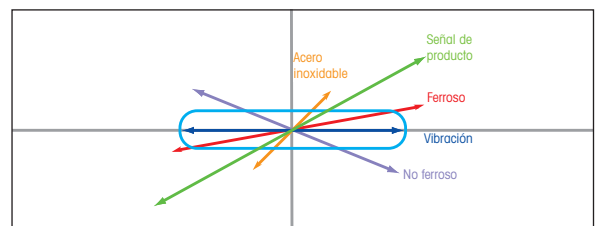


Figura 3.8

Si se reduce la sensibilidad del detector, todas las señales se harán más pequeñas, hasta que la señal del producto ya no sobrepase la envolvente. Entonces será posible efectuar la inspección correctamente. Para aplicaciones en las que el efecto de producto sea reducido ésta es la opción más corriente.

En la figura 3.9 se muestra una solución alternativa. La envolvente de detección se puede girar electrónicamente, hasta alinearla con la señal de producto. Esta técnica se conoce como “compensación del producto” o “filtrado por fase” y la puede ejecutar el propio usuario. La señal de producto ya no sobrepasa el límite de la envolvente, de forma una inspección normal es de nuevo posible. Sin embargo, el uso de la compensación del producto tiene ciertos

inconvenientes. Las señales grandes de acero inoxidable deben sobrepasar la envolvente para ser detectadas, de manera que el detector se hace menos sensible a estos metales.

producto, lo que permite a los operadores centrarse en otros equipos y aspectos del proceso de cambio de producto.

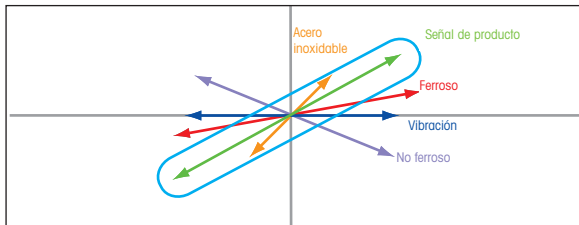


Figura 3.9

Al mismo tiempo, las señales pequeñas procedentes de vibraciones ahora sobrepasan la envolvente y se detectan. Esta sensibilidad no deseada a las vibraciones es, con frecuencia, un factor que limita la inspección con compensación de producto.

La fase exacta de cada producto no se puede calcular a partir de datos basados en el contenido salino o el pH. Por ello, no es posible calcular las sensibilidades de detección. Es fundamental realizar pruebas de producto para determinar la sensibilidad del detector a una serie de metales cuando existe un efecto de producto de cierta importancia. Normalmente, los fabricantes de detectores de metales ofrecen este servicio.

### 3.9.1 Compensación automática del producto

El ajuste preciso de la fase de producto requiere experiencia si se desea conseguir un rendimiento óptimo. Si se van a inspeccionar productos o tamaños de envase distintos en la misma línea de producción, el ajuste del detector para cada nuevo producto puede requerir demasiado tiempo.

Algunos detectores disponen de una función de configuración automática para la inspección de productos conductores. En el procedimiento de configuración, se pasa por el detector de metales uno o varios productos que hayan superado las pruebas de contaminación, de esta manera se establecen de modo automático una serie de parámetros. En los detectores multifrecuencia, este procedimiento puede incluir también la selección automática de la frecuencia. Estos datos se guardan y se recuperan cada vez que se inspecciona este producto. Un detector de metales de alta calidad es capaz de proporcionar una configuración precisa y reproducible.

### 3.9.2 Modo sin cambios

En una planta de producción con mucha actividad, la modificación de los parámetros del detector de metales al cambiar un producto por otro puede resultar costoso. Algunos detectores de metales ahora son capaces de funcionar simultáneamente con muchos parámetros de

# Capítulo 4

## Diseño de los sistemas y aplicaciones

**En el capítulo anterior se han expuesto las características definitorias de un sistema de detección de metales fiable. También, es importante conocer los tipos de sistema disponibles, en qué puntos se pueden instalar y la forma correcta de especificarlos para la aplicación propia, los mejores hábitos y los códigos de práctica aceptados. El tiempo que se invierta en especificar correctamente el sistema de detección de metales se verá recompensado, porque no será necesario realizar modificaciones después de la instalación y las pruebas de verificación resultarán más sencillas.**

En este capítulo se facilita orientación práctica sobre la selección del equipo y se explica en qué modo la adopción de técnicas de trabajo óptimas y la incorporación de funciones de seguridad reducen la posibilidad de contaminación de los productos.

### 4.1 Sistemas transportadores

#### 4.1.1 Tipos de cinta

En la selección del material adecuado para la cinta transportadora se deben tener en cuenta una serie de factores. Estos equipos acumulan electricidad estática, en particular si deslizan sobre placas de plástico y rodillos y poleas revestidos de plástico. Los materiales antiestáticos para cintas pueden causar problemas ya que pueden estar hechos con compuestos de carbono de relleno o aditivos conductores, que producen un efecto negativo en el comportamiento del detector de metales, en especial al pasar las uniones de la cinta por la abertura. En cualquier tipo de cinta la unión debe carecer de elementos metálicos y debe estar hecha de tal forma que evite la acumulación de producto o de grasa. El efecto negativo mencionado se reduce si la unión está vulcanizada o pegada a 45° o si es una unión en zig-zag (figura 4.1). No son apropiados los pasadores metálicos ni las uniones cosidas ni atadas.

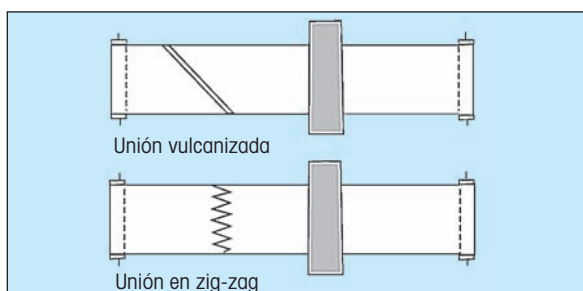


Figura 4.1

El propio material de la cinta debe carecer de elementos metálicos. Las partículas metálicas diminutas incluidas en el material son extremadamente difíciles de encontrar. Los propios fabricantes que producen cintas sin metal de alta calidad seguramente tendrían que utilizar también un equipo de detección de metales para inspeccionar sus materias primas.

Existe en el mercado una amplia variedad de tipos de cinta, aptos para la mayor parte de las aplicaciones, entre ellas lisas, cóncavas, nervadas y de reborde flexible moldeado. Las robustas cintas articuladas modulares de plástico y las de uretano de sección circular, que deslizan sobre rodillos acanalados, son perfectas para los casos en que se puede derramar el producto y cuando se requieren lavados frecuentes (figura 4.2).

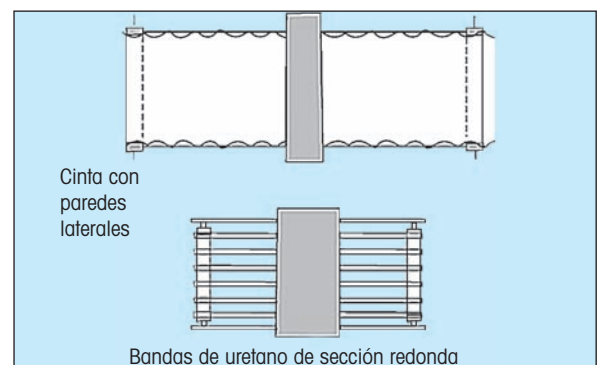


Figura 4.2

Las cintas sin fin de doble paso (figura 4.3) ofrecen una serie de ventajas en muchas aplicaciones, entre ellas que se sustituyen con rapidez. Sin embargo, dado que la cara superior de la cinta pasa sobre uno de los rodillos, no se consideran apropiadas para el transporte de productos húmedos ni pegajosos.

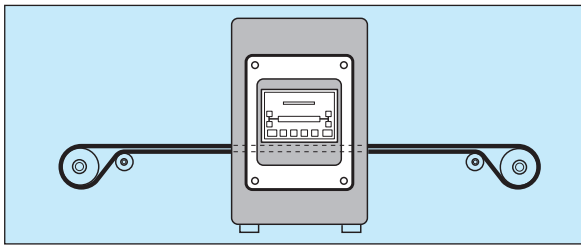


Figura 4.3

#### 4.1.2 Transporte del producto



Los productos envasados deben pasar por el detector de metales con una orientación determinada y constante, centrados respecto a la abertura del detector. El espaciado mínimo deseado es la longitud del paquete de producto.

La transferencia al sistema transportador del detector merece especial atención si los rodillos extremos son grandes o el producto es pequeño. Si la distancia  $D$  entre los rodillos es mayor que la mitad de la longitud del producto, puede que la transferencia no se realice correctamente. Normalmente, resulta eficaz colocar un rodillo loco intermedio o una placa fija entre los dos rodillos de conexión (figura 4.4).

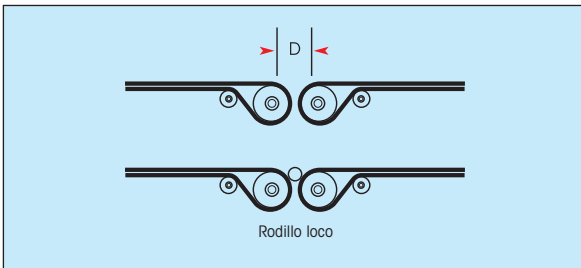


Figura 4.4

Los bordes afilados sencillos o dobles permiten efectuar la transferencia de artículos pequeños cuando se debe conservar el orden del producto, como las filas de dulces a la salida de una bañadora (figura 4.5).

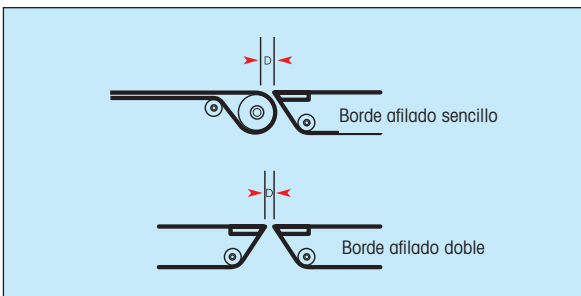


Figura 4.5

Los productos pegajosos, como las masas crudas o la carne, y los productos sueltos a granel, como cacahuetes sueltos, se pueden transferir en cascada. Para que la sensibilidad sea máxima y no se produzcan rechazos erróneos es importante que el producto se presente de forma homogénea y no en grandes montones (figura 4.6).

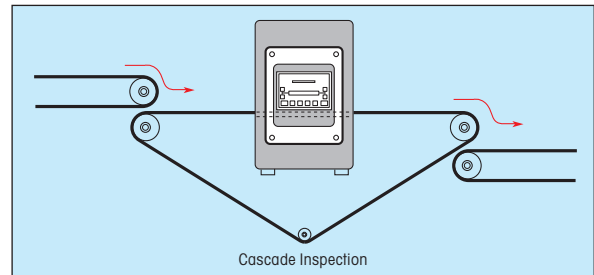


Figura 4.6

En el caso de la inspección de frascos y botellas, el sistema de detección se puede situar a un lado de una cinta transportadora existente. Se pueden utilizar guías de productos para desviar los envases de la línea de producción al sistema de detección. A continuación los productos aceptados se devuelven a la línea principal. Si se detecta contaminación en algún artículo, las guías de productos se pueden mover mediante un sistema neumático para rechazar el artículo en cuestión y rechazarlo de la línea (figura 4.7).

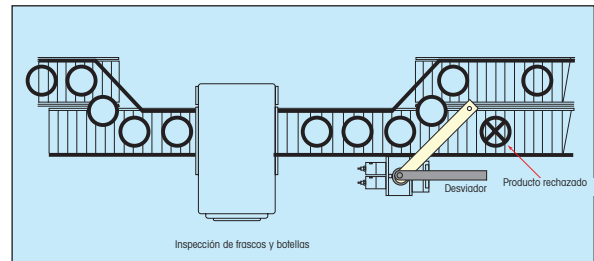


Figura 4.7

#### 4.1.3 Velocidad de transferencia

Para facilitar la identificación de los productos contaminados, a menudo resulta útil acelerar el paso del producto por el detector, para aumentar el espaciado entre artículos.

Si los artículos pasan muy juntos, puede que el detector no sea capaz de determinar cuál de ellos está contaminado. Puede ser necesario rechazar dos o tres artículos para garantizar que se elimine el correcto. Al aumentar la velocidad del transportador del detector, se incrementa el espaciado entre productos, lo cual permite identificar cada artículo individualmente y rechazarlo si procede.

Cuando se inspeccionan productos sueltos o a granel, se puede reducir la altura de la carga acelerando la velocidad del producto que se transfiere. Así, se reduce al mínimo el volumen de producto rechazado y la abertura del detector puede ser más baja, con el consiguiente aumento de la sensibilidad (figura 4.8).

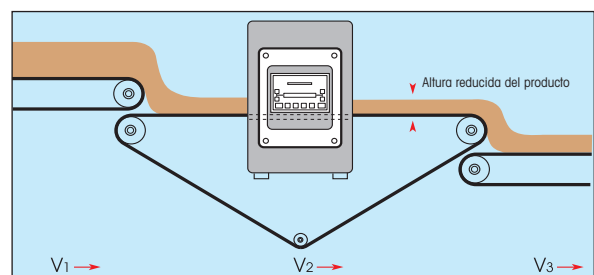


Figura 4.8

Cuando se instala el sistema en una línea de producción que funciona a varias velocidades, no siempre es necesario que el sistema de detección también lo haga. El coste y la complejidad de esta acción se pueden evitar a menudo si se ajusta la velocidad del sistema de detección a la máxima normal de la línea.

#### 4.1.4 Sistemas de rechazo automáticos

La opción más apropiada para el sistema de rechazo depende de diversos factores, por lo que se debe solicitar siempre el consejo del fabricante del detector. No obstante a continuación se exponen los tipos más corrientes y sus aplicaciones generales.

##### Chorro de aire

El producto es empujado por un chorro de aire hacia el depósito de productos rechazados (figura 4.9). Este tipo de sistema de rechazo es perfecto para los productos ligeros e individuales, que se transportan sobre una cinta estrecha en una sola fila. Se recomienda el uso de un temporizador con puerta en combinación con el chorro de aire, para garantizar que éste se dirige exactamente al centro del producto, independientemente de la ubicación del contaminante (vea información más detallada en la sección 4.1.8).

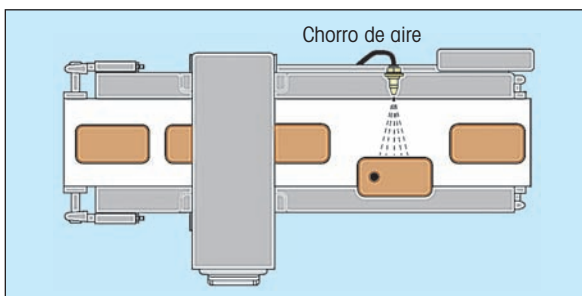


Figura 4.9

##### Golpeador/empujador



Este dispositivo de alta velocidad empuja cada producto individual hacia el depósito de productos rechazados (figura 4.10). Es compatible con velocidades altas de la cinta, pero cuando los artículos pasan muy juntos el tiempo de retracción debe ser muy reducido. Este tipo de sistema de rechazo es adecuado para artículos individuales de peso medio, espaciados y orientados uniformemente sobre una cinta estrecha. Este sistema debe disponer también de temporización con puerta, para garantizar

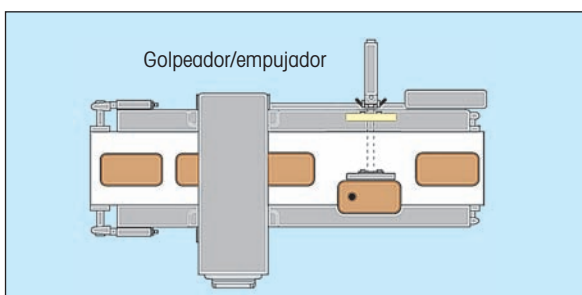


Figura 4.10

que el golpe se produce siempre en el centro del artículo, independientemente de la ubicación de la contaminación. No es apto para productos sueltos ni frágiles.

##### Brazo de barrido o desviador

Consiste en un brazo que se mueve en ángulo sobre la cinta para desviar los artículos (figura 4.11). Este tipo de sistema de rechazo es adecuado para productos de peso medio a ligero, individuales, sin orientación marcada y colocados al azar sobre una cinta estrecha, normalmente hasta 350 mm de ancho. Se debe tener precaución de que el producto entre correctamente en el contenedor de productos rechazados, ya que generalmente lo hará en diagonal.

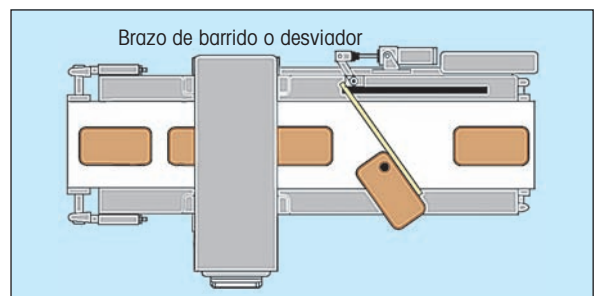


Figura 4.11

##### Compuerta final/sumidero

Este tipo de sistema de rechazo requiere que exista una bajada en la elevación de la línea de producción, que se puede salvar con una inclinación en el transportador (figura 4.12). El punto de pivotaje variará en función de la aplicación. Este tipo de sistema es adecuado para artículos individuales pequeños colocados sin orden o para productos sueltos a granel (secos o pegajosos) sobre una cinta ancha e inclinada, lisa o cóncava.

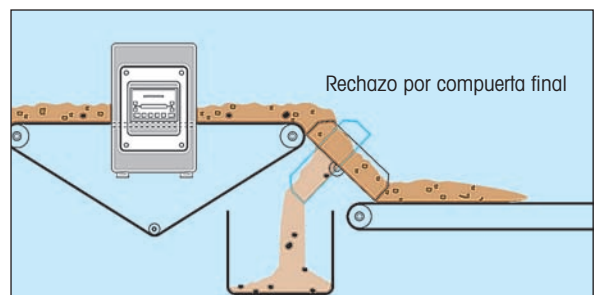


Figura 4.12

##### Cinta retráctil

El rodillo final puede retraerse para dejar un hueco en el flujo por el cual cae el producto (figura 4.13). Después de rechazar el producto, el rodillo vuelve a la posición de cierre a una velocidad superior a la de la banda, de forma que no quede ningún producto atrapado. Los rodillos finales se pueden fabricar con un borde afilado para facilitar la transferencia de artículos pequeños. Este tipo de sistema es muy fiable para la mayor parte de las aplicaciones. Este mecanismo de cinta retráctil se recomienda en los casos en los que pasa más de un artículo en fila transversal sobre la cinta.

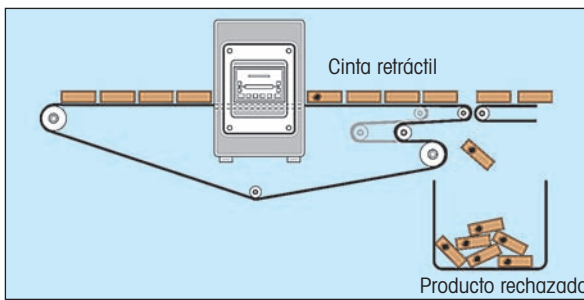


Figura 4.13

#### Cinta con inversión de sentido

Existen dos tipos disponibles (figuras 4.14 y 4.15). Cuando se detecta metal, bien el transportador del sistema de inspección, bien el transportador de salida del producto, invierte el sentido de funcionamiento durante un corto periodo para volcar el producto contaminado en un contenedor de rechazos. Este tipo de sistema de rechazo es perfecto para productos sueltos a granel, tanto secos como pegajosos, y para artículos individuales colocados al azar.

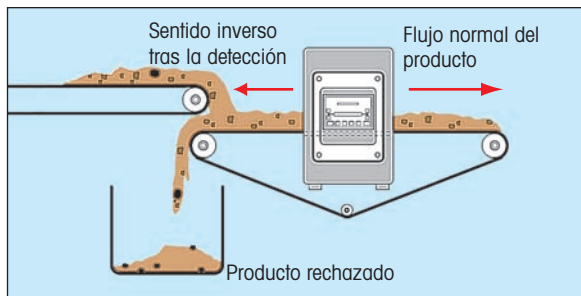


Figura 4.14

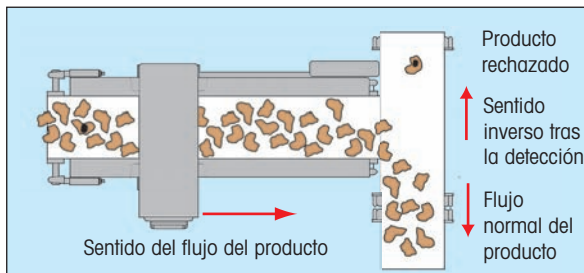


Figura 4.15

#### 4.1.5 Sistemas de alarma de parada



La mayoría de los fabricantes y minoristas importantes consideran que un sencillo sistema de alarma de parada puede ser aceptable en aquellos casos en los que no es posible o práctico el uso de un sistema automático de rechazo. Cuando se detecta metal, el transportador debe parar inmediatamente y todos los productos que se encuentren sobre la cinta se rechazarán para ser sometidos a una inspección. El sistema debe incluir una alarma sonora o visual. El sistema solamente se podrá volver a arrancar mediante una llave que estará en posesión de una persona autorizada. Estas soluciones se consideran normalmente de alto riesgo, pues dependen directamente de la competencia del operador de la línea. Normalmente, se emplean para la

inspección de sacos o cajas grandes, que resultan difíciles de rechazar de forma automática.

#### 4.1.6 Aplicaciones con lámina o papel metalizado

Para poder efectuar la detección de metal en un producto envasado con papel metalizado es necesario eliminar la señal generada por el fino revestimiento de aluminio de la lámina de plástico. Esta señal, que es relativamente débil en comparación con la que genera una lámina de aluminio, se puede eliminar mediante técnicas de filtrado por fase analógico o de procesamiento de señal digital. No obstante, es necesario emplear una frecuencia muy baja, normalmente de 25 kHz, que tiene el efecto de reducir las señales producidas por otros metales no ferrosos, en particular el acero inoxidable. Este efecto se denomina habitualmente compensación.

Si se usa este tipo de detector en una línea de producción es importante mantener la orientación de los artículos razonablemente uniforme y además se debe tener la precaución de que solamente pase un artículo cada vez por la abertura del detector de metales. Tanto si la orientación de los productos no es uniforme, como si se presentan superpuestos, la señal de efecto de producto puede ser distinta, lo cual puede dar lugar a rechazos erróneos o reducir la sensibilidad. Dado que el aluminio se encuentra siempre en el exterior del producto y debido a que la sensibilidad del detector de metales es siempre mayor en los bordes, es preferible mantener un espacio entre el producto y la abertura de unos 50 a 60 mm en todo su contorno.

Como alternativa, se pueden utilizar detectores en disposición vertical (véase la sección 4.5), justo antes del envasado, para la detección de metales ferrosos, no ferrosos y acero inoxidable. En las líneas de envasado en las que se utiliza lámina sencilla y metalizada, se debe usar equipo de detección de metales de frecuencia doble o múltiple. En el caso de que se cambie de producto, de lámina sencilla a metalizada o viceversa, se deberán seleccionar los parámetros de funcionamiento adecuados, incluida la frecuencia de control.

Si el material de envasado incluye lámina de aluminio, se puede elegir entre realizar una inspección con un sistema de detección de metales de bobina equilibrada antes del envasado o después del envasado con un detector FIF (Ferrous-in-Foil). Sin embargo, ya que con una unidad FIF (Ferrous-in-Foil) no se detecta el acero inoxidable ni los metales no ferrosos, esta última opción se recomienda únicamente cuando no existe otra alternativa.

En las líneas de envasado que utilizan tanto lámina sencilla como metalizada o lámina de aluminio se pueden usar en serie un sistema de detección de metales de bobina equilibrada y un sistema FIF (Ferrous-in-Foil).



#### 4.1.7 Temporización de rechazo

Es normal que se necesite cierto tiempo entre la detección y el rechazo, para dar tiempo a que el artículo contaminado se desplace hasta el punto de rechazo. Este intervalo puede oscilar entre fracciones de segundo para aplicaciones de alta velocidad, en las que el detector y el dispositivo de rechazo se encuentran muy juntos, y hasta 30 segundos cuando el rechazo se realiza en un punto alejado, ya sea manual o automáticamente. Se necesita asimismo un segundo temporizador para controlar el tiempo durante el cual funciona el dispositivo de rechazo. Esta temporización es regulable normalmente y puede oscilar entre 0,5 y 10 segundos. El intervalo más corto corresponde a un dispositivo de rechazo del tipo empujador; por el contrario, un sistema de cinta retráctil necesita normalmente varios segundos para rechazar artículos grandes de una cinta que se mueve con lentitud. Ambos temporizadores son normalmente opciones disponibles como estándar que ofrece el fabricante del sistema de detección.

Es importante que los temporizadores se puedan poner a cero inmediatamente y que el detector se mantenga en funcionamiento mientras se cuenta el tiempo. El detector debe poder detectar una segunda partícula contaminante en el siguiente artículo y poner a cero o ampliar la temporización para garantizar que el segundo artículo se rechaza también. Un flujo continuo de partículas metálicas debe dar como resultado el funcionamiento continuo del dispositivo de rechazo, hasta que se haya eliminado toda la contaminación.

#### Aplicaciones de velocidad variable y con paradas/ arranques

Se hace difícil efectuar un rechazo y una temporización precisas si la cinta transportadora funciona con velocidad variable o si se puede parar mientras haya productos entre el detector y el sistema de rechazo. El tiempo que emplea el producto en desplazarse hasta el punto de rechazo no es constante, de forma que no se puede utilizar un sencillo método de retardo.

La solución normal es utilizar un registro electrónico de desplazamiento, que supervisa el movimiento de la cinta y la posición del producto sobre ésta. Un registro de desplazamiento es un aparato que emite una señal de salida una vez que ha recibido un número determinado de pulsos de entrada. No importa si estos pulsos los recibe rápidamente o a lo largo de un periodo prolongado.

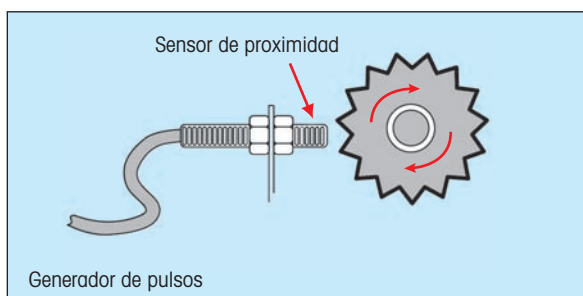


Figura 4.16

Los pulsos de entrada los produce un generador de pulsos acoplado al eje de alguno de los rodillos del sistema de transporte. Normalmente, consiste en un disco metálico con dientes u orificios. Cada vez que uno de los dientes pasa por delante de una fotocélula o cerca del sensor de proximidad, se genera un pulso. En el ejemplo (Figura 4.16) cada revolución completa del disco genera 15 pulsos.

Si el número de dientes es mayor se emitirán más pulsos por revolución, lo que en última instancia hace que el registro del producto sea más preciso.

El registro de desplazamiento guarda las señales de las partículas metálicas múltiples o consecutivas y las reproduce en secuencia, con lo que garantiza que se rechacen adecuadamente.

#### 4.1.8 Sincronización por fotodetección

En la figura 4.17 se muestra un sistema de rechazo con empujador sin fotodetección, con la temporización ajustada de forma que se rechace con precisión la partícula metálica situada en el centro del artículo. Si la partícula contaminante se localiza en la parte delantera o trasera, puede que el rechazo funcione demasiado pronto o demasiado tarde respectivamente, con la posibilidad de omitir el artículo o perturbar la marcha de los artículos vecinos y causar algún atasco en la línea (figuras 4.18 y 4.19). Si se utiliza un sistema por chorro de aire o un brazo desviador, una posible solución sería regular los temporizadores para que comenzasen a funcionar antes y durante un periodo prolongado. No obstante, esta solución podría ocasionar el rechazo de algún artículo válido, así

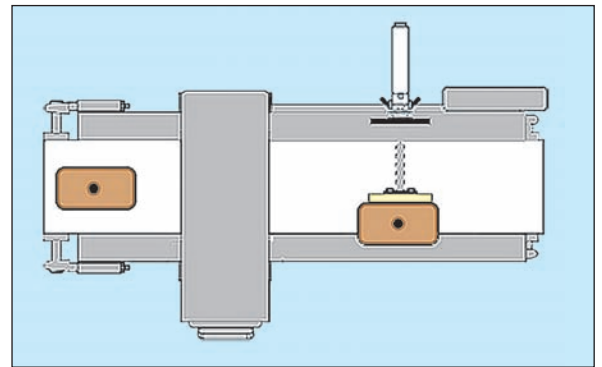


Figura 4.17

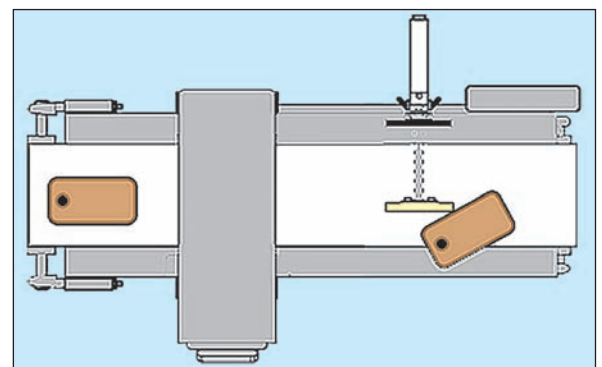


Figura 4.18

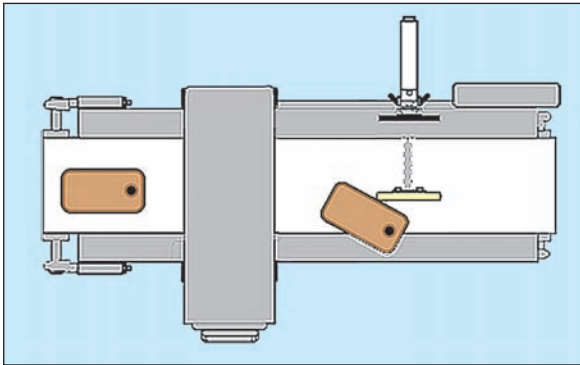


Figura 4.19

como el giro o perturbación de algún otro. La mejor y única solución cuando se utiliza un sistema de rechazo de empujador es la supervisión precisa de la posición del artículo y el disparo del dispositivo de rechazo cuando aquel ha alcanzado la posición justa. Esta técnica se conoce como fotodetección. De esta forma, se garantiza que el rechazo se efectúe correctamente, con independencia de la ubicación del metal en el artículo.

#### 4.1.9 Problemas típicos de rechazo y diseño a prueba de errores



Un sistema de rechazo ineficaz es probablemente el eslabón más débil en la mayor parte de los sistemas de detección, pues el resultado es que la contaminación por metales no se elimina de la línea de producción con fiabilidad y eficacia. Un sistema correctamente especificado debe ser a prueba de errores y capaz de rechazar cualquier producto contaminado bajo cualquier circunstancia, independientemente de la frecuencia de su aparición o de la ubicación del metal dentro del producto.

A continuación se exponen problemas comunes de aplicación que se deben tener en cuenta al especificar un sistema de detección de metales.

- Sistema de rechazo inadecuado para la aplicación.
- Sistema de rechazo sin fotodetección con artículos individuales y largos. El posible problema está relacionado con la localización del contaminante metálico en el producto. Para artículos más largos de 150 mm se debe utilizar un control con fotodetección si se usa un sistema de rechazo lateral como chorro de aire o empujador. De lo contrario, se podría rechazar un artículo equivocado o podría no eliminarse correctamente, con la consiguiente posibilidad de atasco en la línea.
- El sistema no es capaz de eliminar varios artículos contaminados consecutivos. Si aparecen una serie de artículos contaminados de forma consecutiva, el dispositivo de rechazo debe ser capaz de rechazar cada uno de ellos con precisión, sin ocasionar atascos en la línea.
- Fallo del rechazo por baja presión neumática, bloqueo o fallo de electroválvula.
- Atasco de producto en el detector.

- Modificación de la velocidad del transportador sin conceder la debida atención a cambiar la temporización del rechazo.
- Espaciado del producto que no es compatible con el tipo de sistema de rechazo.

Una de las ventajas de que tanto el transportador como el sistema de rechazo sean responsabilidad del fabricante del detector de metales es que los problemas anteriormente citados se pueden resolver en la etapa de diseño si es necesario.

## 4.2 Satisfacción de los requisitos de los minoristas y del sector alimentario

En el sistema de detección de metales, se pueden incluir dispositivos de control sencillos que garanticen que el dispositivo de rechazo funciona adecuadamente, que los artículos contaminados se rechazan con precisión y que el sistema de detección de metales funciona en modo de seguridad a prueba de fallos. La implantación de los siguientes requisitos de diseño es generalmente una buena costumbre, que probablemente satisfará la mayor parte de los requisitos de los minoristas y del sector alimentario.



- Un sistema de rechazo automático que rechace los productos de la línea de producción con eficacia.
- Un contenedor de rechazo con cierre situado para recoger el producto rechazado y al cual sólo tenga acceso personal formado y autorizado. Si el producto se recoge en un contenedor abierto o fácilmente accesible, se podría devolver producto contaminado a la línea de producción por error. La recogida de rechazos en contenedores con cierre ayuda a evitar este problema.
- Se incorporará algún dispositivo de advertencia que indique cuándo se ha llenado el contenedor.
- Una cubierta completamente cerrada entre el cabezal de detección y el contenedor de rechazos.
- Una indicación sonora y visual del estado del sistema, por ejemplo de cuándo se rechaza un producto.
- Una fotocélula que detecte el paso de cada artículo por el sistema, para facilitar una temporización adecuada del mecanismo de rechazo, independientemente de la localización del contaminante metálico en el artículo.
- Un sistema automático de seguridad a prueba de fallos para la parada de la cinta, en respuesta a los siguientes sucesos:
  - Llenado del contenedor de rechazo
  - Pérdida de presión neumática
  - Fallo del sistema de confirmación de rechazo
  - Fallo del detector

El sistema solamente se podrá volver a arrancar mediante una contraseña de seguridad o una llave que estará en posesión de una persona autorizada. Se adoptarán disposiciones y procedimientos adecuados para garantizar que cualquier producto acumulado en el transportador de entrada a la cinta del sistema de detección, durante un intervalo en que la propia cinta del sistema esté parada, se pasan por un detector en funcionamiento de la misma sensibilidad.

### 4.3 Inspección de líquidos, fluidos alimentarios y pastas en una tubería

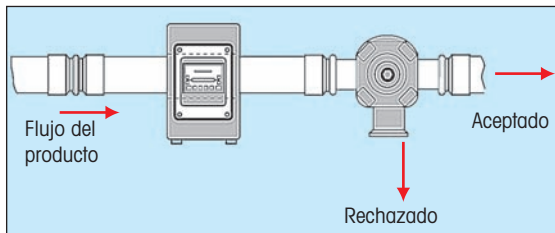


Figura 4.20

Para efectuar la inspección de líquidos y suspensiones bombeados se puede sustituir un segmento reducido de la tubería de transporte con material no metálico apto para la industria alimentaria e introducirlo en un detector de metales (figura 4.20). La elección de la tubería estará condicionada por el tipo de conexión de tubería requerido, la temperatura del producto y la presión interna prevista. Se tendrá precaución de diseñar la instalación de tal manera que la tubería insertada no soporte tensión alguna debida al peso de las tuberías de transporte de acero inoxidable de entrada y salida.

Cuando se detecte metal, una válvula sanitaria de tres vías puede ponerse en marcha para eliminar el contaminante. Como alternativa, se puede parar la bomba y eliminar la contaminación de forma manual mediante arrastre. La elección de la válvula estará condicionada por la temperatura y viscosidad del producto. Algunas válvulas son más adecuadas para productos de baja viscosidad, como zumos, etcétera. Si el procedimiento de limpieza va a incluir la impulsión de algún émbolo por el interior de la tubería, denominado en ocasiones "pig", la válvula seleccionada debe ser de paso total sin limitación.

Los productos típicos que se inspeccionan en tubería son el chocolate líquido, los helados, las sopas y los fluidos alimentarios con carne.

Se preverá este tipo de aplicación en los casos en que el aumento de sensibilidad que supone una abertura relativamente pequeña supere las ventajas de una inspección del producto acabado. Esto es particularmente válido si el material de envasado final contiene metal, como en las líneas de enlatado.

Los productos bombeados rara vez son completamente homogéneos. Con frecuencia aparecen espacios vacíos y burbujas que pueden causar problemas al ajustar el detector para conseguir un rendimiento óptimo, en especial en el caso de productos muy conductores.

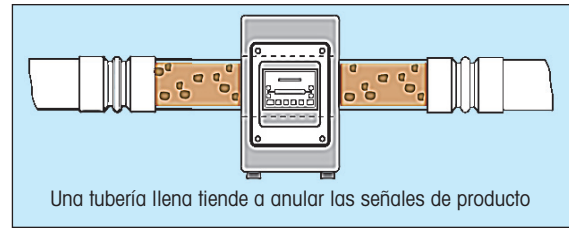


Figura 4.21

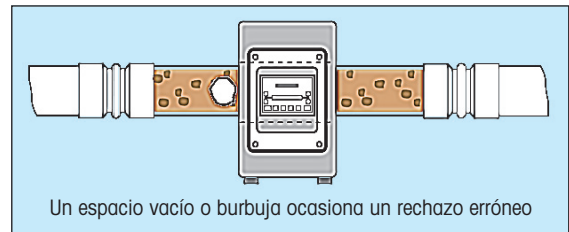


Figura 4.22

En condiciones normales, el producto pasa a través de ambas bobinas del detector. El efecto de producto tiende a anularse y el detector se puede ajustar a la mayor sensibilidad (figura 4.21). Si, no obstante, aparece algún espacio vacío o burbuja al pasar por la primera bobina, el detector percibirá una gran diferencia de producto y puede producirse un rechazo erróneo (figura 4.22). Se puede ajustar el detector para que elimine la señal de producto, pero a no ser que las burbujas aparezcan con frecuencia o en momentos previsibles (como el arranque de una bomba), puede llevar mucho tiempo. En estos casos, la compensación automática de producto no servirá. La velocidad del producto en la tubería determina en última instancia la posición de la válvula de rechazo en relación con el detector de metales. Dado que la válvula tiene un tiempo de respuesta de desviación mínimo, la distancia entre la válvula y el detector se debe modificar de forma directamente proporcional a la velocidad del producto y al tiempo de respuesta de la válvula.

En el caso de productos con tendencia a solidificarse si se para el bombeo, como el chocolate líquido, la tubería de inspección puede equiparse con un sistema de calefacción por camisa de agua caliente, ya que no se pueden pasar por el detector cables de acompañamiento eléctrico.

#### 4.3.1 Diseño a prueba de errores y de seguridad a prueba de fallos en sistemas de tubería

Las siguientes características de diseño del sistema se consideran generalmente una práctica correcta, que probablemente satisfarán la mayor parte de los requisitos de los minoristas y del sector alimentario.



- Un mecanismo de rechazo que pueda aislar una sección de producto que contenga contaminación metálica.
- Un sistema de rechazo que vierta a un contenedor adecuado y seguro.
- Una indicación sonora y visual que muestre que se ha rechazado el producto.
- Un sistema de confirmación de rechazo que detenga el flujo del producto si se produce algún fallo en el sistema de rechazo. El sistema solamente se podrá volver a arrancar mediante una contraseña de seguridad o una llave que estará en posesión de una persona autorizada.

#### 4.3.2 Consideraciones sobre pruebas



El acceso para pruebas y recuperación de muestras debe estar integrado en el sistema de forma que se puedan probar el detector y el dispositivo de rechazo con rapidez y fiabilidad. Debe existir una tobera de acceso para muestras que permita la introducción de una muestra de prueba en el detector de metales de manera que la muestra se desplace a la velocidad normal a través del sistema de detección de metales. Debe haber asimismo algún medio para recuperar la muestra de prueba en el caso de que no se detecte, por ejemplo una rejilla o válvula abierta de retención.

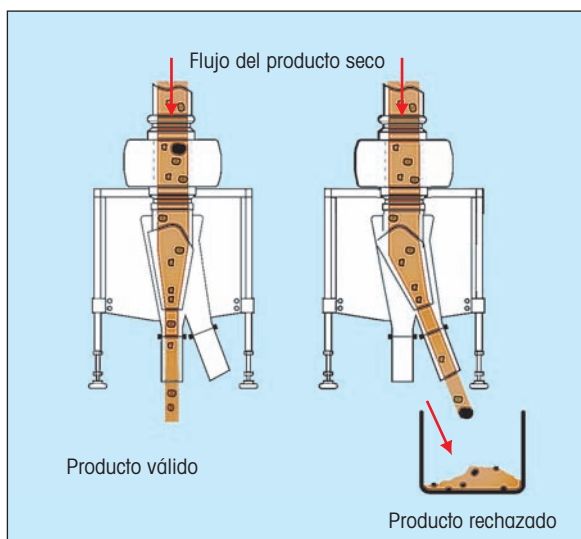


Figura 4.23

### 4.4 Inspección en alimentación por gravedad de polvos y sólidos fluentes a granel

Cualquier polvo o producto granulado que pueda fluir, como cacahuets, arroz, granza de plástico, leche en polvo y semillas de cacao, se puede inspeccionar en condiciones de caída, mediante un detector en caída con alimentación por gravedad y un sistema de desviación de alta velocidad (figura 4.23). En condiciones normales, este sistema no contiene piezas móviles, como motores, engranajes, rodillos ni cintas, y como por una abertura pequeña del detector pueden pasar los volúmenes relativamente elevados, se puede conseguir

una sensibilidad muy alta que facilita la advertencia precoz de la contaminación por metales de un producto.

El detector y el sistema de rechazo automático deben ir montados en una estructura rígida con suficiente espacio entre ellos para garantizar el rechazo de la contaminación metálica. En el diseño del mecanismo de rechazo se debe tener en cuenta la posibilidad de que haya fugas de producto cuando dicho mecanismo se encuentra en la posición de rechazo. En algunas aplicaciones, como en las que se manipulan polvos finos, puede acumularse polvo del producto en el dispositivo de rechazo, que podría escaparse de la posición de rechazo, con la consiguiente e inaceptable pérdida de producto. Para estas aplicaciones, se recomienda un sistema de rechazo de tipo hermético.

El flujo del producto será en caída libre o intermitente. Los sistemas de este tipo no se consideran adecuados en los casos en que el producto se pueda acumular en la tubería de paso y se mueva lentamente.

El sistema debe tener una velocidad de respuesta fija, independiente de la frecuencia de funcionamiento, y ser capaz de desplazarse a la posición de rechazo más rápidamente que la partícula en su caída desde el detector al dispositivo de rechazo.

Con frecuencia, los sistemas de alimentación por gravedad no se utilizan debido a la altura total del sistema, en especial cuando el espacio superior disponible es reducido.

La altura total del sistema depende directamente de los factores siguientes:

#### 4.4.1 Altura inicial de caída del producto

La altura de caída del detector se expresa normalmente como la distancia desde el punto en que el producto comienza a caer hasta la parte superior de la brida del detector. Esta altura determina la velocidad del producto en el punto de inspección. La altura de caída debería ser la mínima posible; para ello, se ubicará el equipo tan cerca como se pueda del punto de caída inicial, sin entrar en la zona sin metal. Como directriz general, la altura de caída máxima para un detector de 150 mm de diámetro de abertura sería de aproximadamente 800 mm; no obstante, este parámetro puede variar en función de la especificación del detector concreto. Al aumentar la altura de caída, se debe aumentar también la distancia entre el detector y la válvula de rechazo, para mantener un intervalo de respuesta adecuado para la válvula.

#### 4.4.2 Abertura del detector

El tamaño de la abertura determinará el tamaño de la zona sin metal del detector y a su vez de la altura de la brida de entrada sobre el detector y el punto más cercano donde ubicar el dispositivo de rechazo. El empleo de tecnología

especial, como ZMFZ, permitirá reducir al mínimo esa distancia. El tamaño de la abertura determinará también la distancia a la que debe desplazarse el desviador para rechazar el producto.

#### 4.4.3 Tiempo de respuesta del sistema

Engloba la velocidad de respuesta de la salida de relé o de estado sólido, la electroválvula neumática o cilindro neumático y el tiempo necesario para desplazar el desviador a la posición de rechazo.

#### 4.4.4 Ángulo de rechazo

El ángulo de rechazo no debe ser demasiado grande, para evitar atascos o que el producto se atraviese. El ángulo de rechazo aumenta a medida que se reduce la longitud de la compuerta de rechazo. Para la mayoría de los productos, el ángulo máximo debe ser de 25° a 30°.

#### 4.4.5 Diseño del rechazo

La velocidad de respuesta puede verse reducida por acumulación de producto en el dispositivo de rechazo, caída de presión neumática y envejecimiento de los cojinetes. El diseño debe disponer de un margen de seguridad suficiente para garantizar el rechazo del metal con un 100% de precisión.

#### 4.4.6 Diseño a prueba de errores y de seguridad a prueba de fallos en sistemas de caída por gravedad



Las siguientes características de diseño del sistema se consideran generalmente una práctica correcta, que probablemente satisfarán la mayor parte de los requisitos de los minoristas y del sector alimentario.

- Un mecanismo de rechazo que pueda aislar el producto que contenga contaminación metálica.
- Una indicación sonora y visual del estado del sistema, por ejemplo de cuándo se rechaza un producto.
- Un sistema de confirmación de rechazo que detenga el flujo del producto si se produce algún fallo en el mecanismo de rechazo. El sistema solamente se podrá volver a arrancar mediante una contraseña de seguridad o una llave que estará en posesión de una persona autorizada.

#### 4.4.7 Consideraciones sobre electricidad estática



Los polvos o gránulos que caen pueden generar electricidad estática. La acumulación de una gran carga estática puede tener un efecto perjudicial en el comportamiento del sistema de detección de metales o

incluso suponer un riesgo para la seguridad. Algunos productos tienen más tendencia a generar electricidad estática que otros y ciertas condiciones ambientales, como la humedad, son factores coadyuvantes. Para prevenir la acumulación de grandes cargas estáticas, se observarán las siguientes medidas:

- Todos los objetos metálicos cercanos al sistema de detección (tuberías, bridas, soportes) se conectarán adecuadamente a tierra.
- La tubería plástica de paso será de plástico conductor apto para alimentos (por ejemplo, con homologación FDA).
- El detector dispondrá de un punto de puesta a tierra.

#### 4.4.8 Consideraciones sobre pruebas

El acceso para pruebas y recuperación de muestras debe estar integrado en el sistema de forma que se puedan probar el detector y el dispositivo de rechazo con rapidez y fiabilidad. Debe existir una tobera de acceso para pruebas por la que se pueda introducir la muestra de prueba en el punto en que el producto comienza a caer, de forma que la velocidad de la muestra de prueba sea idéntica a la del producto. Se instalará una rejilla de retención de seguridad en el flujo normal del producto, por debajo de la posición de aceptación de la válvula, de forma que la muestra de prueba se pueda recuperar adecuadamente si no se detecta o si la válvula falla. La rejilla de prueba se debe poder instalar con rapidez para la prueba y rechazar con posterioridad. Se recomienda el uso de una rejilla de prueba en el lado de rechazo de la válvula para facilitar la recuperación de la muestra de prueba cuando sea rechazada.



### 4.5 Aplicaciones de envasado vertical

La instalación de un detector de metales sobre o en el interior de una envasadora o procesadora puede presentar una serie de ventajas, tanto para el usuario como para el proveedor de la maquinaria original. Cuando la instalación se deba hacer en un espacio limitado, se puede usar tecnología específica, como la ZMFZ, la cual permite situar las estructuras y elementos metálicos muy cerca del detector sin producir interferencias.

#### 4.5.1 Llenado de bolsitas

Se pueden instalar detectores para inspeccionar productos en polvo antes de rellenar con ellos bolsitas de aluminio preformadas. Normalmente, es suficiente con aberturas de 50 mm o 75 mm, pero las dimensiones exteriores de la carcasa pueden estar restringidas por limitaciones de espacio. Las embolsadoras de tornillo sin fin se usan generalmente con un detector especial ZMFZ instalado

entre el tornillo sin fin y la bolsita. Pueden ser necesarias tres embolsadoras (por lo tanto tres detectores) para una única máquina de producir bolsas.

Las bolsitas de lámina metalizada deben ir ordenadas con precisión para el llenado. Se puede extraer una señal del mecanismo de ordenación hacia el temporizador del detector de metales, de forma que produzca un rechazo sincronizado de las bolsitas contaminadas en un punto alejado de la embolsadora.

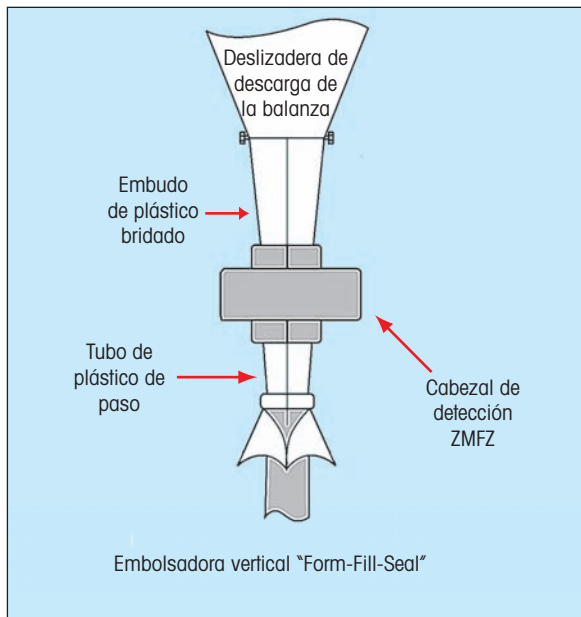


Figura 4.24

#### 4.5.2 Embolsadora vertical "Form-Fill-Seal"

Se puede montar un detector ZMFZ entre una balanza informatizada, por ejemplo una pesadora multicabezal, y una embolsadora vertical "Form-Fill-Seal" (figura 4.24). Con frecuencia, se necesita un detector grande, por ejemplo de 175 mm, que exigirá observar una zona sin metal más amplia. La tecnología patentada ZMFZ permite mantener elevados niveles de sensibilidad, sin rechazos erróneos, en un espacio mínimo, al tiempo que facilita la instalación y evita la rotura de productos. Al producirse la detección del metal se pueden inhibir las mordazas de sellado, para que se forme una bolsa doble, y detener la línea de embolsado. Como alternativa, se puede usar una pesadora posterior para rechazar la bolsa doble en función del peso o longitud excesivos.

#### 4.5.3 Diseño a prueba de errores y de seguridad a prueba de fallos en aplicaciones de envasado vertical



Las siguientes características de diseño del sistema se consideran generalmente una práctica correcta, que probablemente satisfarán la mayor parte de los requisitos de los minoristas y del sector alimentario.

- Un mecanismo de rechazo que pueda aislar el producto que contenga contaminación metálica. Si no es posible instalar un mecanismo de rechazo, la embolsadora debe ser capaz de formar una bolsa doble y pararse.
- Una indicación sonora y visual que muestre que la embolsadora se ha parado.
- Un sistema de confirmación de rechazo que detenga el flujo del producto si se produce algún fallo en el mecanismo de rechazo. El sistema solamente se podrá volver a arrancar mediante una contraseña de seguridad o una llave que estará en posesión de una persona autorizada.

## Capítulo 5

# Razones para la implantación de un programa de detección de metales

**La adquisición de un sistema de detección de metales puede representar una inversión monetaria importante para muchas empresas. Por lo tanto, es esencial que el equipo sea fiable, que tenga un diseño adecuado para la aplicación deseada y que se use de la manera más eficaz. De este modo, se garantiza una buena amortización de la inversión, al reducir al mínimo los costes y obtener el máximo partido de la seguridad del producto.**

La modalidad de empleo más eficaz de un sistema de detección de metales es parte de un programa más amplio de reducción de contaminación por metales, cuyo objetivo sea en primera instancia evitar las fuentes de contaminación e implementar actuaciones preventivas si se detecta contaminación en el producto.

Es fácil justificar la adquisición y las razones para la implantación de un programa de detección de metales bien diseñado, desde varios puntos de vista:

- Minimizar la contaminación por metales
- Minimizar los costes
- Protección del cliente y del consumidor
- Protección de la marca y de su reputación
- Homologación
- Ganar el apoyo de los empleados
- Diligencia debida y cumplimiento de la reglamentación
- Códigos de marca de minorista y consumidor

Estas perspectivas se discuten a continuación en este capítulo con mayor profundidad.

### 5.1 Minimizar la contaminación por metales



La presencia de metales puede ser la causa de reclamaciones por parte de los consumidores aunque se utilicen sistemas de detección de metales. Estas reclamaciones no se deben normalmente a fallos del sistema de detección. Por el contrario, habitualmente están relacionadas con la falta de controles eficaces y con métodos de trabajo deficientes, así como con un diseño y especificación incorrectos de los sistemas. Estas reclamaciones no se deben en todos los casos a diminutas piezas metálicas, sino a artículos más grandes, como

arandelas, pernos y trozos de aspas o tamices, que incluso el detector más sencillo debería detectar.

Un programa de detección de metales bien concebido puede enfrentarse a estas cuestiones más amplias. El programa debe centrarse en cómo reducir al mínimo las posibilidades de contaminación, en primer lugar mediante unas buenas prácticas de fabricación, programas obligatorios, selección de los equipos adecuados, pruebas eficaces y una mejor comprensión de qué impacto tienen para los fabricantes los estándares de la industria, los requisitos de los clientes y la legislación.



### 5.2 Minimizar los costes

Los costes relacionados con la implantación y mantenimiento de un programa eficaz de detección de metales son considerablemente inferiores a los posibles costes de un fallo.

Si se detecta un producto contaminado por metal antes de su expedición, se producirá inevitablemente un desperdicio de producto y de envase, posibles daños en la maquinaria y pérdida de producción. Es fácil deducir el coste de todos estos factores, que puede ser especialmente alto si el resultado es la pérdida de producción, en particular en líneas de producción automatizadas de gran volumen. No obstante, dicho coste puede resultar nimio en comparación con los costes que acompañen a los casos de contaminación detectada tras la expedición, que puede acarrear la pérdida de satisfacción del cliente, la retirada de productos de las tiendas, una publicidad negativa y posibles reclamaciones legales.



Si se invierte tiempo y dinero en reducir el material desperdiciado, la pérdida de producción y las quejas, los beneficios serán mucho mayores que si se invierten en una reacción a posteriori. Un programa de detección de metales correctamente implantado conducirá sin duda a reducir los costes por fallos y a aumentar la satisfacción de los clientes y consumidores, lo cual en última instancia aumenta la rentabilidad y mejora la protección de la marca del fabricante.

### 5.3 Protección del cliente y del consumidor

Aunque las técnicas modernas de fabricación luchan siempre por eliminar las fuentes posibles de inclusión de metales en los productos, siempre habrá ocasiones en las que se averíen los procesos o los procedimientos y se pueda producir contaminación.

Los fabricantes y sus empleados tienen la obligación con sus clientes y con el consumidor final de reducir al mínimo las posibilidades de contaminación, de garantizar que se mantiene una calidad uniforme y de que se toman todas las medidas posibles para proteger el bienestar del usuario final. Si esto no se consigue, puede generarse un descontento entre el minorista o el cliente y el fabricante, y, en consecuencia, romperse la relación con el cliente y perder oportunidades de negocio futuras.

### 5.4 Protección de la marca y de su reputación

Una imagen de marca potente inspira en el cliente la garantía de seguridad y calidad. Gracias a una buena imagen de marca, los consumidores reinciden en sus compras y, en consecuencia, se maximizan las ventas y los fabricantes y minoristas pueden aumentar los precios de los productos por su buena calidad.

Por esta razón, la responsabilidad de una empresa no se limita únicamente a proteger los intereses del usuario final, sino a mantener una buena imagen de marca y una buena reputación. Las marcas de producto son activos importantes que deben gestionarse con atención y protegerse de publicidad negativa. Un producto contaminado en manos de un consumidor puede ejercer un gran impacto negativo para la empresa, por los daños ocasionados a la imagen de la marca y por la posible y gravosa retirada de productos.

Si una empresa sufre una investigación debido a la queja de un consumidor, la documentación será una prueba muy valiosa del correcto funcionamiento del programa de detección de metales.

## 5.5 Homologación

Es muy probable que los sistemas de detección de metales se conviertan en el centro de atención de una auditoría de cliente o minorista, debido a su importancia en la seguridad del proceso de fabricación. Por lo tanto, no se puede obviar la importancia de un programa eficaz, ya que sin duda se solicitará evidencia de éste, si no de inmediato, en el futuro por parte de uno o más procedimientos de auditoría, por ejemplo:

- Auditorías internas de sistemas de manipulación y seguridad de los alimentos
- Auditorías de clientes
- Auditorías de sistemas de gestión de calidad, por ejemplo ISO9001:2000
- Auditorías para sistemas de gestión de seguridad de los alimentos, por ejemplo ISO22000:2005, código SQF1000/2000
- Auditorías de reglamentación, por ejemplo FDA, USDA, IFS (International Food Standard), BRC (British Retail Consortium)

## 5.6 Ganar el apoyo de los empleados

La implantación de procedimientos y prácticas de trabajo formalizados ayuda a mantener la calidad general y a que esta filosofía cale en toda la empresa.

## 5.7 Diligencia debida y cumplimiento de la reglamentación

En este momento, no existe ningún requisito legal de amplia aceptación que obligue a los fabricantes a instalar equipos de detección de metales ni a implementar programas de detección. Sin embargo, en un procedimiento legal debido a la detección de contaminación por metales en productos alimentarios o farmacéuticos podría solicitarse al fabricante que diese prueba de haber observado la diligencia debida en sus procesos. Si esto no pudiese probarse, las consecuencias podrían ser muy graves. Es fácil probar que se ha observado la diligencia debida si la empresa dispone de un sistema documentado que evalúe constantemente los riesgos para la seguridad de los alimentos y asigne recursos para reducirlos al mínimo.

En ausencia de una legislación definida respecto a requisitos de detección de metales, varios organismos reguladores han elaborado estándares y códigos de conducta para que los fabricantes implanten de forma global la inspección de todos los alimentos y productos relacionados con ellos con equipos de detección de metales. En la página siguiente se muestran algunos ejemplos.



“Todas las empresas deben efectuar un análisis de riesgos para cada producto que fabrican y evaluar el riesgo de contaminación por metales. Si el análisis de riesgos indica que existe riesgo de contaminación por metales, será necesario instalar un detector.”

Directrices estándar globales de BRC

“Se tomarán medidas eficaces para proteger los alimentos de la presencia de metales u otros materiales extraños. El cumplimiento de este requisito se puede conseguir mediante tamices, trampas, detectores electrónicos de metales o cualquier otro medio eficaz.”

Agencia de alimentos y medicamentos de Estados Unidos (FDA)  
GMP: 21CFR 110.80(b)(8)

Algunos de estos estándares están empezando a tenerse en cuenta en la selección de proveedores y en la especificación de estándares de detección de metales por parte de los fabricantes. Normalmente, establecen un control con un programa documentado.

## 5.8 Códigos de marca de minorista y consumidor

Los minoristas importantes y los administradores de marcas líderes han participado también con el desarrollo de sus propios códigos de conducta, que se deben cumplir para satisfacer los acuerdos de suministro. Estos estándares pueden variar considerablemente en función de la zona geográfica. Cada vez con más frecuencia se solicita la implantación de un programa formal de detección de metales para aprobar a un proveedor.

## 5.9 Referencias útiles

A continuación se incluyen enlaces a diversas fuentes y tipos de información como referencia:

**Consortio del comercio minorista británico (BRC)**  
<http://www.brc.org.uk>

**Comité internacional de cadenas minoristas de alimentación (CIES)**  
<http://www.ciesnet.com/>

**Codex Alimentarius**  
<http://www.codexalimentarius.net>

**Autoridad para la seguridad alimentaria europea (EFSA)**  
<http://www.efsa.eu.int/>

**Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO)**  
<http://www.fao.org/>

**Agencia de estándares alimentarios (FSA)**  
<http://www.food.gov.uk/>

**Estándar internacional para alimentos (IFS)**  
<http://www.food-care.info>

**ISO 22000:2005: Sistema de Gestión de la Inocuidad de los Alimentos**  
<http://www.lrqd.co.uk/products/otherproducts/iso22000/>

**Instituto para la calidad segura de los alimentos (SQF)**  
<http://www.SQFI.com>

**Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)**  
<http://www.usda.gov/wps/portal/usdahome>

**Agencia de alimentos y medicamentos de Estados Unidos (FDA)**  
<http://www.fda.gov>

**Organización Mundial de la Salud (OMS)**  
<http://www.who.int/en/>

**Organización mundial para la seguridad en los alimentos**  
<http://www.worldfoodsafety.org/>

# Notas



# Capítulo 6

## Elaboración de un programa eficaz

**Una vez que se ha tomado la decisión de implantar un programa de detección de metales o mejorar un programa existente, es esencial asegurarse de que el plan se inicia de la forma más eficaz y útil posible. En este capítulo se ofrece orientación práctica para la preparación de un programa eficaz.**

### 6.1 Requisitos del programa

La adopción de un programa de detección de metales debe ser una decisión estratégica de la organización, de lo contrario existe el peligro de que no se le dé la importancia debida y no se mantenga debidamente. El diseño y la implantación del programa deben estar regidos por las diferentes necesidades y objetivos de la empresa, la gama de productos fabricados, los procesos empleados y el tamaño y la estructura de la organización.



El programa debe ser proactivo, en lugar de reactivo, y en última instancia debe servir para evitar la contaminación, no para detectarla. El objetivo debe ser mantener un control sobre el proceso entero, desde la calidad de los ingredientes suministrados, hasta el tratamiento de las quejas de los clientes y los consumidores.

### 6.2 Elementos y controles esenciales

Es importante que los responsables de la definición y documentación del programa de detección de metales comprendan en profundidad los fundamentos del funcionamiento y las capacidades del equipo, para evitar decepciones una vez comience éste a funcionar (véanse los capítulos 1 a 4). Si no se define correctamente la solución de detección de metales, es posible que el esfuerzo consiguiente para la implantación del programa de detección sea estéril.

Una vez comprendidos los fundamentos del funcionamiento y seleccionada la mejor solución de detección de metales, es importante comprender las cuestiones más amplias y los elementos esenciales que deben implantarse para que el programa sea eficaz.

Los controles concretos incluidos deben basarse en un análisis de riesgos y frecuencia de aparición, junto con la naturaleza y dimensión del negocio.

En la tabla 6a se destacan los elementos clave y se hace referencia a los capítulos correspondientes de esta guía en que se repasan con detalle los requisitos correspondientes:

Elemento clave	Capítulo
Prevención de la contaminación por metales	7
Selección de los puntos de control	8
Sensibilidad operativa	9
Instalación y puesta en servicio	10
Verificación y auditoría de rendimiento	11
Tratamiento de productos sospechosos y contaminados	12
Análisis de datos y mejora del programa	13
Soluciones de conectividad	14

Tabla 6a: Elementos de un programa eficaz de detección de metales

### 6.3 Documentación del programa

El programa de detección de metales se debe documentar como un conjunto de políticas y procedimientos controlados. El alcance y detalle de los procedimientos debe estar en consonancia con el tamaño, la complejidad y las líneas de comunicación en el seno de la empresa. En el caso de empresas pequeñas, puede ser viable establecer todos los controles necesarios en un único procedimiento de funcionamiento. Por el contrario, en empresas grandes puede resultar más conveniente integrar los requisitos necesarios en el sistema de seguridad de los alimentos o gestión de calidad existente.



Los programas de detección de metales más eficaces se establecen, documentan, manejan y mantienen en el marco de un sistema estructurado de gestión de seguridad de alimentos, apoyado en las actividades globales de gestión de la empresa.

Es muy importante mantener una documentación detallada y clara. En el caso de que la empresa sufra una investigación debido a la queja de un cliente, la documentación será una prueba necesaria del historial de los procesos de producción.

#### 6.3.1 Políticas de detección de metales

La cúpula directiva deberá definir y documentar la política de detección de metales. Cuando se defina esta política, se debe garantizar que sea:

- Apropriada al papel de la empresa en relación con su posición en la cadena alimenticia.
- Compatible con los requisitos de calidad y seguridad para alimentos impuestos por la normativa, los minoristas, los clientes o la propia empresa.
- Comunicada, implantada y mantenida debidamente en todos los niveles de la empresa.
- Revisada continuamente en cuanto a adecuación.
- Sustentada por objetivos medibles.
- Marca las acciones que se deben emprender en el caso de que se rechace un producto y se produzcan anomalías en el sistema de detección de metales.

#### 6.3.2 Responsabilidades y autoridad

La dirección debe garantizar que todas las responsabilidades y autoridades quedan claramente definidas y que se comunican en el seno de la empresa, para asegurarse de que el funcionamiento y mantenimiento del programa de detección de metales sean eficaces.

Todo el personal de la empresa tendrá la responsabilidad de informar de las situaciones peligrosas y de los problemas relacionados con un funcionamiento eficaz del programa de detección de metales y de saber a quién debe informar.

### 6.3.3 Procedimientos documentados

A fin de que el programa sea eficaz, los procedimientos deben ser:

- Adecuados para las necesidades organizativas de la instalación en lo que atañe a seguridad de los alimentos.
- Adecuados al tamaño y tipo de funcionamiento y a la naturaleza de los productos que se fabrican o manejan.
- Implantados en todo el sistema de producción, bien como programas aplicables en general, bien aplicables a un producto o línea de producción en particular.
- Aprobados por los responsables de seguridad de los alimentos.

#### 6.3.4 Registros

Se deben establecer y mantener procedimientos de registro que evidencien la conformidad con los requisitos y la eficacia del funcionamiento del programa de detección de metales. Los registros deben ser legibles, fácilmente identificables y recuperables, independientemente de si se encuentran en copia impresa o en formato electrónico. Un procedimiento documentado debe definir los controles necesarios para la identificación, almacenamiento, protección, recuperación, tiempo de conservación y eliminación de los registros.



### 6.4 Competencia, conciencia y formación

El personal que desempeñe tareas que afecten a la eficacia del programa de detección de metales debe ser competente; esto es, disponer de la titulación, la formación, las aptitudes y la experiencia adecuadas. Debe ser consciente de la relevancia e importancia de sus actividades y de cómo puede contribuir a mejorar la seguridad de los alimentos. Se mantendrá un registro adecuado de la titulación, formación, aptitudes y experiencia correspondientes.



# Capítulo 7

## Prevención de la contaminación por metales

Cada pieza de metal que no entra en el proceso de producción supone un éxito del 100%, aunque no hay ningún sistema de detección que pueda alcanzar este nivel. Son causas corrientes de contaminación los ingredientes contaminados, la ausencia de mantenimiento preventivo y los malos hábitos de trabajo durante la instalación y las operaciones diarias. En este capítulo se facilita orientación práctica sobre cómo evitar la contaminación por metales desde el primer momento.

### 7.1 Ingredientes contaminados



La inspección de las materias primas permite eliminar muchos trozos de metal grandes fácilmente detectables, antes de que se rompan en pedazos más difíciles de detectar. Los trozos grandes que entran en un proceso de producción de alimentos pueden ocasionar aún más contaminación, debida a la rotura de aspas, etc. El mejor enfoque consiste en asegurarse de que los proveedores son completamente responsables de la calidad de sus productos, gracias a un sistema de detección de metales eficaz propio.

En los acuerdos con los proveedores o en las especificaciones individuales de los ingredientes se debe establecer claramente el estándar aplicable de sensibilidad de funcionamiento, así como cualquier otra precaución de seguridad que deba adoptar el proveedor en función del tipo de producto, por ejemplo que los productos en polvo se deben pasar por un sistema de detección de metales, que la carne fresca no se marque con etiquetas metálicas, que no se utilicen recipientes grapados, etc.

### 7.2 Procedimientos de mantenimiento



Existe un riesgo intrínseco de contaminación por metales cada vez que un producto pasa de un proceso al siguiente. Los trituradores, agitadores, mezcladores, rebanadores, tamices y sistemas de transporte pueden llegar a ser fuentes de contaminación si no se mantienen como es debido. También hay posibilidades de introducir contaminación cuando se efectúan tareas de mantenimiento o se realizan instalaciones nuevas. Para un funcionamiento eficaz de cualquier programa de detección de metales es esencial realizar un mantenimiento preventivo bajo condiciones controladas.

Los procedimientos empleados en el mantenimiento deben presentar las siguientes garantías:

- La seguridad y la calidad del producto no se ponen en peligro durante las operaciones de mantenimiento e instalación.
- Un programa de mantenimiento planificado, válido para toda la empresa, documentado y en vigencia.
- El personal de mantenimiento dispone de instrucciones que indican las tareas del mantenimiento previsto, incluidos procedimientos de desmontaje y ensamblaje.
- El personal ha recibido formación sobre dichas instrucciones. Esta formación la debe impartir el fabricante del equipo o el propio personal de la empresa que haya sido formado previamente por el fabricante.
- Todos los contratistas y técnicos externos deben ser informados de los hábitos y estándares de higiene de la empresa y deben observarlos.
- Las disposiciones necesarias para garantizar que las tareas se realizan y finalizan a tiempo y que se marcarán si no se llevan a cabo por alguna razón.
- Una prueba completa de todos los sistemas involucrados, que se llevará a cabo tras cualquier reparación, tarea de mantenimiento o ajuste.
- El suministro para la gestión de piezas de repuesto y equipo de sustitución.

Es esencial que se notifiquen tan pronto como se detecten los posibles riesgos, como defectos en la maquinaria. Por lo tanto, debe estar claramente establecido a qué autoridad se debe informar. Una vez recibida esta información es importante que se emprendan con rapidez las acciones necesarias y que se revisen los procedimientos de mantenimiento, a la luz de la nueva experiencia y con el objeto de hacer las revisiones adecuadas. De esta manera,

se mantienen dinámicos y eficaces los procedimientos y los hábitos de trabajo.

### 7.2.1 Programa previsto de mantenimiento preventivo



El programa previsto de mantenimiento preventivo debe tener como objetivo limitar el desgaste y el deterioro del equipo que pudiera ocasionar contaminación por metales o producir una reducción del rendimiento de la línea. Para que dicho programa sea eficaz se deben fundamentar el grado y frecuencia del mantenimiento en los siguientes factores:

- Historial de averías de la planta
- Recomendaciones del fabricante del equipo
- Requisitos de lubricación
- Importancia del equipo en el proceso de fabricación
- Evaluación de riesgo de los puntos críticos en los cuales puede producirse la contaminación por metales
- Identificación del equipo susceptible de desgastarse y deteriorarse, por ejemplo cojinetes, aspas de rebanadores y picadoras, recipientes de mezcla, tamices, etc.
- Modelos para efectuar predicciones, si procede

### 7.2.2 Documentación y registros



Deben conservarse los registros del mantenimiento realizado, así como de las consiguientes acciones correctoras. Esta información sirve para revisar la eficacia del plan previsto de mantenimiento y la resolución de incidentes.

Es conveniente que la situación del mantenimiento quede indicada de forma visible en el propio equipo. Como norma general esta información incluirá la fecha de la última revisión, quién la efectuó y la fecha en que se debe realizar la próxima.

### 7.2.3 Buenas prácticas de ingeniería



De forma inevitable, se producen trozos de metal como virutas, limaduras, etc. al efectuar reparaciones, modificar o instalar equipos. Siempre existe un riesgo de que este metal entre en el proceso y contamine el producto. No obstante, dicho riesgo se puede reducir en gran medida si el personal de mantenimiento recibe formación sobre seguridad e higiene de los alimentos y si el trabajo se lleva a cabo con arreglo a buenas prácticas de ingeniería.

A continuación se exponen unos ejemplos que constituyen buenas prácticas de ingeniería:

- Siempre que sea posible, el trabajo técnico se debe realizar lejos de las zonas de producción y preferiblemente en el taller. Los trabajos de soldadura, perforación y remachado no deben efectuarse nunca en equipos en uso en la producción

ni en ningún equipo inmediatamente adyacente, a menos que se instale una pantalla de protección adecuada. En el caso de trabajos de envergadura o instalaciones nuevas, será necesario instalar pantallas de protección completas, del suelo al techo.

- Se mantendrán los talleres limpios y en orden. A modo de orientación, se deberían fregar o aspirar al menos una vez al día y, en general, efectuar la limpieza a medida que se va ensuciando. Los repuestos y equipos se guardarán en alguna ubicación elevada sobre el suelo, que permita un buen acceso para limpiar. El equipo utilizado en el taller se mantendrá en buenas condiciones de funcionamiento y estará sujeto a la misma limpieza periódica.
- El equipo que haya sido revisado o reparado en el taller debe limpiarse a conciencia para eliminar cualquier residuo mediante el método apropiado, por ejemplo imanes, aspiradora, etc., antes de ser devuelto a la zona de producción.
- Si el taller se encuentra en el entorno de producción, se colocará un felpudo rascador o un dispositivo similar alrededor del taller, con un cartel de advertencia que solicite claramente al personal que se limpie el calzado antes de salir del taller.
- El personal que efectúe reparaciones en las líneas de producción debe disponer de una caja de herramientas cerrada para los útiles, tuercas, pernos y tornillos, etc. Para contener los útiles de fijación, etc. que se retiren o sustituyan en el curso de las tareas técnicas, se utilizarán bandejas magnéticas o cualquier otro tipo de recipiente claramente marcado. Las cajas de herramientas deben mantenerse limpias y sin ningún artículo innecesario que pueda ser peligroso para la fabricación.
- Una vez finalizadas las reparaciones, instalación y puesta en servicio dentro de la zona de producción, se inspeccionarán de forma independiente el equipo y la zona circundante, con objeto de confirmar que la limpieza se ha efectuado con arreglo a los procedimientos acordados. Se cumplimentará la documentación pertinente que confirme que el personal designado ha comprobado que las líneas de producción están limpias y que la producción puede reanudarse; es decir, deberá firmarse una autorización explícita.
- No se debe utilizar cinta adhesiva ni alambre (soluciones temporales) en la reparación del equipo. Los accesorios deteriorados o perdidos o los pernos flojos se repararán con rapidez y de forma permanente. Se eliminará con seguridad y rapidez cualquier residuo metálico, así como cualquier otro posible contaminante. Se revisarán las sujeciones del equipo por si faltase alguna, en cuyo caso se repondrá. Siempre que sea posible se utilizarán tuercas “nylock” o similares para la sujeción.

- Siempre que sea posible las tuercas, los pernos y las arandelas, mallas de tamiz, etc. utilizados en el equipo de procesamiento de alimentos deben estar fabricadas de acero inoxidable magnético.

### 7.3 Buenas prácticas de fabricación



Los efectos personales y los consumibles de la fabricación suponen un riesgo real de contaminación si no existe concienciación ni buenos hábitos de trabajo. Todo el tiempo que se emplee en identificar los posibles riesgos, en definir unos buenos hábitos de trabajo y en prever el uso del equipo correcto se verá recompensado con una disminución del riesgo de contaminación. Se deben implantar y comunicar con regularidad políticas claras y concisas que garanticen que el personal se mantiene informado, así como su adhesión al objetivo perseguido.

A continuación se exponen unos ejemplos que constituyen buenas prácticas de fabricación: Existen sin duda muchas más medidas específicas de control propias de determinados sectores, empresas o procesos de fabricación; sin embargo, las medidas siguientes hacen referencia a riesgos que se pueden pasar por alto fácilmente:

- En los documentos en circulación en la zona de producción no deben utilizarse clips ni grapas.
- No se deben utilizar chinchetas en los tabloneros de anuncios.
- No se permitirá la entrada de horquillas, relojes ni joyas en las zonas de producción (en ocasiones se hace una excepción con los anillos de boda sencillos).
- Las prendas de seguridad no deben tener bolsillos exteriores.
- El personal sólo llevará apósitos o vendas detectables como metal, para facilitar la detección si se pierden en el proceso de producción.
- El personal sólo usará bolígrafos, redcillas del pelo, orejeras y equipo auxiliar que sean detectables como metal, para facilitar la detección en caso de pérdida.
- Los contenedores de producto deben permanecer tapados en todo momento.
- Las líneas de transporte que desplacen recipientes abiertos deben estar cubiertas hasta el punto en que los recipientes se cierran o tapen.

# Notas





# Capítulo 8

## Selección de los puntos de control

**Las técnicas HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) se consideran un proceso clave en el establecimiento de un programa eficaz de detección de metales. La realización de un análisis de riesgos ayuda a identificar las posibles fuentes de contaminación y proporciona el conocimiento necesario para establecer los puntos de inspección precisos, así como la mejor solución de detección de metales para la medición de control en cuestión.**

En este capítulo no se pretende enseñar los principios fundamentales del método HACCP, sino facilitar una orientación práctica sobre dónde utilizar sistemas de detección de metales y cómo usar esta guía como apoyo del método HACCP. Al final del capítulo se incluyen algunos enlaces de información útil sobre HACCP.

Este es un ejemplo sencillo que sirve para ilustrar qué tipo de metales podría ocasionar contaminación.

Cuando se identifica un riesgo de contaminación por metales y se define un sistema de detección como medida de control necesaria, éste se debe considerar un punto de control crítico (CCP, Critical Control Point) y se debe incluir en el plan HACCP.

### 8.1 Análisis de riesgos



Todas las empresas deben efectuar un análisis de riesgos para cada producto que fabrican y evaluar el riesgo de contaminación por metales.

Una práctica adecuada exige que se identifiquen y evalúen todos los riesgos que sea razonable esperar, incluidos aquellos relacionados con el tipo de proceso y las instalaciones.

El análisis de riesgos debe identificar las posibles fuentes de contaminación y los tipos de metales. Esta información será de gran ayuda en la selección del sistema de detección de metales adecuado. Por ejemplo, si un productor fabrica pasteles de carne y cebolla, el análisis puede mostrar posibles riesgos en las siguientes zonas:

- Contaminación de la carne y las cebollas debido a cuchillas rotas
- Contaminación de la salsa de carne y la masa del pastel debido a aspas de batido rotas
- Cabezales de llenado que han caído en los pasteles
- Virutas de las bandejas de aluminio para alimentos
- Residuos de tamices de las líneas de ingredientes secos

Si se presenta habitualmente algún tipo concreto de contaminación, esta cuestión se deberá discutir con el fabricante del detector preferiblemente en el curso de una visita a la planta, junto con toda la información relevante, ya que podría ser importante a la hora de seleccionar el tipo de detector para el tipo de aplicación en cuestión.



### 8.2 Puntos de control críticos (CCP)

Al determinar los puntos de control críticos, se debe tener en cuenta que es importante identificar y eliminar la contaminación lo antes posible en el proceso de fabricación. Este enfoque está en consonancia con unas buenas prácticas de fabricación y con los programas obligatorios de HACCP. El sistema HACCP no se apoya solamente en las pruebas del producto final para garantizar la seguridad del alimento. Por el contrario, exige la incorporación del concepto de seguridad del alimento a todo el proceso de fabricación y se apoya en controles de proceso para evitar o reducir la presencia de riesgos conocidos en un producto alimentario hasta un nivel aceptable.





Si se sabe que la contaminación se desplaza por todo el proceso de fabricación, existe el peligro de que pueda causar daños al equipo posterior de la línea de producción o de que se rompa en trozos más pequeños, lo cual dificultaría su detección en la línea de producción. Esto podría producir mayores costes de desperdicio debido a la porción de procesamiento que se ha invertido en el producto una vez que éste ha alcanzado el final de la cadena.



Si el proceso de inspección exige una manipulación adicional, entonces no será nunca completamente seguro. Siempre que sea posible se integrará el sistema de detección de metales dentro del flujo normal del producto. De esta forma, se evitan las posibles confusiones sobre si se han inspeccionado o no ciertos artículos, así como la omisión del proceso de inspección.



Como mínimo, se considerará como punto de control crítico, el final de cada línea de producción. El punto ideal se encuentra inmediatamente después del punto de envasado, en línea con el flujo principal de producción. De esta manera se reduce considerablemente la posibilidad de la presencia de metal posteriormente. Si esto no es factible, el sistema de detección de metales se debe situar tan cerca como sea posible del punto de envasado final, en línea con el flujo principal de producción. En tales casos, se le puede pedir al productor que obtenga la aprobación de su cliente.

En aquellas situaciones en las que no sea factible realizar la detección en los envases acabados, por ejemplo en el caso de alimentos enlatados, se deben establecer sistemas de control alternativos (véase el capítulo 4), así como sistemas de detección de metales en tubería y de rechazo de productos acordados con el cliente.



Si el envasado se realiza de forma manual, para lo cual se toma el producto válido a mano, se debe instalar una protección adecuada para cubrir la zona desde el detector hasta el punto de rechazo. Esta protección debe proporcionar una cobertura suficiente de todo el tramo entre el transportador y el sistema de rechazo para evitar que los operadores retiren artículos para envasar antes de que hayan pasado por el dispositivo de rechazo.

### 8.3 Límites de control

Una vez identificados los puntos de control críticos es importante definir los límites críticos. En el caso del sistema de detección de metales, estos límites están relacionados con la sensibilidad operativa, el funcionamiento del mecanismo de rechazo y cualquier función de seguridad a prueba de fallos incorporada en el proceso. En el capítulo 3 de esta guía se exponen los factores que limitan la sensibilidad, mientras que en el capítulo 9 se explica cómo definir y documentar el estándar de sensibilidad operativo real.

## 8.4 Procesos de supervisión

Una vez establecidos los límites de la sensibilidad operativos, es importante verificar de forma periódica la capacidad del sistema de detección de metales para detectar y rechazar productos contaminados según el estándar de sensibilidad operativo o por encima de éste. En el capítulo 11 de esta guía se facilita una orientación práctica sobre cómo definir los programas adecuados de pruebas y auditoría.

## 8.5 Acciones correctoras

Si en el proceso de supervisión se detecta que el punto de control crítico no funciona según los límites críticos acordados, debe haber definido un proceso de acciones correctoras. En el capítulo 12 de esta guía se facilita una orientación sobre las acciones que se deben emprender si falla el sistema de detección de metales o si se detecta contaminación por metales.

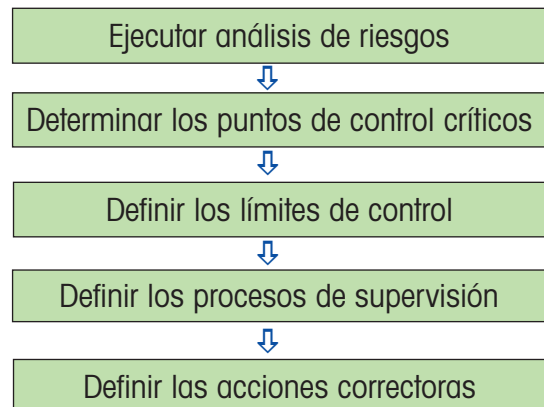


Tabla 8a: Etapas clave del análisis HACCP

## 8.6 Páginas web de referencia para el sistema HACCP

### HACCP de los Países Bajos

<http://www.foodsafetymanagement.info>

### Fundamentos del HACCP (en inglés)

<http://www.fsis.usda.gov/OPPDE/rdad/FRPubs/00-014R/HACCPPrinciples.pdf>

### Los siete principios HACCP de USDA (en inglés)

<http://www.fsis.usda.gov/oa/background/keyhaccp.htm>

### Guía de la FDA de EE.UU. sobre HACCP (en inglés)

<http://www.cfsan.fda.gov/~lrd/haccp.html>

### OMS / CODEX HACCP (en inglés)

[http://www.who.int/foodsafety/fs\\_management/haccp/en/](http://www.who.int/foodsafety/fs_management/haccp/en/)

# Capítulo 9

## Sensibilidad operativa

**Una vez comprendidos los factores que limitan la sensibilidad tal como se han expuesto en el capítulo 3, en el presente capítulo se destaca la necesidad de una sensibilidad operativa máxima y se proporciona orientación práctica sobre la definición de los estándares de sensibilidad de la empresa.**

### 9.1 Necesidad de un rendimiento máximo en la sensibilidad operativa



Es deseable ajustar los sistemas de detección de metales a la sensibilidad máxima, sin restar estabilidad ni fiabilidad, con el objeto de conseguir una protección óptima del consumidor. El objetivo debe ser mejorar en todo momento la capacidad de detección de metales, siempre que sea posible.

Una ligera reducción de la sensibilidad operativa puede tener un efecto importante en el rendimiento del sistema de detección de metales, lo cual constituye una cuestión que el usuario rara vez aprecia. Además, si se identifica el alambre como posible contaminante, es mejor hacer funcionar el detector en la sensibilidad más alta posible, para tener en cuenta el efecto de orientación descrito en el capítulo 3.



Las sensibilidades operativas impuestas por grupos externos, por ejemplo códigos de marca de minoristas y consumidores, se deben considerar siempre estándares aceptables mínimos. Se aplicarán estándares más restrictivos si es factible, pues ello se considera una buena práctica de fabricación.

Es importante que el sistema de detección de metales sea capaz de mantener un funcionamiento eficaz y fiable a largo plazo y a la sensibilidad operativa prevista; de lo contrario, los operadores perderán la confianza en el punto de control y puede presentarse una tendencia a reducir el ajuste de la sensibilidad para evitar rechazos erróneos.

La sensibilidad y fiabilidad máximas que se pueden conseguir dependen en última instancia de la calidad y fiabilidad del tipo de detector (véase el capítulo 2).

### 9.2 Definición del rendimiento de sensibilidad operativa

La mejor sensibilidad que se puede conseguir dependerá del tamaño y tipo del producto, así como del material del envase, y para seleccionarla se debe consultar a un representante del fabricante del detector de metales.

Al determinar la sensibilidad operativa o comparar las funciones de distintos detectores de metales es importante tener en cuenta estos dos factores:

- Debe poderse mantener el rendimiento de la sensibilidad de forma permanente sin que se requiera la atención de un operador. Una unidad inestable y que requiere una atención constante carece de valor.
- El detector no debe rechazar ningún artículo válido debido a señales de rechazos erróneos procedentes de vibraciones locales u otras influencias externas.

Para conseguir el mejor rendimiento de la sensibilidad en aplicaciones en las que el producto se inspecciona ya envasado, es un buen hábito asegurarse de que el material del envase carece de componentes metálicos, por ejemplo grapas y contaminación por metales que puede aparecer en cartón reciclado de baja calidad.

Para cada ajuste de producto se debe establecer la mejor sensibilidad que se pueda alcanzar.



Si la señal de la muestra de prueba es grande comparada con el punto en el que se dispara el detector de metales (umbral de detección), se puede afirmar que el margen de detección es bueno. Esto se puede verificar con facilidad normalmente si se observa el nivel de detección en la interfaz de usuario del detector de metales; ello supone que facilita una representación precisa de la señal de detección.

$$\frac{\text{Señal de producto}}{\text{Umbral de detección}} = \text{Margen de detección}$$

El conocimiento del margen de detección resulta útil, ya que se puede utilizar para determinar la frecuencia práctica de verificación del sistema (véase la sección 11.6.2).



Se deberán conservar los registros de las pruebas de ajuste de sensibilidad y sus resultados para cada producto, para poderlos revisar en el curso de auditorías técnicas y de higiene.

Solamente empleados designados y con la debida formación tendrán acceso a los controles de ajuste de sensibilidad. Se debe evitar el acceso de otros empleados mediante protección con contraseña o bloqueando los parámetros de ajuste.

### 9.3 Definición de un estándar de sensibilidad

El productor necesita encontrar un equilibrio entre el máximo rendimiento de sensibilidad operativa deseado y las cuestiones prácticas de implantación y puesta en práctica. El nivel de rendimiento debe estar basado en una evaluación de riesgos y en última instancia es una decisión del productor.

El estándar de sensibilidad se ajusta habitualmente en uno o más de los siguientes niveles:

- En toda la empresa
- Para un producto concreto
- Para un grupo de productos o línea de producción específica

El establecimiento de un estándar de sensibilidad puede ser relativamente fácil para los productores de artículos pequeños y secos, como dulces, pero puede ser más difícil cuando se dispone de una variedad más amplia de líneas de efecto de producto.

Estándar de sensibilidad válido para toda la empresa

Es normal que los productores apliquen un estándar común a toda la empresa en las distintas líneas de producción y productos. El estándar de sensibilidad será válido para distintos detectores de diversos fabricantes, de diferentes tipos, antigüedad y niveles de fiabilidad. La desventaja de esta práctica es que la sensibilidad no se aprovecha al máximo para una aplicación o producto dado, además es posible que el estándar de la empresa venga dictado por el mínimo denominador común, es decir, el rendimiento más bajo de sensibilidad o el detector menos eficaz.

El alcanzar un acuerdo sobre un estándar mínimo de la empresa para la inspección de producto acabado puede, no obstante, evitar la posibilidad de que el detector se instale en un punto inadecuado dentro de una línea de producción. Un ejemplo lo constituye el caso en que se considere inspeccionar las cajas acabadas en lugar de inspeccionar cada artículo por separado. El detector grande necesario para acomodar una caja de producto tendrá una sensibilidad menor, debido a su mayor tamaño.

#### Estándar de sensibilidad específico de un producto

Para aumentar al máximo la sensibilidad operativa, se deben definir los estándares de sensibilidad a nivel de producto. Sin embargo, es deseable mantener al mínimo el número de parámetros necesarios para los distintos productos. Cuantas más opciones se le presenten al operador, mayor será la posibilidad de cometer un error en la selección de los parámetros de producto correctos.

#### Estándar de sensibilidad de un grupo de productos o línea de producción específica

Es una práctica habitual definir el estándar de sensibilidad a nivel de un producto o grupo de productos o para líneas de producción independientes en las que los productos son similares.

La definición de estándares de sensibilidad a nivel de producto o grupo y a nivel de línea de producción puede servir para identificar aquellos detectores con rendimiento deficiente.

### 9.4 Documentación del estándar de sensibilidad

El estándar de sensibilidad se debe expresar como el menor tamaño de esfera detectable. Esto se define en términos del diámetro nominal de esfera y del tipo de material; por ejemplo, 1 mm de diámetro en acero inoxidable 316. Como se expuso en el capítulo 3, es importante establecer el tipo de material real y no únicamente un nombre genérico (ferroso, no ferroso, acero inoxidable) debido a las diferencias que pueden existir en cuanto a permeabilidad magnética y conductividad eléctrica.

El menor tamaño de esfera detectable debe definirse respecto a la altura de la abertura del detector de metales y el tipo de producto o aplicación. Entre los tipos de productos o aplicaciones más típicos se encuentran los siguientes:

- Producto seco
- Congelados
- Producto fresco y conductor
- Producto húmedo y descongelado
- Producto envasado en lámina metálica

El estándar de sensibilidad debe estar documentado formalmente (controlado y autorizado) y comunicado de hecho a toda la empresa. Debe estar disponible para todo el personal de verificación debidamente formado.

#### 9.4.1 Estándares de sensibilidad de asociaciones de minoristas e industria

Los grupos grandes de minoristas y las organizaciones y asociaciones de estándares de la industria con frecuencia ofrecen orientación sobre los estándares mínimos de sensibilidad que deben alcanzar sus miembros. En la tabla 9a, que se muestra a continuación, se facilita el estándar de sensibilidad de una asociación importante, sólo a modo de orientación.

Altura de la abertura	Producto seco (ferroso y no ferroso)	Producto húmedo (ferroso)	Producto húmedo (no ferroso)
Hasta 50 mm	1,0	1,5	2,0
Hasta 125 mm	1,5	2,0	2,5
Hasta 200 mm	2,0	2,5	3,0

Tabla 9a: Estándares de sensibilidad típicos

#### 9.4.2 Estándares de sensibilidad de minoristas

Los códigos de marca de consumidores y minoristas a menudo definen los estándares de sensibilidad mínimos que deben conseguir sus proveedores en sus productos. En las tablas 9b y 9c se muestran ejemplos de estándares de minoristas importantes para productos secos, húmedos y envasados en lámina metálica. Esta información es sólo orientativa.

Altura de la abertura	Producto seco		
	Ferroso	Metal no ferroso	Acero inoxidable 316
Hasta 50 mm	0,8	1,0	1,2
Hasta 125 mm	1,0	1,2	1,5
Hasta 200 mm	1,2	1,2	2,0

Tabla 9b: Estándares de sensibilidad para productos secos

Altura de la abertura	Productos húmedos y envasados en lámina metálica		
	Ferroso	No ferroso	Acero inoxidable 316
Hasta 50 mm	1,5	2,0	2,5
Hasta 125 mm	2,0	2,5	3,5
Hasta 200 mm	2,5	3,0	4,0

Tabla 9c: Estándares de sensibilidad para productos húmedos y en lámina metalizada

# Notas



# Capítulo 10

## Instalación y puesta en servicio

**Una vez que el fabricante ha decidido que debe adquirir un sistema de detección de metales, es importante garantizar que el equipo se instala correctamente, se realiza una puesta en servicio adecuada y se lleva a cabo un mantenimiento continuado durante toda la vida útil del producto. Deben elaborarse registros exhaustivos de todas estas actividades, que se guardarán para su uso futuro.**

### 10.1 Instalación



La ubicación y el entorno donde se pretende instalar el equipo pueden tener un efecto negativo en el rendimiento del funcionamiento del sistema de detección de metales. Por lo tanto, se deben consultar las instrucciones de instalación del fabricante antes de la instalación y mientras se realiza. De esta forma, se obtendrá el mejor rendimiento posible del sistema y se reducirán al mínimo los rechazos erróneos.

Las instrucciones del fabricante del sistema contendrán más información que esta guía; sin embargo, existen principios generales aplicables a la mayoría de los sistemas de detección de metales. Una buena comprensión de estos principios puede ser de ayuda a la hora de seleccionar el equipo y determinar sus especificaciones, así como durante su instalación. Estas son las directrices básicas:

#### Levantamiento de detectores

La abertura del detector invita a utilizarla para levantar el detector; sin embargo, las superficies internas de la abertura casi nunca son estructurales. Para evitar daños, no pase nunca eslingas de levantamiento ni equipos de sujeción por la abertura del detector para transportarlo ni manipularlo.

#### Acceso al equipo

El equipo se debe situar de manera que pueda accederse a él cómodamente desde todas partes, para facilitar su limpieza, revisión y manipulación. La instalación debe poderse limpiar con facilidad y se debe poder efectuar el mantenimiento en tareas programadas sin necesidad de desmontaje.

#### Mantener despejada la zona sin metal

La zona sin metal del detector se debe mantener despejada de metales. Se respetarán los requisitos concretos de los fabricantes de los sistemas en relación con las piezas metálicas móviles y fijas. Si se tiene en cuenta este factor al realizar la instalación, el rendimiento del detector de metales será homogéneo y fiable.

#### Vibración e impacto mecánico

En la medida de lo posible, los sistemas de detección de metales no se deben instalar en zonas sometidas a vibraciones ni impactos mecánicos. En los casos en que no pueda evitarse, deberá procurarse reducir estos efectos al mínimo.

#### Interferencia electromagnética

El ruido eléctrico radiado generado por sistemas eléctricos circundantes puede influir negativamente en el rendimiento del sistema hasta el punto de que éste presente un funcionamiento errático; por ejemplo, con rechazos erróneos. Desde el punto de vista económico, puede resultar caro y desde el punto de vista del operador, muy poco fiable. Siempre que sea posible, los sistemas no se instalarán cerca de dispositivos que puedan emitir interferencias electromagnéticas, como transmisores de radio. Todos los convertidores de frecuencia cercanos al detector se instalarán de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Si es posible, los cables de los convertidores de frecuencia, etc. se mantendrán alejados del detector y de sus cables. En especial, el detector no debe colocarse cerca de equipos que generen interferencias electromagnéticas con el mismo rango de frecuencia que este.

### Fuente de alimentación limpia

El ruido del cable de alimentación puede tener su origen en cualquier cambio perceptible de la carga en la red eléctrica que alimenta al sistema. Este efecto puede influir negativamente en el rendimiento del sistema, hasta el punto de que éste puede presentar un comportamiento errático; por ejemplo, con rechazos erróneos. La mejor alimentación eléctrica posible para un detector de metales es la que se toma de una fuente que suministra únicamente a equipo de baja potencia y que no está conectada a otras fuentes de corriente con carga variable.

### Conformidad de la instalación

La instalación del detector de metales debe cumplir en todos sus aspectos la legislación pertinente y aplicable del país en el que se instala el equipo.

### Puesta en servicio del sistema

Antes de poner el equipo en funcionamiento, el sistema de detección de metales instalado se debe poner en servicio para garantizar que la instalación cumple las recomendaciones del fabricante, que funciona como se pretendía y que el personal correspondiente ha recibido la formación precisa para un manejo seguro y adecuado. En la lista siguiente se indican las cuestiones que deben tenerse en cuenta en la puesta en servicio:



#### Lista de comprobación

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| El equipo y la documentación relacionada se han entregado correctamente.                            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| El equipo se ha instalado en buenas condiciones.  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| El equipo se ha instalado correctamente.  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| El funcionamiento del equipo es el adecuado para la instalación.                                    | <input checked="" type="checkbox"/> |
| El equipo es capaz de detectar y rechazar de forma fiable con el estándar de sensibilidad definido. | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Los operadores han recibido una formación básica mínima (manejo, cuidado y mantenimiento).          | <input checked="" type="checkbox"/> |

Se recomienda que el proceso de puesta en servicio obligatorio lo realice un técnico cualificado del fabricante del equipo o de algún representante de este. Gracias a la experiencia adquirida en otras instalaciones, son capaces de identificar con antelación posibles problemas y emprender las acciones correctoras durante el propio proceso de puesta en servicio.



Se documentará el proceso debidamente para demostrar que se han cumplido todos los requisitos del sistema de detección de metales instalado y que es apto para proceder a la puesta en marcha. Esta documentación de aptitud se considerará válida para la localización y el entorno de trabajo donde se haya realizado la instalación.

Deberá procederse a un nuevo estudio de aptitud de la instalación en el caso de que se efectúen modificaciones sustanciales en la instalación del sistema o en su entorno, o si el equipo se traslada a una ubicación distinta. Las características de funcionamiento del sistema de detección de metales se deben volver a comprobar y aprobar antes de poner en funcionamiento productos revisados o nuevos en la instalación existente. Se redactará la documentación pertinente como prueba de que se ha llevado a cabo este proceso.



## 10.2 Mantenimiento y verificación del rendimiento

Es esencial realizar el correcto mantenimiento del equipo a lo largo de su vida útil para que éste pueda funcionar óptimamente durante el mayor tiempo de actividad posible. El programa de mantenimiento preventivo debe incluir tareas de mantenimiento periódicas y comprobaciones de rendimiento del sistema de detección de metales, efectuadas por una persona debidamente formada. Este procedimiento se debe efectuar generalmente cada 6 a 12 meses. Es aconsejable que este proceso de verificación lo realice un técnico con la debida formación, con arreglo a un contrato de servicios. Con frecuencia, un técnico experimentado sabe identificar posibles puntos conflictivos del equipo y del programa y sugerir la mejor solución antes de que se conviertan en un auténtico problema.

### 10.2.1 Mantenimiento de la cinta

Ciertas sustancias (como fragmentos de metal, líquidos, etcétera), que pueden ser detectadas por el detector de metales, si se adhieren a la cinta transportadora pueden causar que la línea se detenga, esto puede dar la apariencia de que el detector no funciona correctamente. Para reducir al mínimo la posibilidad de que esto ocurra:

- Alrededor de la cinta transportadora, no deberían realizarse tareas que puedan ocasionar que fragmentos metálicos entren en contacto con esta, como soldaduras, perforaciones o cortes de metal, etcétera.
- Las cintas transportadoras deben limpiarse periódicamente.



# Capítulo 11

## Verificación y auditoría de rendimiento

**En este capítulo se ofrece orientación sobre los elementos esenciales de un procedimiento de verificación, así como consideraciones prácticas para demostrar no solamente la diligencia debida, sino también equilibrar la frecuencia y la complejidad de las pruebas con las ventajas, costes y riesgos aparejados.**

### 11.1 Procedimiento de verificación

Todos los sistemas de detección de metales se deben verificar periódicamente para demostrar la diligencia debida y garantizar que:

- Continúan funcionando de acuerdo con el estándar de sensibilidad especificado.
- Continúan rechazando producto contaminado al detectar contaminación.
- Todos los dispositivos de advertencia y señalización funcionan correctamente (por ejemplo, las alarmas y las confirmaciones de rechazo).
- Los sistemas de seguridad a prueba de fallos instalados funcionan correctamente.

El procedimiento de verificación y auditoría debe garantizar que se cumple el estándar de sensibilidad de empresa/línea/producto y la política de detección de metales. Debe estar documentado, se debe comunicar al personal correspondiente y debe estar disponible para los responsables de la ejecución de los procedimientos y auditorías de verificación necesarios. Como mínimo, el procedimiento debe cubrir los siguientes requisitos:

- Tipos de muestra de prueba y material que se deben usar
- Colocación de las muestras de prueba en el paquete o en la abertura
- Empleo eficaz de los paquetes de prueba, si procede
- Frecuencia de las pruebas
- Número de pruebas
- Métodos de prueba del detector y del dispositivo de rechazo
- Prueba de los sistemas de seguridad a prueba de fallos
- Tratamiento del producto rechazado o sospechoso (véase el capítulo 12)

A continuación, se facilita orientación sobre cuestiones técnicas y prácticas para cada uno de los anteriores requisitos.

### 11.2 Tipos de contaminante que se usarán

Al determinar si el sistema de detección de metales funciona de acuerdo con el estándar de sensibilidad, la prueba de verificación comprueba de hecho que no hayan variado la sensibilidad ni los ajustes de fase del detector de forma significativa desde la anterior prueba de verificación. Esto podría producirse como resultado de modificaciones en:

- Los ajustes de la máquina
- La señal del producto
- Los parámetros clave de la detección de metales

La selección del tipo de contaminante metálico utilizado en las pruebas de verificación es un factor importante, ya que el impacto de la variación de cualquiera de los parámetros anteriores puede ser distinto en función del tipo de contaminante metálico. Por ejemplo, se permite modificar la fase del producto de manera que se mantenga la sensibilidad para el acero inoxidable, mientras que se pierde toda sensibilidad para los metales ferrosos. Si la prueba se efectúa solamente con acero inoxidable, no se tendrá indicación alguna de la pérdida de sensibilidad operativa para la contaminación ferrosa.

En ocasiones, se facilita orientación sobre el tamaño de esfera de metal no ferroso y acero inoxidable que se puede detectar, sobre la base del tamaño de esfera ferrosa real detectado. Por ejemplo:

“1,5 x tamaño de esfera ferrosa =  
tamaño de esfera de acero inoxidable detectable  
(a 300 kHz)”



No obstante, estas generalizaciones deben tratarse con precaución. Las relaciones reales son mucho más “dependientes de la aplicación” e incluso cuando se dispone de información sobre una aplicación concreta es posible que los supuestos y aproximaciones necesarios limiten la precisión de la información obtenida.

Por lo tanto, en realidad la relación entre un tipo de contaminante y otro es compleja y depende de varios factores; fundamentalmente, del tamaño de las esferas de prueba, del material, de la frecuencia de funcionamiento del detector y su ajuste de fase (es decir, de si el producto es conductor o no).



Por las razones descritas anteriormente, el mejor método consiste en verificar el funcionamiento con los tres tipos de contaminante (es decir, ferroso, no ferroso y acero inoxidable), siempre que todos sean posibles fuentes de contaminación.

Si a pesar de esto no se considera práctico hacerlo así, se podría llegar a un compromiso centrando las pruebas de metales ferrosos en aplicaciones secas (incluidos los no ferrosos a frecuencias altas) y de acero inoxidable en productos húmedos y conductores. La razón para ello es que estas pruebas tienen más probabilidades de destacar los cambios de fase y sensibilidad que puedan afectar a la capacidad de detección. El grado de compromiso depende en última instancia de la estabilidad del detector de metales, la consistencia del producto y el nivel de control sobre las intervenciones del operador; es decir, los cambios de ajustes.

Independientemente de las orientaciones que se proporcionen, lo más útil será, sin duda, el conocimiento propio de la planta y la ejecución de pruebas con el producto real. A partir de las evaluaciones de riesgo efectuadas (véase el capítulo 8), se deben definir los posibles contaminantes metálicos para cada instalación de fabricación concreta. Una vez definidos, se deben responder las siguientes cuestiones:

- ¿Cuáles son los tipos de contaminante más difíciles de detectar?
- ¿Cuál es la peor posición de detección posible para cada contaminante?

Esta información permitirá elaborar el método de prueba de verificación más eficaz para cada aplicación.

En cualquier caso, como mínimo, deben probarse los tipos de contaminante necesarios para satisfacer los requisitos de los clientes externos, los códigos de los minorista o las políticas y pruebas específicas de la empresa.

### 11.3 Tipos de muestra de prueba que se deben usar

Se pueden utilizar muestras de prueba solas (sin producto) para certificar el correcto funcionamiento del sistema de detección de metales. Sin embargo, para verificar el rendimiento real en la producción, lo óptimo es que se encuentren dentro del producto o firmemente sujetas al producto envasado.

Las muestras de prueba son un soporte de bolas de precisión, encapsulados en un soporte no metálico y no conductor. Estos soportes de bolas están fabricados de diferentes materiales, que representan las distintas fuentes posibles de contaminación.



Se recomienda comprar las muestras de prueba a algún proveedor de detector de metales, que las fabrique con arreglo a algún sistema de certificación de calidad (por ejemplo, ISO9001:2000 para el “suministro de muestras de prueba”).



Las muestras de prueba deben estar certificadas y con marcas indelebles que indiquen el tamaño, el material y el número de serie concreto del lote que facilite la trazabilidad hasta el lote de fabricación del fabricante de los soportes de bola. Esta certificación debe incluir también este número de referencia junto al diámetro nominal de la esfera, el material y el estándar de fabricación que cumple la muestra de prueba.

A continuación, se enumeran algunos de los tipos de muestra de prueba más corrientes (tabla 11a), que se ilustran en la figura 11.1 de la página siguiente.

Tipo de soporte genérico	Aplicación típica
Tarjeta de prueba	Líneas de transporte con productos envasados individuales
Bastoncillo de prueba	Líneas de transporte con producto a granel
Pastilla de prueba	Aplicaciones farmacéuticas y de alimentos funcionales
Bola/tapón de prueba	Inspección en alimentación por gravedad de polvos o gránulos e inspección de líquidos, pastas y fluidos alimentarios en los que se puede recuperar la muestra
Varilla de prueba	Inspección en alimentación por gravedad de polvos o gránulos e inspección de líquidos, pastas y fluidos alimentarios en los que no se puede recuperar la muestra

Tabla 11a: Tipos comunes de muestras de prueba disponibles

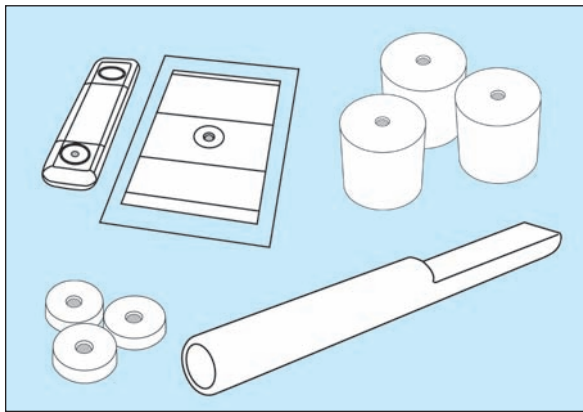


Figura 11.1

Algunos proveedores de detectores de metales pueden suministrar muestras de prueba para aplicaciones concretas y, además, pueden ofrecer orientación sobre el tipo de soporte más adecuado para la muestra de prueba de una aplicación determinada.

El procedimiento de verificación debe definir por completo las muestras de prueba que se deben utilizar, incluido el tipo de material real y no sólo el nombre genérico (ferroso, no ferroso y acero inoxidable). Esto se debe a las diferencias existentes en cuanto a permeabilidad magnética y conductividad eléctrica (véase la sección 3.2). Las muestras de prueba se inspeccionarán visualmente siempre antes de usarlas, para asegurarse de que se adecúan al fin pretendido. Si existe alguna duda sobre la integridad de la muestra, se deberá sustituir.

#### 11.4 Colocación de las muestras de prueba

La colocación deseada para una muestra de prueba es aquella en que tiene la menor posibilidad de ser detectada. Puede ser cualquier ubicación dentro o sobre el paquete de producto o prueba. La ubicación precisa es difícil de determinar, ya que puede variar para cada prueba de verificación en función de la fase, sensibilidad y variabilidad e la señal de producto. Por lo tanto, es importante definir con claridad la colocación de las muestras de prueba en los procedimientos y en los estándares de sensibilidad de la empresa.

Si a partir de las pruebas no se puede determinar la peor ubicación, se recomienda pasar la muestra de prueba lo más cerca posible del centro de la abertura -es decir, en la posición menos sensible-, ya que en la mayor parte de los casos ésta constituirá la peor situación para el sistema de detección, incluso peor que la posición dentro o sobre el paquete de producto o prueba.

La posición de las muestras de prueba es un factor importante para probar correctamente el dispositivo de rechazo y su temporización. En los métodos de prueba incluidos en la sección 11.8 de esta guía se ofrecen más directrices sobre la colocación de las muestras de prueba.

#### 11.5 Empleo eficaz de los paquetes de prueba

Los paquetes de prueba se utilizan normalmente para la inspección de las líneas de productos envasados (figura 11.2).

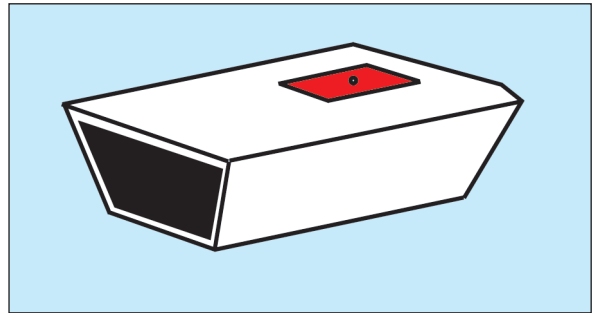


Figura 11.2

Si se utilizan paquetes de prueba es importante que se definan los siguientes requisitos y que se recojan en el procedimiento de prueba:

- El método para verificar que los paquetes carecen de contaminación antes de introducir o adosar las muestras de prueba.
- El método para componer el paquete de prueba, incluida la posición o ubicación de la muestra de prueba dentro o sobre el paquete.
- La frecuencia con la que deben componerse los paquetes de prueba, que refleje la naturaleza, la duración y la caducidad del producto. Lo mejor es componer el paquete de prueba cuando se vaya a utilizar para cada lote de producción, ya que el envejecimiento del producto puede afectar a la sensibilidad, por lo que el resultado podría no ser representativo del producto real que se fabrica.
- El método para etiquetar los paquetes de prueba para que no se introduzcan en la cadena de suministro por accidente; por ejemplo, marcado con cinta adhesiva de color.

Para probar los sistemas de seguridad a prueba de fallos del detector se pueden usar paquetes de prueba que no sean de alimentos, siempre que éstos sean representativos del tamaño, la forma y el peso de los productos que se procesan en la línea en cuestión.

## 11.6 Frecuencia de las pruebas

En los procedimientos se debe recoger claramente en qué momento se debe efectuar la prueba de verificación dentro del ciclo de fabricación. La prueba de verificación puede implementarse en las siguientes etapas:

- Al principio y al final de la producción o turno diario
- A intervalos regulares durante la producción, según sea necesario
- Al cambiar los lotes de producción
- Al cambiar los ajustes de las máquinas
- Después de intervalos de inactividad por reparación

A continuación, se detallan las cuestiones que se deben tener en cuenta para cada una de las etapas anteriores:

### 11.6.1 Principio y fin de la producción o turno diario

Se puede efectuar la prueba de verificación al principio y al final de la producción o turno diario, para garantizar que el sistema de detección de metales detecta y rechaza con arreglo al estándar de sensibilidad y que todos los sistemas auxiliares de advertencia funcionan correctamente, como por ejemplo, el indicador de depósito de rechazos lleno.

Además, al comenzar cada turno se debe verificar cualquier función de seguridad a prueba de fallos que se haya incluido en la especificación del sistema (véase la sección 11.10). Si se detecta algún fallo, se deberá corregir antes de comenzar la producción o turno diario.

### 11.6.2 Intervalos regulares en el curso de la producción

La frecuencia de la verificación en el curso de la producción debe quedar definida en el procedimiento. En última instancia dependerá de la probabilidad y consecuencias de una prueba fallida. Se deberán tener en cuenta los siguientes factores:

- Periodo de cuarentena
- Códigos de conducta de las marcas para clientes, minoristas y consumidores, si procede
- Margen de detección (véase el capítulo 9)
- Diseño de los sistemas de seguridad frente a fallos
- Supervisión automática de sistemas

#### Periodo de cuarentena



El periodo de cuarentena hace referencia al tiempo necesario para producir la cantidad máxima de producto que se puede almacenar en las instalaciones de la empresa antes de la expedición. El periodo de verificación debe ser inferior al periodo de cuarentena, de forma que en el caso de prueba fallida, el producto fabricado desde la última verificación correcta se encuentre aún en las instalaciones

de la empresa, para que pueda ser identificado y aislado fácilmente, en espera de las actuaciones pertinentes (véase el capítulo 12).

#### Códigos de conducta de las marcas para clientes, minoristas y consumidores

Los códigos de conducta de las marcas para clientes, minoristas y consumidores puede que especifiquen una frecuencia de verificación mayor que el periodo de cuarentena.

#### Margen de detección

Cuando el margen de detección es amplio y el sistema funciona con seguridad a prueba de fallos (véase el capítulo 9), se puede reducir la frecuencia de las pruebas de verificación basándose en el hecho de que si se producen pequeñas variaciones de fase y sensibilidad, el detector de metales seguirá detectando con comodidad las muestras de prueba especificadas. Esta decisión sólo se tomará cuando el margen de detección se pueda cuantificar y los riesgos asumidos se consideren aceptables.

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que en la práctica el estándar de sensibilidad se puede aplicar a muchos detectores distintos de diferentes fabricantes, tipos, duración, fiabilidad, etcétera. Por lo tanto, el margen de seguridad puede no ser válido para todos los detectores y productos.



#### Diseño de los sistemas de seguridad frente a fallos

Un diseño de seguridad frente a fallos y un control de acceso fiables sirven para reducir la probabilidad de pruebas fallidas y, en consecuencia, la frecuencia de las pruebas. Por ejemplo, si los operadores de la línea de producción no pueden realizar cambios en los parámetros (como reducir la sensibilidad mediante el control de acceso), la probabilidad de que falle la prueba de verificación es menor. Asimismo, si el sistema de detección de metales solicita automáticamente una prueba de verificación cada vez que se cambia de producto, será más improbable que se inspeccione un producto con una opción de producto incorrecta de la memoria.

#### Supervisión automática de sistemas

Además de las pruebas manuales de verificación, se pueden utilizar sistemas de prueba automáticos, pero nunca en sustitución de estas.

Si bien los sistemas automáticos de prueba pueden detectar una reducción de la sensibilidad o un cambio en la fase del detector de metales, no son capaces de identificar problemas del mecanismo de rechazo ni su temporización. No se pueden utilizar de forma continuada, ya que la detección de metal en cada paquete se vería afectada, la señal de la esfera de prueba interfiere o incluso en algún caso podría anular la señal de un contaminante real.

Un sistema automático de esta clase puede tener sus propios modos de fallo:

- Configuración incorrecta
- No funciona cuando debiera
- Ocasiona rechazos erróneos de productos
- Enmascara la detección de contaminación real de un producto

Estos dispositivos no están ampliamente implantados en el sector alimentario.

Un enfoque más fiable y válido para determinar si un sistema de detección de metales sigue detectando y rechazando de acuerdo con el estándar de sensibilidad consiste en comprobar de forma continuada si hay cambios en los parámetros clave de funcionamiento del detector de metales. Si se puede supervisar la estabilidad de los parámetros clave de funcionamiento mediante la supervisión de estado, se podría reducir la frecuencia de prueba más allá del periodo de cuarentena.

Existen en el mercado detectores de metales que ofrecen estas funciones de supervisión continua (véase la sección 2.1.7). En el caso de optar por su uso, es importante elegir un sistema que advierta automáticamente a los usuarios de los cambios imprevistos en el parámetro supervisado, emitiendo un aviso de prueba de verificación y una alarma de parada, si el cambio es inaceptable.

### 11.6.3 Cambios en la producción

Se debe contemplar la posibilidad de efectuar una prueba de verificación para confirmar que la detección y el rechazo se realizan según el estándar de sensibilidad, siempre que cambie el tipo de producto que pasa por el sistema de detección de metales. Esto es muy importante cuando el cambio de tipo de producto exige la selección de una memoria de producto distinta en el sistema de detección de metales.

### 11.6.4 Cambios en la configuración

Se deberá efectuar una prueba de verificación para confirmar que la detección y el rechazo se realizan según el estándar de sensibilidad, siempre que se modifique la configuración del sistema de detección de metales.

### 11.6.5 Después de intervalos de inactividad por reparación

Si se han efectuado tareas de mantenimiento o reparaciones en la línea de producción en periodos de inactividad, el sistema de detección de metales y el mecanismo de rechazo se deberán volver a verificar al reanudar la producción.

Se considerará como una buena costumbre el uso de un programa incorporado de verificación de rendimiento (véase la sección 11.12) que requiera efectuar una prueba de rendimiento antes de reanudar el funcionamiento normal, en el caso de un “apagado/encendido”.



## 11.7 Número de pruebas

El número de pruebas que se deben ejecutar se deducirá de la confianza establecida durante la actividad de puesta en servicio. Durante la puesta en servicio, se establecerá la capacidad del sistema de detección de metales. Si la capacidad de detección de metales es buena y reproducible, entonces esta confianza se trasladará a la prueba de verificación de producción, es decir, si hay un buen margen de detección en una única prueba, ¿por qué debería realizarse una segunda prueba?

Como alternativa, si se efectúa una prueba de verificación y la muestra de prueba se detecta por poco, se puede cuestionar la reproducibilidad. Si se efectúan más pruebas se puede consolidar la confianza; sin embargo, si se realizan tres pruebas y como resultado se obtiene una detección con escaso margen y dos detecciones claras, el significado estadístico de estas pruebas en una línea de elevada producción es relativo.

Estadísticamente, se pueden esperar más detecciones con escaso margen o incluso algún fallo en la detección. Por lo tanto, el sistema probablemente no tiene suficiente capacidad de detección en un primer momento y se deberá tener en cuenta un aumento de la frecuencia de prueba.

La realización de tres pruebas por cada tipo de material y posición se considerará el nivel práctico máximo a efectos de verificación de producción. Sin embargo, si se ha determinado una buena capacidad de detección durante la puesta en servicio, se considerará aceptable efectuar una única prueba por cada tipo de material y posición.

El número de pruebas que se deben llevar a cabo por cada tipo de material de prueba dependerá finalmente del nivel de significación estadística que se requiera en la empresa productora y para cumplir requisitos externos.

## 11.8 Métodos de prueba del detector y del dispositivo de rechazo

Los procedimientos de verificación deben incluir detalles concretos de los métodos que se deben utilizar. Los métodos variarán en función del diseño del sistema de detección de metales y de cada aplicación.

Además de garantizar que el detector de metales funcione según el estándar de sensibilidad requerido, es



importante verificar que el dispositivo de rechazo funcione correctamente y que es capaz de rechazar el producto contaminado detectado. Por ejemplo, es habitual modificar la velocidad de los transportadores en las plantas por razones diversas. Si esto ocurre y no se ajusta la temporización del rechazo en consonancia, es posible que se rechace un producto equivocado. De igual manera, si el suministro de aire del dispositivo de rechazo por chorro de aire se desconecta, el producto contaminado no se rechazaría.

Es más eficaz desarrollar un método de prueba que verifique el sistema completo de detección de metales (detector y mecanismo de rechazo) al mismo tiempo.

Para que la prueba se considere válida, todas las muestras o paquetes de prueba se deberán detectar y desviar correctamente a la ubicación de rechazo. Si alguna etapa de la prueba de verificación fallase, se aislará el producto fabricado desde la última prueba satisfactoria y se volverá a inspeccionar con un detector que funcione correctamente (véase el capítulo 12).

### 11.8.1 Prueba de transportadores con productos o paquetes individuales

La prueba se efectuará de tal forma que como mínimo haya una muestra de prueba en el borde delantero de uno de los paquetes de prueba y otra en el borde trasero de otro paquete de prueba. Los paquetes de prueba se pasarán por la línea de producción a través del detector de metales uno detrás de otro.

Este método de prueba representa normalmente el peor caso posible, al probar si el sistema de detección de metales puede detectar y rechazar producto contaminado independientemente de la posición del contaminante en el producto y de su distribución en la línea de producción.

Si se llevan a cabo las pruebas con tres tipos distintos de material contaminante, se debe colocar una muestra en un borde delantero, otra en un borde trasero y la tercera se puede colocar en el centro.

Si las pruebas se llevan a cabo con un único tipo de material, por ejemplo sólo ferroso, como en el caso de un detector FIF (Ferrous-in-Foil), se utilizarán dos paquetes, esto es, una muestra en un borde delantero y la otra en un borde trasero de un segundo paquete.

Se adoptarán precauciones para garantizar que ningún paquete ni muestra de prueba que no sea rechazado permanezca en el flujo del producto.

En el caso de paquetes de longitud reducida o con forma triangular, como sándwiches, puede no ser posible colocar las muestras de prueba en los bordes delantero y trasero. En estos casos, las muestras se colocarán en la posición más

conveniente para que pasen lo más cerca posible del centro de la abertura del detector de metales.

Con el transportador ajustado en la velocidad normal de la línea de producción, se colocan todos los paquetes en la línea de producción, como se muestra en la figura 11.3 (en una prueba de metal ferroso, no ferroso y acero inoxidable). El espaciado entre los paquetes debe ser el que hay normalmente entre los productos en la línea. Compruebe que los paquetes cruzan el haz del sensor de fotodetección, si se dispone de él. En el caso de productos individuales sin envasar, coloque la muestra de prueba dentro o firmemente sujeta sobre el producto en las ubicaciones especificadas.

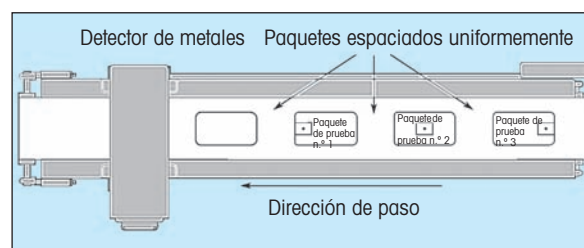


Figura 11.3

Si está instalado un sistema de alarma de parada de cinta, se debe pasar cada paquete individual por la línea. Para que la prueba sea satisfactoria, el paquete se debe detectar y el transportador se debe parar. El sistema solamente se podrá volver a arrancar mediante una llave que estará en posesión de una persona autorizada.

Se repetirá la secuencia de prueba para el número de pruebas especificado. Como se ha explicado anteriormente, los tipos de contaminante de las pruebas y el número de éstas dependen de diversos factores y finalmente también del nivel de riesgo que la empresa esté dispuesta a asumir.

### 11.8.2 Prueba de transportadores con producto a granel

Se adoptarán las precauciones necesarias para garantizar que las muestras de prueba no se pierdan en el caso de que no sean detectadas o rechazadas, en especial si el producto pasa directamente a otra máquina procesadora después de pasar por el sistema de detección de metales. Las muestras de prueba especificadas se colocarán en el producto y en el centro de la cinta uniformemente espaciadas. Se repetirá la secuencia de prueba para el número de pruebas especificado.



### 11.8.3 Prueba de aplicaciones de envasado vertical en caída libre

Las muestras de prueba deberían colocarse de forma independiente en el flujo del producto y debe observarse si el dispositivo de rechazo funciona correctamente, bien para recoger, bien para retirar el contaminante.



En primer lugar, es importante comprobar que el tipo especificado de muestra de prueba se puede recuperar en el caso de que no se detecte o no se rechace correctamente. Si así ocurriera, la muestra de prueba especificada se puede introducir en el flujo del producto para verificar el correcto funcionamiento del dispositivo de rechazo (por ejemplo, el cerrado de una bolsa doble), la activación de una alarma sonora o visual y la parada de la línea.



Si esto no es posible, se tendrá que probar el sistema introduciendo una muestra de prueba tan cerca como sea posible del centro de la abertura, al tiempo que se observa la reacción del detector de metales y del dispositivo de rechazo.

En estos casos debe conocerse el gradiente de sensibilidad del detector de metales y se debe tener en cuenta en la prueba, ya que ésta se va a efectuar en una parte más sensible del detector que la empleada para el producto (la peor sensibilidad posible es la del centro de la abertura).

Se debe repetir la prueba un número concreto de veces y para cada tipo de contaminante metálico.

#### 11.8.4 Prueba de aplicaciones en tubería (líquidos, fluidos alimentarios y pastas)



Es deseable que las muestras de prueba se coloquen de forma independiente en el flujo del producto y que se observe si el dispositivo de rechazo desvía correctamente la muestra de prueba a la posición de rechazo.

Si el equipo se ha especificado correctamente, debe haber una tobera de acceso para muestras y algún medio para recoger la muestra de prueba en caso de que no sea rechazada. Si esto es así, introduzca la muestra de prueba especificada en el flujo del producto y verifique que la muestra se desvía hacia el depósito de recogida de rechazos (figura 11.4).

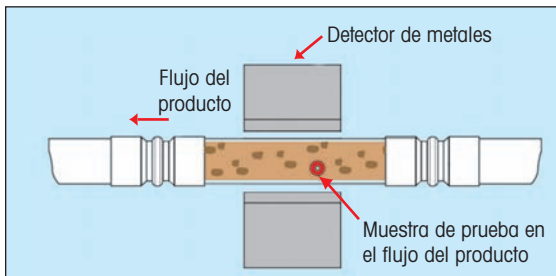


Figura 11.4



Si esto no ocurre, se tendrá que probar el sistema introduciendo una varilla de muestra de prueba entre la tubería y la abertura del detector, tan cerca del centro de ésta como sea posible, al tiempo que se observa la reacción del detector de metales y del dispositivo de rechazo (figura 11.5). Se debe repetir la prueba un número concreto de veces y para cada tipo de contaminante metálico.

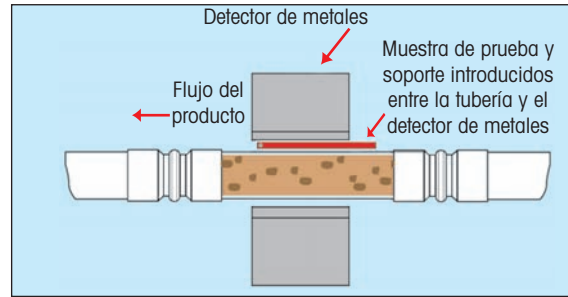


Figura 11.5

#### 11.8.5 Prueba de sistemas de inspección alimentados por gravedad (polvos y productos granulares a granel)

Es deseable que las muestras de prueba se coloquen de forma independiente en el flujo del producto y que se observe si el dispositivo de rechazo desvía correctamente la muestra de prueba a la posición de rechazo.



Si el equipo se ha especificado correctamente, debe haber una tobera de acceso para muestras y rejillas de retención después del dispositivo de rechazo, para poder recoger la muestra de prueba si el detector falla o si el dispositivo de rechazo no funciona correctamente. Si esto es así, se puede introducir la muestra de prueba en el flujo del producto y verificar que la muestra se desvía de hecho hacia el depósito de recogida de rechazos. Las rejillas de retención deben retirarse después de la prueba para no limitar el flujo del producto.

Si no hay tobera de muestras, se deberá definir algún punto de acceso por encima del detector de metales para poder introducir la muestra de prueba. Este punto estará tan cerca como sea posible del punto donde comienza a caer el producto, de forma que la velocidad de la muestra sea idéntica a la del producto. También será necesario algún método para recuperar la muestra de prueba si no se rechaza.

Se debe repetir la prueba un número concreto de veces y para cada tipo de contaminante metálico.

#### 11.9 Producto rechazado durante una prueba normal de verificación

El producto rechazado durante el procedimiento normal de prueba, si está en buenas condiciones, se colocará de nuevo en el flujo del producto antes del sistema de detección de metales, para volverlo a inspeccionar. De ahí en adelante se considerará producto normal.

## 11.10 Prueba de sistemas con seguridad frente a fallos

Se establecerá un método de prueba para cada sistema de seguridad frente a fallos integrado en el sistema de detección de metales.

A continuación, se ofrecen ejemplos de algunos dispositivos de seguridad a prueba de fallos que se pueden incorporar a un sistema de detección de metales y los métodos de prueba correspondientes.

### Chorro de aire o golpeador/empujador con confirmación de rechazo

La prueba se debe efectuar haciendo pasar un paquete de prueba por la línea al tiempo que se interrumpe temporalmente el suministro eléctrico a la electroválvula del mecanismo de rechazo; éste no debe funcionar y la cinta transportadora se debe detener.

Durante la configuración inicial de esta prueba, es importante que se registre la posición en la que se detiene el paquete de prueba. Si esto no ocurre dentro de la cinta del sistema de detección de metales, se deberá conectar al circuito de parada del sistema de confirmación de rechazo el transportador correspondiente que se encuentre a continuación. Esto tiene como objeto asegurarse de que todos los paquetes contaminados por metales se recuperan con facilidad para su estudio, después de un fallo del sistema que produzca una parada de la cinta durante un ciclo de producción.

### Indicador de llenado del contenedor de rechazo

Este sistema se comprobará tapando el haz durante el intervalo requerido, lo cual debe ocasionar la parada de la cinta.

## 11.11 Auditoría del fabricante del detector de metales



Las auditorías de los sistemas de detección de metales realizadas por técnicos de asistencia debidamente formados pueden ser de gran ayuda para el programa global de detección de metales, ya que garantizan que el equipo cumple las recomendaciones del fabricante y las buenas prácticas. Un experto en detección de metales puede muchas veces detectar posibles problemas y sugerir soluciones antes de que los problemas sean visibles para el usuario.

## 11.12 Programas de verificación de rendimiento



Un sistema de detección de metales con un programa incorporado para la verificación del rendimiento puede servir de ayuda para la elaboración de registros y la disciplina de los procedimientos de prueba. Estos programas pueden solicitar automáticamente una prueba a intervalos de tiempo acordados y preestablecidos. El encargado de pruebas autorizado introduce un número personal de acceso en el detector que permite realizar la prueba con las muestras de prueba correspondientes. Si no se prueba el equipo en el intervalo acordado, las consecuencias podrían ser variadas. Se puede obtener documentación impresa que certifique la ejecución de la prueba a través de una impresora local o descargando a un PC central si el detector puede conectarse a red.

## 11.13 Resultados de la prueba

Los resultados de la prueba realizada se deben documentar, para demostrar que se han revisado todos los requisitos del procedimiento de verificación. Entre los registros se incluyen los siguientes:

- Referencia de identificación exclusiva del sistema de detección de metales, como el número de serie o el número CCP
- El producto fabricado
- La fecha y hora de la prueba
- Muestras de prueba utilizadas
- Nombre de la persona que ha realizado la prueba
- Resultado de la prueba, para la detección y para el rechazo
- Resultado de la prueba de los dispositivos de seguridad a prueba de fallos
- Detalles del fallo y las acciones correctoras emprendidas, si procede

Si la verificación o parte de una prueba de verificación falla, debe investigarse inmediatamente la causa y resolverse antes de reanudar la producción. El producto fabricado desde la última prueba satisfactoria se considerará sospechoso y se tratará en consonancia (véase el capítulo 12). Los detalles del fallo y la consiguiente acción correctora se anotarán como parte del registro de la prueba.

Es extremadamente importante anotar con precisión los resultados de la prueba. En el caso de que se presentase una queja de un cliente o una auditoría, el fabricante puede apoyarse en estos registros para probar que se han seguido los procedimientos correctamente y que los sistemas de detección de metales funcionan bien y con el estándar de sensibilidad acordado (véase un ejemplo de una hoja de registro típica en la tabla 11b de la página siguiente).





# Notas



## Capítulo 12

# Tratamiento de productos sospechosos y contaminados

**Si un sistema de detección de metales no pasa una prueba periódica de verificación, se considerarán sospechosos todos los productos que hayan sido procesados en el sistema desde la última prueba. Si el producto ha resultado rechazado por el sistema de detección de metales en el curso de operaciones rutinarias, se considerará contaminado hasta que se demuestre lo contrario. En ambos casos, es importante que se establezca claramente un proceso para tratar la cuestión de seguridad de los productos, desde el punto de identificación, pasando por un estudio de las causas, hasta su resolución final.**

El objetivo de este capítulo es ofrecer orientación práctica sobre las cuestiones relacionadas con el empleo de sistemas de detección de metales. No trata cuestiones más generales relacionadas con la gestión de los productos rechazados, como la identificación y la trazabilidad, la eliminación final del producto, la retirada del producto, etcétera.

Solamente el personal autorizado y debidamente formado debe poder acceder al producto rechazado, para poder emprender evaluaciones e investigaciones posteriores.

Un control adecuado debe garantizar que no se mezcle el producto rechazado con el producto válido.

### 12.1 Acción necesaria si falla la prueba de verificación



Si el sistema de detección de metales no pasa una prueba de verificación periódica y no detecta o rechaza una muestra de prueba, la producción se debe detener. El producto fabricado desde la última prueba correcta de verificación se debe considerar como producto sospechoso, se debe identificar en consonancia y aislar del resto de la producción a la espera de volverse a inspeccionar.

Se deberá determinar la causa del fallo y si se deduce que el fallo ha ocurrido por manipulación o modificación de las condiciones de la producción, se establecerá un procedimiento para evitar que vuelva a ocurrir. Si es posible ajustar el sistema de detección para que vuelva a funcionar correctamente, se hará y se anotará en el registro de la prueba. Si la causa del fallo es una avería del sistema, se deberá reparar antes de reanudar la producción. En ambos casos, el sistema de detección de metales se debe volver a verificar antes de reanudar la producción.

El producto sospechoso se debe volver a inspeccionar en un sistema de detección de metales en buen estado de funcionamiento, con el mismo estándar de sensibilidad operativa que el sistema original empleado en la línea de producción. En el caso de productos envasados e individuales, además se hará pasar el producto por el sistema de detección con la misma orientación.

Cualquier producto que pase esta segunda inspección se considerará aceptable. Por el contrario, los productos rechazados se considerarán contaminados y serán objeto de estudio posterior.

En el caso de que el producto estuviera congelado originalmente o que haya sufrido cambios de temperatura, puede que no sea posible reproducir las condiciones de prueba originales. En estos casos, los procedimientos deben definir el método para realizar una segunda prueba y posterior estudio (por ejemplo, si se debe mantener la congelación, etcétera).

### 12.2 Tratamiento del producto rechazado

Los productos rechazados durante el funcionamiento normal se considerarán contaminados y se someterán a un estudio posterior.

La evaluación del producto rechazado debe efectuarse lo antes posible. El periodo ideal es durante la siguiente hora después del rechazo, pero en cualquier caso durante el mismo turno, y antes de que el lote de producto salga de la planta. A continuación, la mejor acción que puede emprenderse es realizar inmediatamente una investigación del rechazo.



La identificación de la contaminación por inspección visual tiene pocas probabilidades de éxito. Lo mejor es intentar detectar el contaminante con el mismo sistema de detección de metales que rechazó el producto. Si esto no es posible, se utilizará un detector de metales externo a la línea de producción, con la misma sensibilidad empleada, o una superior.

Los productos envasados e individuales pasarán por el sistema de detección de metales con la misma orientación en la cual se inspeccionaron la primera vez. A continuación, pasarán por el detector otras tres veces más, en distintas orientaciones. Así, la comprobación será lo más exhaustiva posible.

Si no se detecta contaminación, el producto se considerará aceptable.



La mejor práctica consiste en deshacerse de los productos rechazados una primera vez por el detector de metales, independientemente de si se rechaza o no en una segunda prueba. No obstante, esto no siempre será factible económicamente, en especial si se están rechazando muchos productos como consecuencia de rechazos erróneos. En tal caso, el productor debe asegurarse de que se toman todas las medidas razonables para que el producto cumpla el estándar de sensibilidad establecido.

Si el producto resulta rechazado en el curso de la investigación, es fundamental encontrar el contaminante.

El material de envasado se retirará y el producto rechazado volverá a pasarse por el sistema de detección de metales. Si el producto se sigue rechazado y no se encuentra el contaminante, el producto se dividirá en porciones cada vez más pequeñas, hasta que se localice el contaminante.

Una vez eliminado el contaminante, se volverá a probar el producto restante para asegurarse de que no contiene más contaminación.

Es importante encontrar e identificar los trozos de contaminante metálico en el producto rechazado por las siguientes razones:

- Si se identifica la fuente de la contaminación, se podrán tomar las medidas necesarias para evitar que vuelva a ocurrir.
- Puede ser una indicación de que se ha roto una máquina.
- Si los operadores de la línea pueden examinar los resultados, aumentará su confianza en el sistema de detección de metales.

### 12.3 Acción correctora y preventiva

En los procedimientos deben definirse claramente las acciones correctoras y preventivas necesarias en el caso

de que se produzca la confirmación de la contaminación metálica. También deben definirse los responsables de discernir la importancia de la contaminación, que podrán retener el producto y decidir su eliminación.

Si se confirma la presencia de contaminación por metales, se debe iniciar de inmediato un análisis de riesgos para determinar la importancia y la posibilidad de contaminación posterior del producto.

Todos los contaminantes encontrados se deben mostrar al personal de la línea para aumentar su confianza en el sistema de detección de metales, y se deben guardar como referencia para el futuro.

La localización y retención de las partículas contaminantes tienen la ventaja añadida de que si, por ejemplo, se sabe que se ha roto un tamiz o una aspa, se pueden recoger los pedazos individuales detectados y recomponer el elemento en cuestión para asegurarse de que se han recuperado todos los trozos.

En los procedimientos, se debe establecer claramente en qué circunstancias se debe detener la producción, en función de la frecuencia de hallazgos de contaminación, la naturaleza del riesgo y el tipo de metal y el tamaño de los trozos hallados. A continuación se facilita un ejemplo de los requisitos de un minorista importante:

#### La producción se detendrá en las siguientes circunstancias:

- Si se detecta más de un contaminante metálico en una línea de producción en menos de 24 horas.
- Si se detecta más de un contaminante metálico del mismo tipo en toda la planta en menos de 24 horas.

El resultado de las investigaciones, incluidos los detalles del contaminante hallado, la fuente de la contaminación y las acciones que se deben emprender, se documentará exhaustivamente para que sirva de referencia futura y para su análisis posterior.



### 12.4 Situación de fallo del sistema de detección de metales

Después de la activación de un fallo en el curso de un proceso de producción normal cuyo resultado sea una parada de la producción, se deberá emprender la acción correctora necesaria, así como la reverificación del sistema. Todo el producto que se encuentre en el flujo de proceso detenido, incluidos los sistemas siguientes (si procede), se debe recoger y volver a pasar por el sistema de detección de metales después de resolver el fallo y haber vuelto a verificar el sistema.

# Capítulo 13

## Análisis de datos y mejora del programa

**La efectividad del programa de detección de metales únicamente se podrá determinar si se realiza una recogida de datos y un análisis de tendencias eficaces. El uso de la información disponible para un cierto periodo de tiempo servirá para determinar la eficacia del programa de detección de metales y, lo que es más importante, será el primer paso para cuantificar en términos económicos el ahorro o el aumento de beneficios generado.**

En este capítulo se identifican los datos que deben analizarse para revisar la eficacia de funcionamiento del programa de detección de metales y se indican algunas de las compensaciones que se obtienen.

### 13.1 Análisis de datos



Existen diversas maneras de recopilar, analizar y utilizar los datos. La forma más eficaz será distinta para cada empresa y dependerá de las necesidades y funciones del negocio. Es de vital importancia que los datos recogidos sean coherentes y que el análisis sea claro, en cuanto a lo que presenta, para conseguir el apoyo del personal de toda la empresa.

Los datos analizados y las acciones resultantes deben comunicarse a los responsables de la recopilación de los datos, a fin de para garantizar un intercambio de datos constante. Si el personal piensa que los datos no se utilizan, cuestionarán su valor en el seno de la empresa, y la disciplina en la recogida y el registro de datos disminuirá.



Siempre que sea posible, se incluirá un elemento de coste en los datos de análisis. Así, el análisis servirá para impulsar iniciativas de mejora y como justificante de gastos adicionales necesarios. Por ejemplo, las quejas de los clientes suponen un coste de 6000 euros, mientras que los rechazos erróneos suponen 14 000 euros en pérdidas de producción en el mismo periodo.

### 13.2 Mejora del programa

A continuación, se ofrecen algunos ejemplos de los tipos de análisis que pueden resultar convenientes para la revisión y mejora del programa de detección. Los mismos principios se pueden aplicar a diversas fuentes de datos.

#### 13.2.1 Quejas de los clientes

Se deberán estudiar todas las quejas de los clientes relacionadas con la contaminación por metales para determinar su causa. La documentación y los registros del programa son de gran ayuda para este estudio e incluso pueden resultar útiles como prueba para defenderse frente a una queja injustificada.

El objeto del estudio debe ser determinar la causa del fallo, identificar si la supervisión de los CCP no es eficaz, poner en evidencia cualquier CCP no identificado previamente o establecer si el tamaño de la partícula metálica es inferior al rendimiento de sensibilidad operativa del sistema de detección de metales.

Se emprenderán las acciones correctoras y preventivas adecuadas y se mejorará asimismo el programa de detección.

Se supervisará a lo largo del tiempo la evolución del número de quejas y las causas identificadas, para asegurarse de que se producen mejoras (figura 13.1) y de que las causas habituales se identifican y se eliminan. Estas acciones pueden reducir las quejas de forma gradual. El objetivo será reducirlas a cero.



Figura 13.1

### 13.2.2 Auditorías de seguridad de los alimentos y del sistema de gestión

Estas auditorías -realizadas normalmente por el departamento interno de calidad, por organismos reguladores externos y por los clientes- facilitan una visión independiente de la eficacia del programa de detección de metales. Los resultados de las auditorías son una fuente de información valiosa, tanto si se reciben en forma de no conformidad oficial, como si se consideran una posibilidad para la mejora. Un análisis continuado de los resultados de las auditorías puede ofrecer garantías adicionales sobre un funcionamiento eficaz o por el contrario identificar los puntos débiles que deben mejorarse.

### 13.2.3 Sucesos de detección

Los sucesos de detección son debidos a contaminantes metálicos reales o a rechazos erróneos ocasionados por interferencias que afectan al propio detector de metales. Éstos podrían tener su origen, por ejemplo, en un ruido eléctrico o una interferencia externa a la instalación o al entorno; por ejemplo, bucles a tierra, infracción de la zona sin metal, etcétera.

La información de los sucesos de detección se recogerá con regularidad y se analizará en un gráfico de tendencias, con objeto de identificar las causas más comunes.

El análisis del tipo de contaminación y de la frecuencia de los sucesos, para cada línea o cada máquina, sirve para identificar el origen de los contaminantes, como la calidad de los proveedores de materias primas, la ineficiencia de los métodos o del personal de producción o la inadecuación de los programas de mantenimiento (figura 13.2).

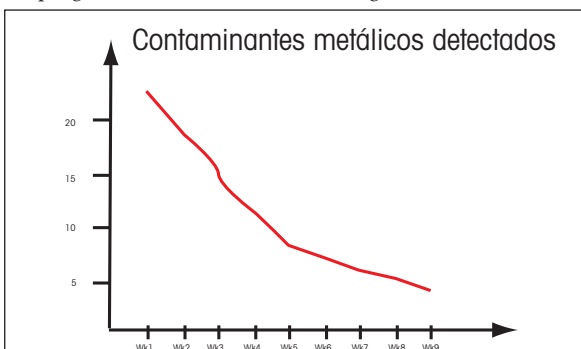


Figura 13.2

Debe establecerse una distinción clara entre los sucesos de rechazo en el curso de la producción normal y los rechazos que ocurren durante las pruebas de verificación rutinarias.

El análisis de los rechazos erróneos puede servir para identificar las instalaciones y equipos deficientes que se han vuelto poco fiables o los sistemas que ya no están a la altura de los estándares impuestos de sensibilidad operativa. Estos datos se pueden usar para justificar la modernización del sistema de detección de metales.

### 13.2.4 Pruebas de verificación

Los resultados de las pruebas de verificación se supervisarán y analizarán de forma continua. Si las pruebas se efectúan con gran frecuencia, por ejemplo cada 30 minutos, y el análisis a lo largo del tiempo muestra que las pruebas son siempre positivas, se deberá considerar la posibilidad de reducir dicha frecuencia. Para ello, se tendrán en cuenta factores como el sistema de seguridad frente a fallos, el control de acceso y el margen de detección, como se expone en la sección 11.6.2.

Se tendrá siempre la precaución de asegurarse de que no se incumple ningún estándar externo ni código de conducta y que los riesgos aparejados son conocidos y aceptables.



### 13.2.5 Registros de mantenimiento

Si del análisis de los registros de mantenimiento preventivo y de los informes de incidentes se deduce que algún elemento del equipo apenas necesita mantenimiento, será suficiente para reducir la frecuencia de mantenimiento dentro del programa, siempre y cuando no se contradigan las recomendaciones del fabricante o la evaluación de riesgos. De igual manera, el análisis puede demostrar que algún elemento precisa un mantenimiento frecuente, en cuyo caso deberá aumentarse la frecuencia.

### 13.2.6 General

Existen muchos otros datos cuyo análisis puede resultar útil. La clave está en centrarse en las áreas en las que se pueda obtener un mayor beneficio, en cuanto a más rentabilidad y menor riesgo.

Un análisis continuado de los datos del programa sirve para identificar causas corrientes subyacentes que pueden no tener un gran significado por sí solas, pero que pueden proporcionar razones para emprender acciones que eviten su aparición en el futuro cuando se considera la frecuencia con la que ocurren.

# Capítulo 14

## Soluciones de conectividad

**En el mercado actual, en el que es tan importante poder rendir cuentas, tiene un valor incalculable el acceso en tiempo real a los datos de producción procedentes de la maquinaria y los operadores en la planta. Estos datos se pueden poner a disposición de toda la empresa para ser usados en los sistemas de gestión, en departamentos alejados y en diversas plantas de producción, para garantizar que todas aquellas personas que gestionan el día a día de la empresa puedan acceder con tan solo pulsar una tecla a información importante de la que puede depender el éxito de su trabajo.**

### 14.1 Importancia de la conectividad

Son evidentes las ventajas de la instalación de sistemas de gestión en la planta y de la integración del equipo de detección de metales en ellos. Un sistema bien diseñado puede incluir funciones para:

- **Gestión remota**
  - Por ejemplo, para modificar la información del producto, poner a cero los contadores, etcétera.
- **Supervisión remota**
  - Supervisión de sucesos de proceso, como por ejemplo, datos de rechazos, pruebas de rendimiento y recuento de paquetes.
  - Supervisión de condiciones de funcionamiento, fallos y advertencias.
  - Comunicación de alertas y advertencias.
  - Exportación de alertas y advertencias a otros dispositivos, como por ejemplo, correo electrónico, avisadores, PDA, etcétera.
- **Recogida y registro de datos**
  - Registro de datos de rendimiento, programas de prueba, etcétera.
  - Proporcionar datos para la trazabilidad de los productos.
  - Proporcionar evidencia de diligencia debida y del cumplimiento de la reglamentación del sector.

### 14.2 Medios de conectividad

Los datos de los detectores de metales se pueden recoger e intercambiar mediante el empleo de dos tecnologías básicas:

- **Comunicaciones serie**

Método tradicional de conexión de cable de datos en un puerto serie (RS232 o RS422) para transferir los datos a través de él hasta un PC o a cualquier otro dispositivo de recogida (figura 14.1).

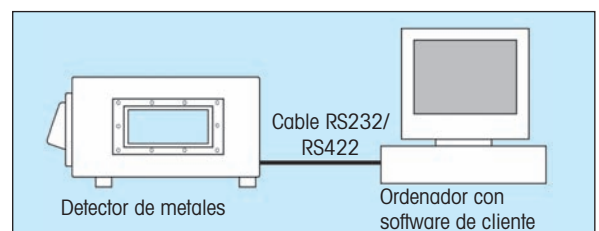


Figura 14.1

- **Comunicaciones Ethernet**

En las modernas plantas de producción, se instalan, con frecuencia, redes Ethernet para la transferencia e intercambio de datos de proceso y fabricación. Los detectores de metales se pueden conectar a dichas redes mediante un adaptador Ethernet instalado en el propio detector. Esto permite visualizar los datos de detección de metales en los PC o en otros dispositivos conectados a la red (figura 14.2).

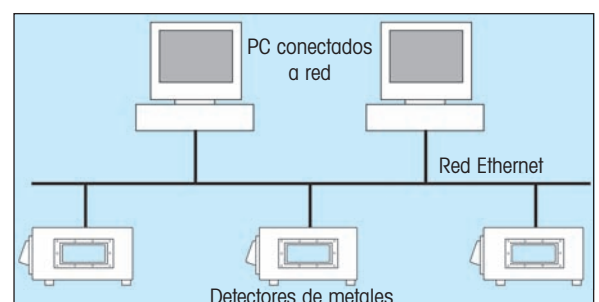


Figura 14.2

### 14.3 Tecnología OPC

En la mayor parte de las plantas de fabricación, se pretende recoger y ver los datos de diversos procesos y aplicaciones en la misma pantalla o interfaz de ordenador. Esto puede plantear problemas ya que es muy posible que los distintos equipos de proceso se comuniquen en distintos lenguajes.

La tecnología OPC soluciona este problema con un controlador que se comunica con todas las máquinas con un lenguaje común. Los datos que recoge el servidor OPC DA se pueden presentar en un formato sencillo en un PC único o distribuir por la red de PC en toda la empresa mediante un software estándar de sistema cliente para la gestión de la fábrica.

Entre las ventajas fundamentales de la tecnología OPC se incluyen:

- Compatibilidad con sistemas SCADA, ERP y MES
- Diseño de sistema de comunicaciones simplificado
- Tecnología estándar que se utiliza en muchos procesos de producción
- Representa una solución estándar y estable
- Se reduce la dependencia de soluciones de varios vendedores
- Solución rentable, que incluye integración de sistemas, asistencia y formación

### 14.4 Sistemas SCADA

Los sistemas de gestión de fábrica SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) se están convirtiendo en habituales en muchos entornos de fabricación. Estos sofisticados sistemas, que se pueden personalizar en gran medida, se pueden usar para proporcionar datos de muchos procesos en una única interfaz, bien por comunicación directa con equipos individuales de proceso, bien mediante la comunicación con la tecnología de servidor OPC.

### 14.5 Soluciones DDE

Los pequeños fabricantes también pueden beneficiarse de las ventajas de las soluciones de conectividad, aunque no tengan instalado ningún sistema de gestión de planta. La tecnología DDE (Dynamic Data Exchange) funciona mediante una sencilla interfaz Microsoft Windows que permite obtener y controlar los datos del detector de metales con aplicaciones como Excel y Access.

El sistema DDE constituye una solución de conectividad rápida y rentable, y que se puede usar como primer escalón para el desarrollo de un sistema SCADA completo.