

Resumen

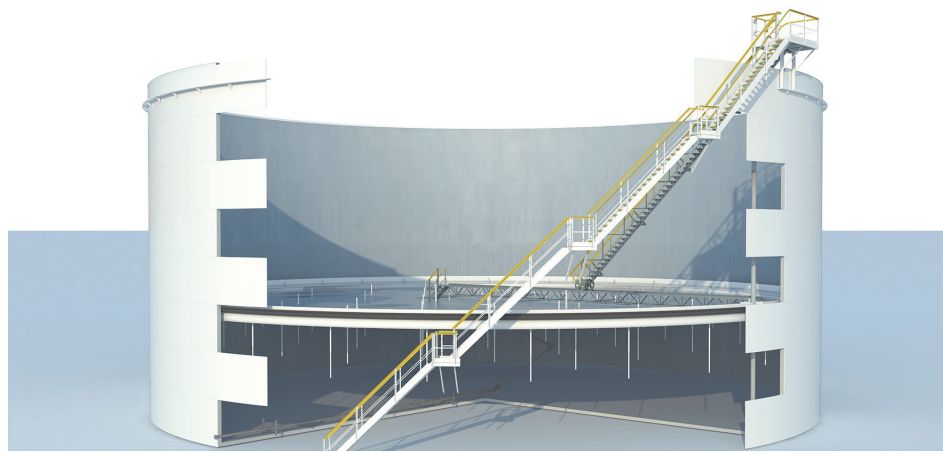
El primer tanque de almacenamiento de techo flotante del mundo fue construido en 1923 y se estima que en la actualidad más de la mitad de todos los tanques de almacenamiento son de este tipo. La seguridad, la economía y la efectividad eran las fuerzas impulsoras detrás de la innovación en esos tiempos y los motivos claves para utilizar los techos flotantes siguen siendo los mismos desde ese momento:

- reducir la pérdida del producto a través de la evaporación;
- aumentar la seguridad reduciendo el riesgo de incendio;
- proteger la salud y el medio ambiente disminuyendo la descarga de vapores.

Hoy, casi cien años después desde su presentación, utilizar los techos flotantes es una práctica común y los beneficios son muy conocidos. Pero realizar el techo flotante, y agregar todas las soluciones mecánicas que son necesarias para hacerlo de forma segura (por ejemplo, patas de techo ajustables, escaleras deslizantes, sistemas de sellado, junta giratoria de tubería de drenaje y muchas otras), inevitablemente ha presentado riesgos que no están presentes en los tanques de techo fijo. Por ende, a pesar de todos sus beneficios, los techos flotantes también son una de las causas principales más comunes de los incidentes de tanques⁽¹⁾. Para los gerentes de planta enfocados en la eficiencia y la seguridad, esto debe ser un motivo de preocupación.

Con un endurecimiento de las reglamentaciones cada vez mayor para las emisiones y la seguridad, se espera que los techos flotantes sean incluso más comunes en el futuro. Combinado con una mano de obra en reducción y un impulso constante por la eficiencia, esto se convierte en un desafío para los operadores de tanques. Los techos flotantes requieren inspecciones periódicas exhaustivas, pero las fallas de la causa principal aún corren el riesgo de pasar desapercibidas hasta que se convierten en una emergencia. Al instalar un sistema de monitorización automática de techo flotante (AFRM), se alertará a los operadores sobre condiciones anormales del techo antes de que ocurra un incidente grave. Esto les permite tomar medidas preventivas para evitar un potencial desastre.

Figura 1-1. Tanque con techo flotante.



1. Techos flotantes en almacenamiento de petróleo, una descripción general de los tipos de techos, modos de falla, causas de fallas y tecnología para la prevención de incidentes. Consultoría PEMY, 2018.

Riesgos y mitigación

El techo flotante es una causa común de incidentes de tanques porque es la “parte móvil” de un tanque de almacenamiento de petróleo. Si bien los incidentes que incluyen techos flotantes no siempre resultan en lo que podría llamarse un “accidente grave”, siempre resultan en una interrupción del negocio y normalmente son bastantes costosas en términos del impacto financiero y operativo.

Incluso algo aparentemente insignificante como un descarrilamiento de las escaleras que conducen hacia el techo del tanque tiene un gran impacto en la operación normal. El descarrilamiento puede suceder en una etapa temprana si el techo comienza a inclinarse.

Por ende, garantizar una operación segura de los techos flotantes es una acción crítica para mejorar la seguridad y la eficiencia en las instalaciones de almacenamiento de petróleo. Por ejemplo, los datos de la industria indican que los incendios de aros ocurren a una tasa de alrededor de 1-10 cada 1000 años de tanque.⁽¹⁾ En otras palabras, en una instalación con 100 tanques, se pueden esperar de 1-10 incendios de aros en un período de diez años.

La Asociación internacional de productores de petróleo y gas (IOGP) ha investigado la frecuencia de incidentes de los tanques de techos flotantes⁽²⁾ y resume que cada año, aproximadamente:

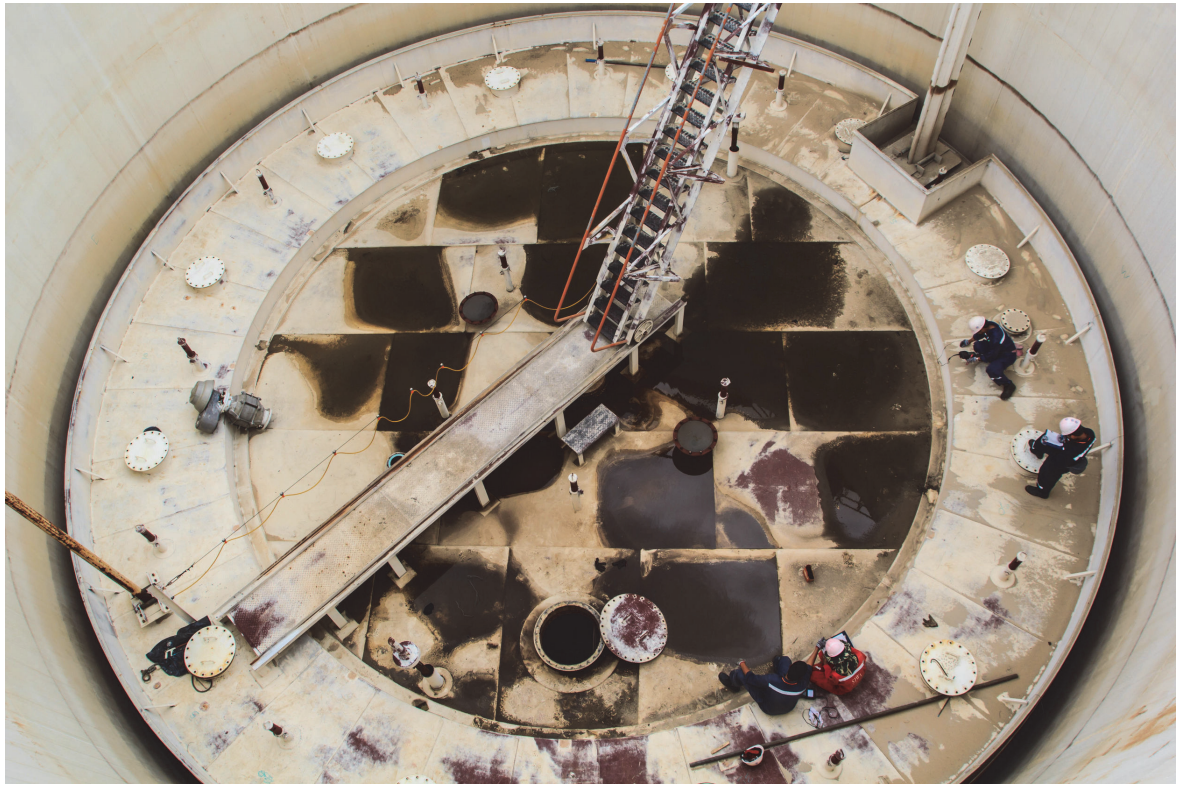
- 1 de 625 tanques tendrán derrames de líquidos en el techo flotante;
- 1 de 900 techos flotantes se hundirán;
- 1 de 8300 tanques desarrollarán un incendio de superficie total.

Prevenir y mitigar los incidentes de techo flotante de hecho es relativamente simple, en teoría. La forma estándar de reducir la probabilidad de incidentes es inspeccionar rutinaria y exhaustivamente el techo flotante. Esto incluye mediciones como aperturas de la escotilla de acceso en compartimentos de pontones para inspeccionar adentro y realizar pruebas atmosféricas, inspeccionar patas de techos y reguladoras de vacío, garantizar la función correcta de la escalera deslizante, verificar/probar las partes accesibles de los sellos, verificar la corrosión en todas las costuras y soldaduras y muchas otras tareas. En pocas palabras, es un trabajo extenso que debe ser llevado a cabo regularmente según las directivas de seguridad y mantenimiento de la planta.

1. Documento de posición sobre la ingeniería de riesgos – 01, Tanques atmosféricos de almacenamiento. Marsh & McLennan Companies, 2015.

2. Directorio de datos de evaluación de riesgo de OGP, Informe n.º 434-3, Frecuencias de incidentes de almacenamiento. Asociación internacional de productores de petróleo y gas, 2010.

Figura 1-2. Inspección y mantenimiento de un techo flotante.



Desafortunadamente, dichas inspecciones a menudo no se llevan a cabo de forma regular. Los motivos de esto pueden ser, por ejemplo:

- riesgos de seguridad para los operadores para bajar al techo flotante;
- proceso extenso de autorización para obtener acceso;
- la gestión no entiende la probabilidad y/o las consecuencias de un incidente;
- la actividad disminuye el resultado final;
- no hay suficientes operadores para priorizar este trabajo;
- los parámetros de operación no son los correctos para la inspección (por ejemplo, si el tanque está en servicio, se prefiere ingresar al techo cuando el tanque está lleno).

No realizar inspecciones rutinariamente causará problemas en una etapa posterior. Cuando no se llevan a cabo las inspecciones, no se descubren fallas menos críticas que podrían haber sido reparadas. A medida que pasa el tiempo, estas luego pasarán a ser eventos más graves.

Al final, esto genera que los operadores sean tomados por sorpresa por una emergencia “repentina”, en lugar de haber resuelto el problema programando una reparación como parte del mantenimiento de rutina. De hecho, es raro que sucedan los incidentes repentinamente sin que haya signos de advertencia que pudieron haberse descubierto antes⁽¹⁾.

La “naturaleza creciente” de las fallas del techo flotante y la dificultad de la inspección se convierte en una causa aún más grande de preocupación cuando se combina con los desafíos de la industria del almacenamiento a granel hoy en día:

- las regulaciones más estrictas sobre emisiones requieren sellos de anillos más ajustados, lo que aumenta el riesgo de que el techo se atasque;
- un enfoque constante en la seguridad significa que las inspecciones en el campo son consideradas cada vez más riesgosas;
- los costos y las consecuencias comerciales de un incendio o un incidente similar aumentan constantemente;
- menos personal con menos experiencia ya que el personal senior se jubila.

Es evidente que algo debe cambiar. Ha llegado el momento de que la automatización también llegue al techo flotante. Un sistema de monitorización automática de techo flotante (AFRM) significa que los operadores pueden estar seguros de que sus tanques de techo flotante están funcionando según lo previsto. Extiende la monitorización continua, en todo momento de los techos y las alarmas automáticas conectadas directamente a la sala de control proporcionan un aviso inmediato si un techo flotante muestra un comportamiento anormal.

Monitorización automática de techo flotante (AFRM)

El sistema de monitorización automática detecta lo bien que el techo flota. Los detalles varían dependiendo de la tecnología que se utiliza, pero en general, se mide si y cuánto se inclina el techo. Un techo que se inclina más de lo normal es uno de los indicadores tempranos de que algo es inapropiado; por ejemplo, un pontón puede ser perforado, puede haber líquido que se acumule en la plataforma o puede haber vapor atrapado bajo el techo. Un sistema AFRM puede brindar una advertencia temprana de que el techo está fuera de los parámetros operativos normales, lo que debería activar el envío de personal para realizar una inspección.

Los medidores de nivel por radar son los instrumentos estándar para la medición de nivel en tanques de almacenamiento a granel, una tecnología demostrada que se utilizó por décadas en las terminales de todo el mundo. Los medidores de nivel por radar también son adecuados para detectar la inclinación de los techos flotantes. Se colocan tres o más medidores de nivel por radar de forma uniforme alrededor del perímetro del techo. Los datos del medidor se envían a la sala de control y al software de interfaz del operador, en donde se hace un seguimiento de la inclinación del techo

1. *Techos flotantes en almacenamiento de petróleo, una descripción general de los tipos de techos, modos de falla, causas de fallas y tecnología para la prevención de incidentes. Consultoría PEMY, 2018.*

mediante una comparación automática de las mediciones de distancia. Se pueden configurar las alarmas para advertir a los operadores si la inclinación excede un valor predeterminado, lo que indica que el techo no está operando de forma normal.

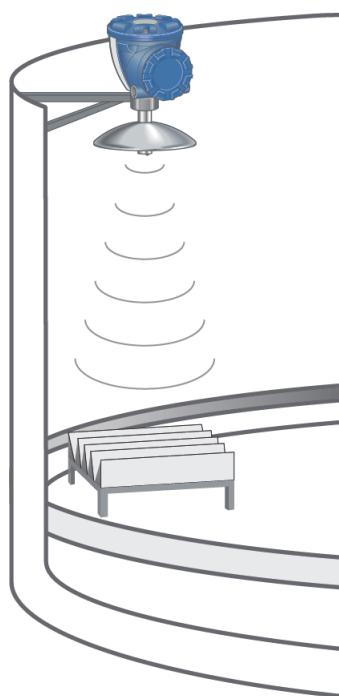
Un beneficio adicional de usar el radar para la monitorización del techo flotante es que ofrece dos opciones diferentes para la instalación. Se puede utilizar una solución de radar sin contacto o una solución de radar por onda guiada dependiendo de cuál es la más adecuada para cada tanque.

La monitorización del techo flotante con un radar sin contacto

Instalación

En este caso los medidores se acoplan a la cápsula del tanque en la parte superior del tanque o, si es un tanque de techo flotante interno, al techo del tanque externo. Normalmente, se montan tres radares sin contacto como los medidores de nivel por radar Rosemount™ 5900S o 5900C con una separación de 120 grados alrededor del borde del tanque. En el caso de un tanque de techo flotante externo, ilustrado en [Figura 1-3](#), los medidores normalmente se montan en un brazo giratorio para crear un espacio libre de la pared del tanque y, al mismo tiempo, permitir al personal alcanzar el medidor con fines de mantenimiento. Se coloca un soporte de reflector en el techo del tanque debajo de cada medidor de nivel por radar. Esto garantiza una medición precisa sin que se vea afectada por ningún objeto que sobresalga en la superficie del techo.

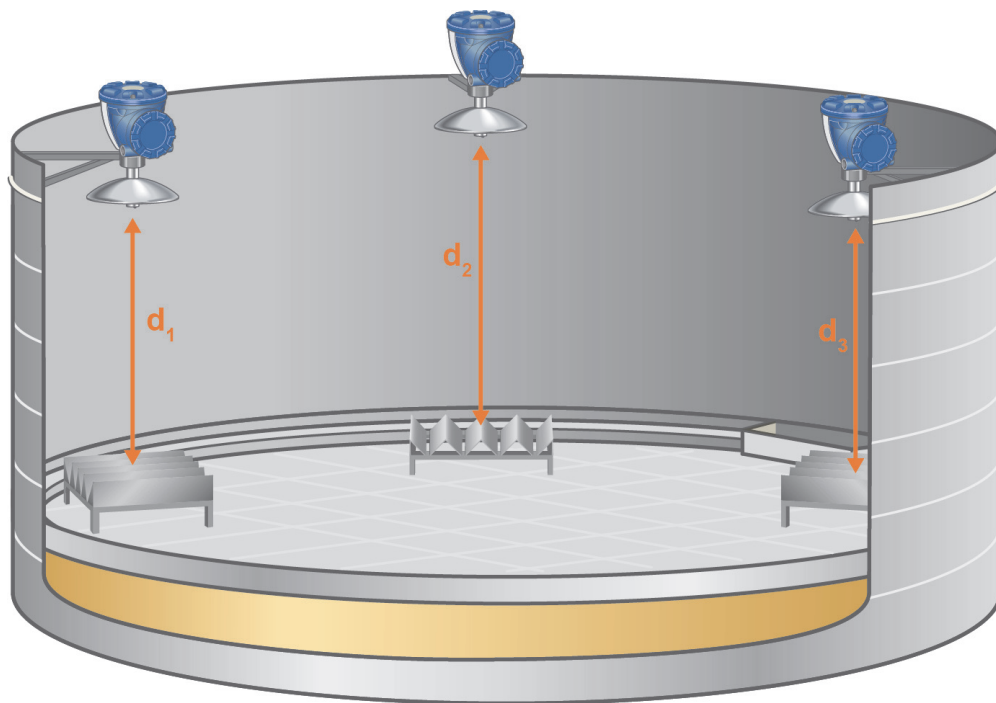
Figura 1-3. Instalación del radar en el tanque de techo flotante externo.



Principio de detección de inclinación

Los medidores de nivel por radar sin contacto miden la distancia hasta el techo flotante, ver [Figura 1-4](#). Luego se hace un seguimiento de la inclinación del techo comparando las distancias d_1 , d_2 y d_3 .

Figura 1-4. El sistema de monitorización de techo flotante con medidores de nivel por radar sin contacto.



Aplicaciones recomendadas

La medición de distancia con medidores de nivel por radar sin contacto es una tecnología que ha demostrado ser muy confiable. Es adecuada tanto para tanques de techo flotante externos como internos y para cualquier tamaño de tanque.

Límites de alarma y precisión del sistema

Hay muchos factores que influyen en la precisión de la medición del sistema de monitorización. Debe tenerse en cuenta cuando se configuran los límites de la alarma para cada tanque. Estos factores incluyen, por ejemplo:

- Pared del tanque y movimientos del techo: los grandes tanques de almacenamiento siempre tienen algún movimiento del techo y las paredes debido al sol y la sombra que causan expansión o contracción por calor.
- Condiciones climáticas: los vientos y las lluvias fuertes pueden hacer que el brazo giratorio, el techo flotante y la pared del tanque se muevan o se inclinen.
- Nivel de llenado del tanque: las paredes del tanque se abultarán a medida que el tanque se llene, lo que causa movimientos de los medidores montados en la pared.
- Inestabilidad inherente del techo flotante: un techo flotante nunca está al 100% del nivel. Siempre habrá una inclinación de pocos grados presente incluso en condiciones “perfectas”.

Esto significa que no se puede proporcionar una cifra general para lo que es una “inclinación excesiva”; esto simplemente variará mucho entre los diferentes sitios e incluso los diferentes tanques. La mejor manera de determinar límites adecuados de alarma es hacer un seguimiento de los movimientos de techo después de la instalación y luego establecer el límite en función de la inclinación típica que ocurre para cada tanque individual durante la operación normal.

Comunicación

Con la instalación de un radar sin contacto, la transmisión de datos del tanque a la sala de control se puede realizar con tecnología con cable e inalámbrica dependiendo de lo que sea más adecuado.

Capacidades adicionales

La solución del radar de no contacto también puede hacer un seguimiento de la flotabilidad del techo, por ejemplo, si el techo flota más alto o más bajo de lo normal. Esto requiere que se instale un medidor de tanque separado para la medición de nivel común, midiendo el nivel del producto a través de un tubo tranquilizador (Figura 1-5 en la página 8). Al comparar el nivel de producto desde el medidor de tanque (d_4) hasta la distancia del techo de los medidores de inclinación ($d_{1,2,3}$) se puede determinar si el techo está flotando más alto o más bajo de lo normal.

El sistema sin contacto también podría configurarse para funcionar como un sensor de prevención contra el sobrellenado. En los tanques en los que no es posible instalar un sensor de sobrellenado que mida el nivel del líquido directamente, se podrían configurar los medidores de inclinación para activar una alarma de sobrellenado si el techo flotante sube por encima de la máxima altura permitida.

Figura 1-5. Monitorización sin contacto con el medidor de tanque automático como referencia para el cálculo de la flotabilidad del techo.

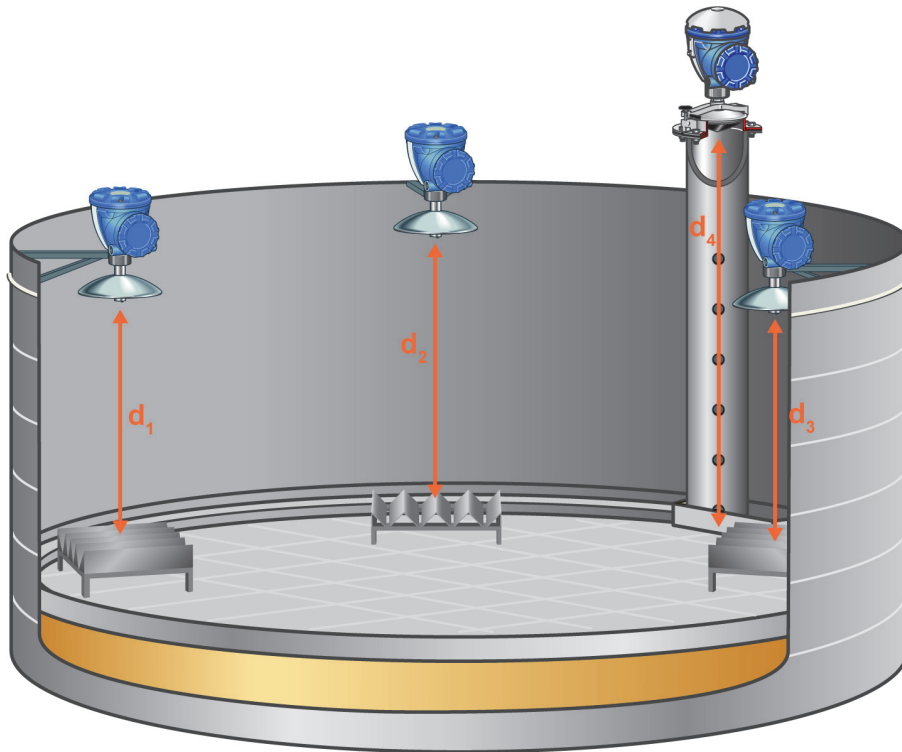


Figura 1-6. Monitorización del techo flotante medidor de nivel por radar Rosemount 5900C.

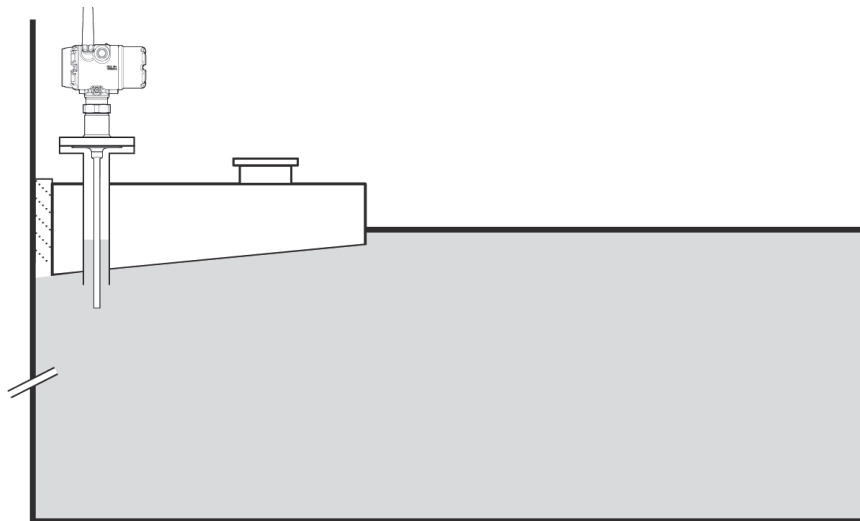


Monitorización del techo flotante con un radar por onda guiada

Instalación

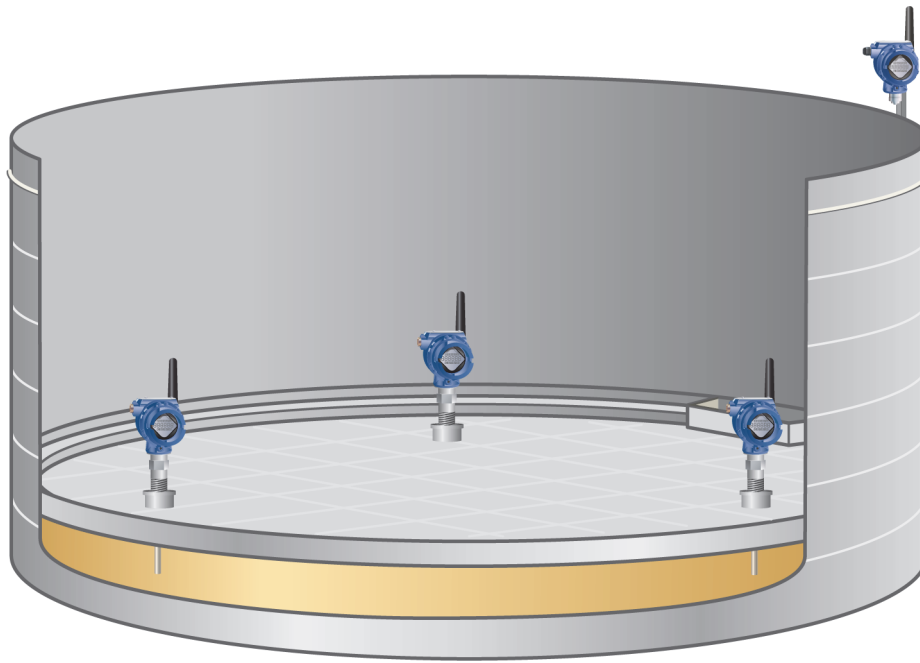
En el caso de un radar por onda guiada, los medidores de radares se instalan directamente en la parte superior del techo flotante. Se instalan tres o más transmisores tipo radar por onda guiada inalámbricos y alimentados por batería, como el radar por onda guiada inalámbrico Rosemount 3308, en boquillas espaciadas de forma uniforme alrededor del perímetro del techo. Los transmisores tipo radar por onda guiada tienen sondas rígidas que penetran a través del techo y en el líquido abajo (Figura 1-7).

Figura 1-7. Instalación de radar por onda guiada para la monitorización automática del techo flotante (AFRM).



Utilizar los dispositivos inalámbricos permite la instalación sin necesidad de un cableado flexible que pueda hacer frente al movimiento del techo. Un repetidor inalámbrico, como el transmisor discreto inalámbrico Rosemount 702, montado en la parte superior del tanque, garantiza que cuando el techo está en una posición baja, los transmisores de radar aún puedan enviar de forma ininterrumpida datos a la sala de control aunque los dispositivos estén por debajo del borde superior de la cápsula del tanque (Figura 1-8 en la página 10).

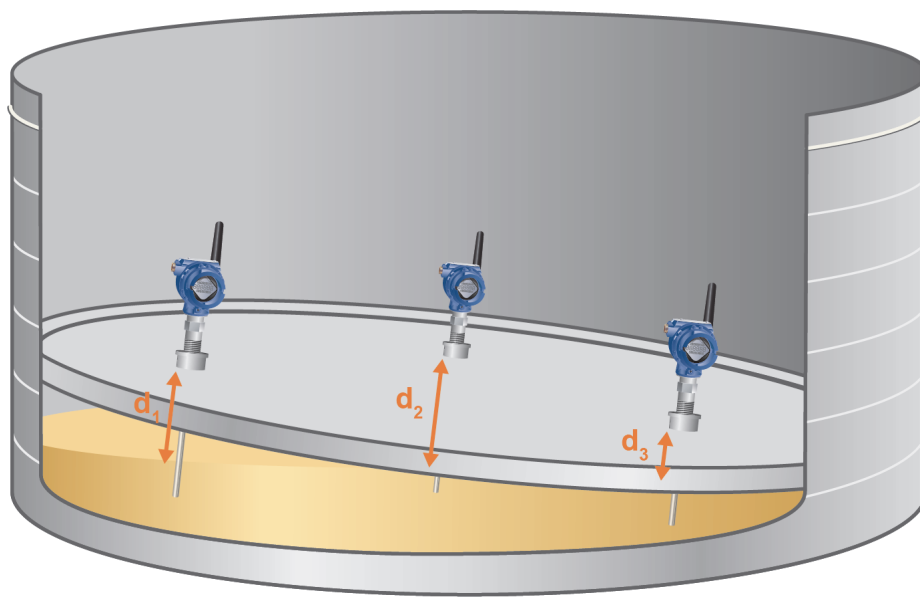
Figura 1-8. Sistema AFRM con transmisor tipo radar de onda guiada y repetidor inalámbrico.



Principio de detección de inclinación

El radar por onda guiada mide el volumen vacío, la cantidad de “espacio libre” en la boquilla por encima de la superficie líquida. Si el techo comienza a inclinarse, los transmisores de radar registrarán una desviación de las distancias d_1 , d_2 y d_3 como se muestra en [Figura 1-9](#).

Figura 1-9. Detección de inclinación con radar por onda guiada.



Aplicaciones recomendadas

La monitorización del techo flotante con radar por onda guiada es adecuada para los tanques de techo flotante externos de cualquier tamaño.

Límites de alarma y precisión del sistema

Muchos de los factores que influyen en la precisión de la solución sin contacto aplican también a este caso. El sistema tiene una “variación natural” que depende de condiciones independientes del techo flotante en sí mismo, como el sol, la sombra, el viento, el nivel de llenado y más.

Determinar el rendimiento del sistema y establecer un nivel de alarma, por ende, debería realizarse de acuerdo con el mismo principio que la solución sin contacto: primero monitorear la inclinación durante la operación normal y luego establecer los límites de la alarma en base a lo que se determina que es un comportamiento normal de cada techo flotante.

Comunicación

Si ya existe una red inalámbrica en el sitio, la integración de un sistema de monitorización automática de techo flotante con radares por onda guiada inalámbricos normalmente es rápida y sencilla. Si no, normalmente, solo se deben instalar algunos repetidores y una puerta de enlace para una transferencia confiable de datos a la sala de control.

Capacidades adicionales

La solución de radar por onda guiada también puede medir la flotabilidad del techo. Dado que los medidores se instalan directamente en el techo flotante y miden el espacio libre (volumen vacío) en las boquillas, un sistema de radar por onda guiada no necesita un medidor de tanque de referencia para esta tarea.

Soluciones adicionales para la monitorización de techos flotantes

La inclinación del techo no es la única variable que vale la pena monitorear. Los sensores adicionales pueden brindar valor agregado y más información sobre el estatus del techo. Por ejemplo, los tanques de techo flotante externos a menudo tienen agua de lluvia que se acumula en el techo. Se debe desagotar el agua pero si el sistema de drenaje está bloqueado, el agua puede acumularse en el techo y generar corrosión (Figura 1-11 en la página 13). Si hay suficiente agua, incluso puede desestabilizar el techo. Agregar un interruptor de nivel a un sumidero de drenaje es una forma simple de saber si el nivel del agua en el sumidero aumenta y rebasa al techo. Para este uso, los instrumentos inalámbricos, como el detector de nivel inalámbrico Rosemount 2160 brinda una rápida instalación, un rendimiento confiable y una vida útil prolongada de la batería (Figura 1-11 en la página 13).

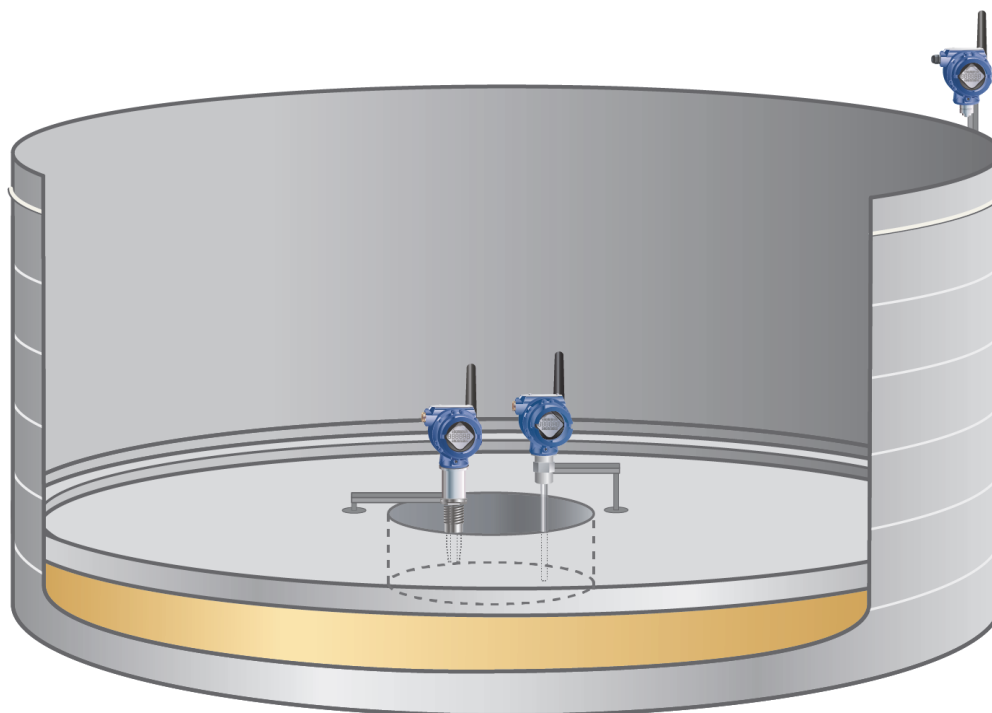
Figura 1-10. Un drenaje de techo que funciona mal es un problema común.



La capacidad de detectar los hidrocarburos en el techo y en el sumidero de drenaje además es otra función que brinda información valiosa sobre la condición del techo flotante. Si están presentes los hidrocarburos, puede significar que el tubo de drenaje o la plataforma tiene fugas. Sea cual fuere el caso, se necesita actuar rápidamente para limitar las emisiones, evitar pérdida del producto y contaminación y evitar una intensificación del problema. Un sensor de hidrocarburos inalámbrico brinda una instalación simple en la parte superior del techo flotante y disparará la alarma de forma rápida y confiable. Por ejemplo, se podría utilizar un transmisor discreto inalámbrico Rosemount 702 con detección de hidrocarburos líquidos.

Ambos interruptores de nivel y los detectores de hidrocarburos están disponibles en versiones con batería con comunicación inalámbrica. Esto brinda una gran sinergia con la solución de radar por onda guiada inalámbrico para la monitorización de la inclinación del techo, ya que siempre se instalará una red inalámbrica con repetidores y puertas de enlace.

Figura 1-11. Monitorización del sumidero de drenaje con instrumentos inalámbricos.



Interfaz del usuario

La interfaz del operador en el sistema de monitorización del techo flotante es el software Rosemount TankMaster™ (Figura 1-12 en la página 14). TankMaster realiza toda la monitorización y el cálculo de inclinación automáticamente y alerta al operador si hay una desviación. TankMaster tiene pantallas específicas que muestran el estatus de los techos flotantes y el software ofrece la siguiente funcionalidad de alarma:

- inclinación de techo;
- flotación del techo más alta de lo normal;
- flotación del techo más baja de lo normal;
- alto nivel de líquidos en el sumidero de drenaje del techo;
- hidrocarburos en el sumidero de drenaje del techo/en el techo.

Figura 1-12. Interfaz del usuario de los FRM en Rosemount TankMaster.



Comparación de radar sin contacto con radar por onda guiada

El tipo de instalación preferido varía de acuerdo al sitio o incluso de acuerdo al tanque. Por ejemplo, si la infraestructura de la medición de tanques con cable ya está instalada, es posible que la instalación de un radar sin contacto sea la más adecuada. O si las redes de IEC 62591 (WirelessHART) ya están usadas en los tanques de almacenamiento, la instalación muy probablemente será más rápida con la alternativa del radar por onda guiada. De cualquier modo, el sistema es flexible y los tipos de instalación mezclados compatibles entre sí en el mismo sitio son admitidos completamente. Cuando se considera qué tipo de instalación es la más adecuada, se puede utilizar la siguiente comparación como guía:

	Instalación con radar de no contacto	Instalación con radar por onda guiada
Cantidad de dispositivos de radar	Mín. 3, máx. 6	Mín. 3, máx. 6
Instalación	En la parte superior de la cápsula del tanque o a través del techo del tanque externo (fijo)	Directamente en el techo flotante
Flotabilidad del techo de carril	Sí – requiere indicador de referencia	Sí
Puede funcionar como alarma de sobrellenado	Sí	No
Transmisión de datos	Cableado o inalámbrico	Tecnología inalámbrica
Adecuado para tanques de techos flotantes externos	Sí	Sí
Adecuado para tanques de techos flotantes internos	Sí	No

Conclusión

La monitorización automática de techos flotantes (AFRM) es otra manera en la que la tecnología aumenta la seguridad y la eficiencia en los tanques de almacenamiento. En lugar de confiar en las inspecciones manuales que llevan tiempo, son caras y potencialmente inseguras, la monitorización automática brinda tranquilidad a través de una verificación en tiempo real, en todo momento de que el techo está funcionando de forma normal.

El beneficio clave de usar el radar es que brinda una monitorización proactiva. Mientras que los interruptores, los detectores de líquidos y la vigilancia de vídeo son reactivos y solo dispararán la alarma cuando el producto ya esté en la plataforma, los sistemas basados en radares brindan advertencias tempranas de forma inmediata si el techo se desvía del comportamiento normal. Esto permite que se tomen medidas preventivas: enviar a los operadores para realizar una inspección detallada y luego planificar las reparaciones como parte del cronograma de mantenimiento común, y así evitar fallos más graves del techo flotante.

Ahora, gracias a las comunicaciones y los dispositivos inalámbricos, agregar la monitorización las 24 horas, los 7 días de la semana a los tanques de techo flotante nunca ha sido más fácil. Por ende, es posible obtener todas las ventajas que ofrecen los techos flotantes y, al mismo tiempo, minimizar los riesgos que anteriormente eran una consecuencia inevitable de su uso.

Figura 1-13. Productos adecuados para la monitorización de techos flotantes, radares sin contacto y radares por onda guiada inalámbricos.



Rosemount 5900S con antena parabólica

Rosemount 5900C con antena parabólica

Rosemount 3308 con sonda coaxial

Para obtener más información sobre las soluciones de monitorización de techo flotante de Emerson, visite

<http://www.emerson.com/en-us/automation/measurement-instrumentation/tank-gauging-system/about-rosemount-tank-gauging-system>.

Sede central mundial y Oficina regional en Europa - Medición de tanques

Emerson Automation Solutions

Box 150

(Dirección para visitas: Layoutvägen 1)

SE-435 23 Mölnlycke

Suecia

+46 31 337 00 00

+46 31 25 30 22

Sales.RTG@Emerson.com

Oficina regional en Norteamérica - Medición de tanques

Emerson Automation Solutions

6005 Rogerdale Road

Mail Stop NC 136

Houston, Texas 77072 EE. UU.

+1 281 988 4000 o +1 800 722 2865

Sales.RTG.HOU@Emerson.com

Oficina regional en Latinoamérica

Emerson Automation Solutions

1300 Concord Terrace, Suite 400

Sunrise, FL 33323, EE. UU.

+1 954 846 5030

+1 954 846 5121

RMTLAContactUS@Emerson.com

Oficina regional en Asia-Pacífico

Emerson Automation Solutions

1 Pandan Crescent

Singapur 128461

+65 6777 8211

+65 6777 8211

Specialist-OneLevel.RMT-AP@Emerson.com

Oficina regional en Medio Oriente y África

Emerson Automation Solutions

Emerson FZE

P.O. Box 17033

Jebel Ali Free Zone - South 2

Dubái, Emiratos Árabes Unidos

+971 4 8118100

+971 4 8865465

RTGMEA.Sales@Emerson.com

00870-0609-5100, Rev. AA, mayo de 2018

ROSEMOUNT™



Linkedin.com/company/Emerson-Automation-Solutions



Twitter.com/Rosemount_News



Facebook.com/Rosemount



Youtube.com/user/RosemountMeasurement



Google.com/+RosemountMeasurement

Los términos y condiciones de venta estándar se pueden encontrar en la [página Términos y condiciones de venta](#).

El logotipo de Emerson es una marca comercial y de servicio de Emerson Electric Co. TankMaster, Rosemount y el logotipo de Rosemount son marcas comerciales de Emerson.

FOUNDATION Fieldbus es una marca comercial de FieldComm Group.

Modbus es una marca comercial registrada de Modicon Inc.

Todas las demás marcas son de sus respectivos propietarios.

© 2018 Emerson. Todos los derechos reservados.



EMERSON™