

Directriz de pesaje



Integración satisfactoria del pesaje
para depósitos, recipientes y reactores

METTLER TOLEDO

Contenido

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Resumen ejecutivo | 5 |
| 2 | Pesaje, la tecnología más versátil | 6 |
| 3 | Básculas del proceso típicas | 7 |
| 4 | Selección de un proceso de trabajo por lotes adecuado | 8 |
| | Introducción | 8 |
| | Trabajo simultáneo por lotes | 9 |
| | Trabajo secuencial por lotes | 9 |
| | Trabajo acumulativo por lotes | 9 |
| | Resumen | 10 |
| 5 | Comprensión de los fundamentos de la tecnología | 12 |
| | Restauración de la fuerza magnética | 12 |
| | Banda extensométrica | 13 |
| | PowerMount™ | 14 |
| 6 | Selección del sensor de pesaje/báscula correctos | 15 |
| | Células de carga de un solo punto | 16 |
| | Básculas de sobremesa y de sobresuelo | 17 |
| | Células de carga y módulos de pesaje de compresión | 18 |
| | Células de carga y módulos de pesaje a tracción | 20 |
| 7 | Consejos para el diseño y la instalación de las básculas | 21 |
| | Colocación de tuberías | 21 |
| | Soporte estructural | 22 |
| | Depósitos de pesaje portátiles | 23 |
| | Capacidad de los sensores | 23 |
| | Calibración | 24 |
| 8 | Influencia del material y el cargador en la precisión . . | 26 |
| | Materiales | 26 |
| | Cargadores | 26 |
| 9 | Velocidad frente a precisión | 27 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 10 | Control del proceso | 28 |
| | Proceso de llenado | 28 |
| | Carga rápida y fina | 29 |
| | Derrame | 29 |
| | Agitado | 29 |
| | Control | 30 |
| | Terminales | 32 |
| | Conversión A/D y filtrado | 32 |
| | E/S digitales | 33 |
| | Conectividad | 33 |
| | IND780batch | 33 |
| | Controlador IND780Q.iMPACT | 34 |
| | | |
| 11 | Recipientes para reactores químicos | 35 |
| | Tipos de reactores y aplicabilidad de la tecnología de pesaje | 35 |
| | Peso muerto | 36 |
| | Sistemas de fluidos múltiples | 37 |
| | Fluidos de calentamiento/refrigeración | 37 |
| | Atmósfera | 37 |
| | Temperatura | 38 |
| | Vibración | 39 |
| | | |
| 12 | Requisitos de certificación | 40 |
| | | |
| 13 | Referencias | 41 |



Razones para leer estas pautas

Estas pautas están dirigidas a los usuarios finales que tienen previsto adquirir depósitos y recipientes, así como a los fabricantes de máquinas, como ayuda para evaluar su equipo de proceso actual y a considerar soluciones alternativas.

Para los usuarios finales, las pautas proporcionan una visión general sobre la terminología más frecuente y las distintas tecnologías disponibles, así como especialmente sobre las ventajas y desventajas de cada una. De esta forma, estarán bien informados a la hora de dialogar con proveedores potenciales y podrán crear solicitudes de presupuestos profesionales.

Los fabricantes recibirán información útil sobre cómo optimizar las prestaciones de su equipo de proceso. Estas pautas también ayudan a explicar la relación entre velocidad y precisión, así como otros factores que influyen en las prestaciones globales de las básculas del proceso.

Resumen ejecutivo

El control de los procesos por pesaje presenta muchas ventajas con respecto al método volumétrico, incluidas la precisión y la simplificación del control de procesos estadístico y la trazabilidad. Se procesa una amplia variedad de materiales, incluidos líquidos, gases y sólidos, que se someten a una variedad casi ilimitada de procesos. El pesaje es la única tecnología universal que se puede usar con independencia del material. METTLER TOLEDO, con su amplia gama de productos y tres tecnologías de pesaje aprobadas internacionalmente, puede superar el reto de casi cualquier requisito de control de procesos que pueda tener.

Pesaje, la tecnología más versátil

En muchas industrias de transformación, los depósitos o los recipientes de reacción química forman el núcleo de las operaciones de fabricación. Las transferencias precisas de materiales desde y a estos recipientes resultan importantes, si no cruciales, para mantener la homogeneidad, la calidad y la conformidad con normativas de los productos. Además, una báscula puede contribuir en gran medida a la eficacia de la fabricación, por ejemplo, reduciendo el uso de material y la chatarra y manteniendo inventarios exactos.



Figura 1: báscula para depósitos típica



Figura 2: báscula para depósitos para suelo

En los depósitos y los recipientes se pueden emplear caudalímetros o básculas de pesaje para controlar el llenado y el vaciado. Los caudalímetros volumétricos están sujetos a varios inconvenientes que se pueden evitar mediante el pesaje. A continuación se muestran algunas ventajas del pesaje:

- La tecnología de pesaje es universal en el sentido de que la misma báscula se puede usar para pesar líquidos, sólidos o gases o cualquier mezcla de estos.
- A diferencia de la mayoría de caudalímetros, en las básculas de pesaje no influyen los cambios en las propiedades de los materiales, como la densidad, la viscosidad, los gases incorporados y la formación de espuma.
- El equipo de pesaje no está en contacto con el material, de modo que el rendimiento no se menoscaba debido a materiales corrosivos o abrasivos.
- Una báscula para depósitos le indica directamente la masa de material presente en cualquier momento. No depende del cálculo de un valor basado en el flujo, el tiempo y la densidad de las entradas y salidas de cada material. Si el flujo es errático o se interrumpe de forma inesperada, no hay ninguna incertidumbre respecto al peso contenido en una báscula para depósitos.
- El pesaje es más preciso y puede funcionar en un rango de tolerancia menor.
- El pesaje se puede usar en aplicaciones comerciales (legales para el comercio) si es necesario.
- El equipo de pesaje se puede calibrar y comprobar in situ, sin necesidad de enviarlo a calibrar.

Por supuesto, el pesaje tiene ciertas limitaciones que se tratarán más adelante. Estas pautas se centran en depósitos y recipientes del proceso con tamaño pequeño a mediano y en cómo la tecnología de pesaje se puede aplicar correctamente. Los depósitos y los recipientes de proceso suelen estar asociados a la manipulación de líquidos, pero también se pueden añadir gases y sólidos. No obstante, la salida suele ser un líquido o compuestos acuosos que fluyen con relativa facilidad.

Básculas del proceso típicas

En la figura 3 se muestra una báscula para depósitos típica en la que el depósito descansa sobre módulos de pesaje conectados a un terminal.

El terminal supervisa el peso del depósito y controla las válvulas de llenado. Estas básculas se denominan como básculas de pesaje directo o de pesaje aditivo y se suelen emplear para operaciones de trabajo por lotes. Una báscula para depósitos puede ser independiente (como la que se muestra) o bien puede estar integrada de diversas formas en un sistema más grande que incluya, por ejemplo, un controlador lógico programable (PLC).

La figura 4 es idéntica con la excepción del terminal que controla la válvula de descarga. Esta se denomina báscula de pesaje de salida o de pesaje sustractivo. Aquí, la báscula podría usarse para ofrecer una cierta cantidad de material lo más pronto posible para rellenar contenedores o podría suministrar material con un flujo controlado a un proceso posterior.

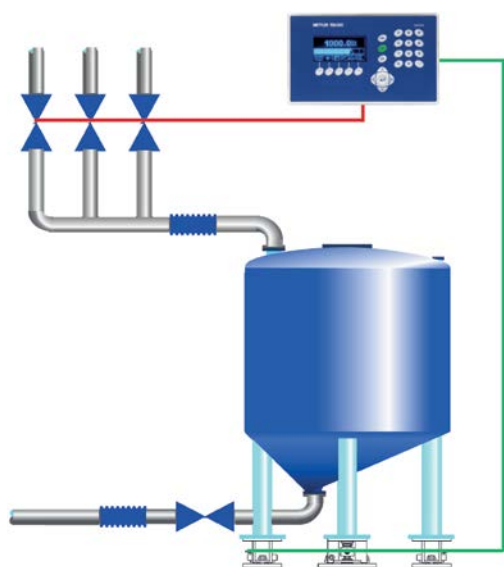


Figura 3: báscula para depósitos para pesaje directo

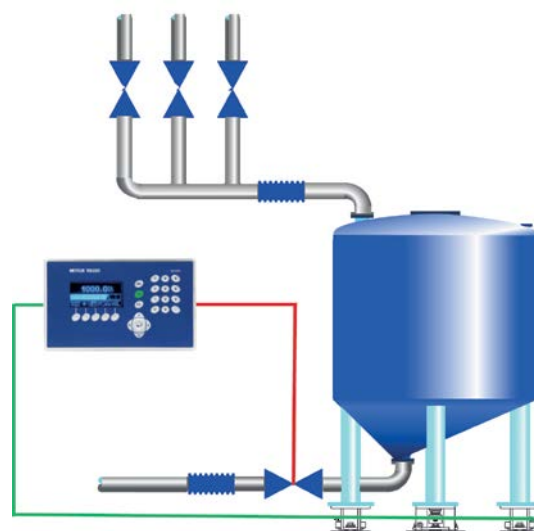


Figura 4: báscula para depósitos para pesaje de salida

Asimismo, el terminal puede controlar también los flujos de entrada y descarga. En una aplicación típica, la báscula para depósitos se podría usar en el modo de pesaje directo para añadir diferentes materiales y crear un lote. A continuación, tras mezclarlo, se podría usar en un modo de pesaje de salida para rellenar contenedores para su envío. Algunos terminales pueden controlar simultáneamente el llenado y/o la descarga de varias básculas para depósitos. Sin embargo, en el caso de una sola báscula, solo se puede transferir cada vez un solo material (ya sea para el llenado o la descarga). Esta es una de las limitaciones de la tecnología de pesaje, por lo que resulta ideal para los procesos por lotes.

Trabajo por lotes adecuado

Introducción

Las aplicaciones de fabricación con procesos se clasifican con frecuencia como continuas o por lotes. La fabricación con proceso continuo se caracteriza por un flujo continuo de materias primas y la transformación de los materiales en un producto acabado mientras todavía están en movimiento. Se suele emplear en industrias con un volumen elevado, lo que justifica que se dedique un proceso a un producto. Entre los ejemplos se incluyen la fabricación de cemento, el refinado de petróleo y la generación de electricidad. La fabricación con proceso por lotes se distingue por el flujo discontinuo de materias primas, la distribución de estas en lotes y por un flujo discontinuo de producto acabado. La fabricación con proceso por lotes suele implicar un volumen inferior con diferentes materias primas combinadas para producir una amplia variedad de productos acabados. Los cambios en las líneas son frecuentes. En muchos sectores, incluidas las industrias alimentaria, farmacéutica y química, se fabrica en lotes. La tecnología de pesaje es idónea para los procesos por lotes y se aplica ampliamente en estas industrias.



Los métodos de trabajo por lotes se pueden clasificar como simultáneos, secuenciales y acumulativos. Todos tienen sus fortalezas y debilidades e influyen en gran medida en la precisión del sistema que se puede lograr, como se analizará en las secciones siguientes.

Trabajo simultáneo por lotes

El trabajo simultáneo por lotes (también denominado trabajo por lotes horizontal) precisa una báscula para cada materia prima, como se muestra en la figura 5. Todos los materiales se pesan por separado y se descargan en un depósito de mezclado o más adelante para el procesamiento posterior. Dado que cada material tiene su propia báscula, la capacidad se puede optimizar para dicho material, lo que da resultados muy precisos. Además, se trata del método más rápido, ya que todos los materiales se pueden pesar simultáneamente. Por otro lado, los costes en equipo capital son los más elevados. Consulte el resumen siguiente para obtener un listado completo de las ventajas y las desventajas.

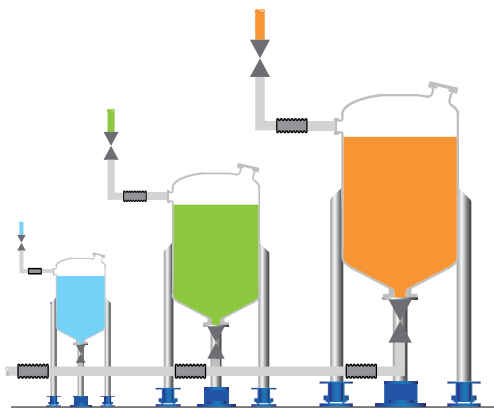


Figura 5: trabajo simultáneo por lotes

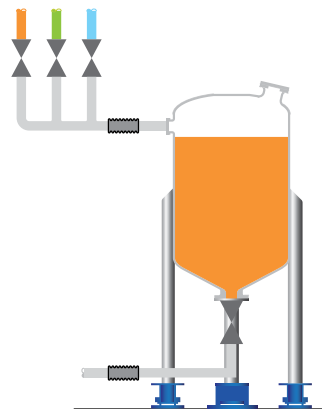


Figura 6: trabajo secuencial por lotes

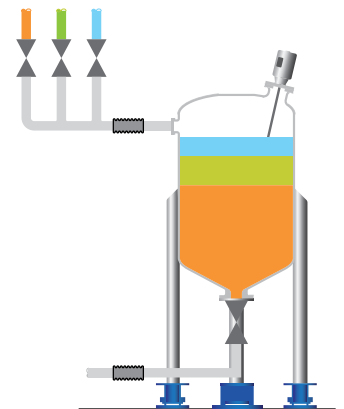


Figura 7: trabajo acumulativo por lotes

Trabajo secuencial por lotes

En el trabajo secuencial por lotes (véase la figura 6), se usa una sola báscula para depósitos para pesar y descargar en orden cada ingrediente. Los diferentes materiales se pueden acumular en un depósito de mezclado diferente o enviar más adelante para su procesamiento posterior. Las ventajas son un tamaño más pequeño y el coste menor. La principal desventaja es que la operación resulta más lenta.

Trabajo acumulativo por lotes

En el trabajo acumulativo por lotes (denominado también trabajo por lotes vertical), la organización de la báscula es igual a la usada en el trabajo secuencial por lotes, pero debe ser lo suficientemente grande como para acumular el lote completo (véase la figura 7). Los materiales se vierten uno tras otro y se acumulan en el depósito hasta que se complete el lote. La principal ventaja es que todos los materiales están presentes en el depósito y los procesos adicionales, como el mezclado y la disolución, se pueden llevar a cabo sin necesidad de otros equipos. El inconveniente es que la capacidad de la báscula es la mayor, pero la menos adecuada para pesar los ingredientes secundarios, de modo que se convierte en el método menos preciso.

Resumen

En la tabla siguiente se resumen las ventajas y desventajas de los tres métodos:

Comparación de los métodos por lotes

| Parámetro | Método | | |
|---|----------------|----------------|-------------|
| | Simultáneo | Secuencial | Acumulativo |
| Capacidad de la báscula optimizada según el material ¹ | +++ | ++ | + |
| Precisión ² | +++ | ++ | + |
| Velocidad de funcionamiento | +++ | + ³ | ++ |
| Coste inferior de la báscula | + | +++ | ++ |
| Complejidad menor del control | + | +++ | +++ |
| Tamaño menor de la báscula | + | +++ | ++ |
| Riesgo inferior de contaminación cruzada ⁴ | +++ | + | + |
| Procesamiento posterior posible en la báscula | n/d | n/d | +++ |
| Depósito de mezclado adicional innecesario | ? ⁵ | ? ⁵ | +++ |
| Materiales aislados hasta la aceptación del lote ⁶ | +++ | No | No |
| Calibración precisa de las básculas ⁷ | Sí | No | No |

Tabla 1

Notas:

- 1: Resulta especialmente importante para la precisión cuando las proporciones de las materias primas varían considerablemente en una fórmula.
- 2: Resulta especialmente cierto cuando las proporciones de las materias primas varían considerablemente en una fórmula.
- 3: La velocidad más baja se da en el trabajo secuencial por lotes debido a los múltiples ciclos de descarga.
- 4: En una situación donde todas las materias primas no se usan en todas las fórmulas.
- 5: Depende del proceso posterior.
- 6: Si algo falla durante el trabajo por lotes, resulta más útil solucionar el problema o repetir el trabajo por lotes o reciclar las materias primas si permanecen separadas hasta la aceptación final del lote.
- 7: En el trabajo simultáneo por lotes, todas las básculas se deben calibrar correctamente para lograr la proporción adecuada en todas las básculas. En el trabajo secuencial y acumulativo por lotes, una báscula calibrada incorrectamente (que, por lo demás, funciona correctamente con linealidad, repetibilidad, etc. correctas) implica que el peso absoluto del producto acabado producido será incorrecto, pero la proporción de cada ingrediente será adecuada.



Figura 8: pesaje de materiales añadidos a mano fuera de línea

En la práctica, las combinaciones de estos métodos se suelen emplear para compensar los inconvenientes de un método determinado. Por ejemplo, un sistema podría contar con un depósito acumulativo para el pesaje de los ingredientes principales, mientras que un depósito secuencial independiente, que descarga en el depósito acumulativo, se podría usar para pesar los ingredientes secundarios.



Báscula de plataforma K-Line con tecnología de restauración de fuerza magnética

La precisión de todos los métodos de trabajo por lotes puede aumentar si los ingredientes secundarios, como aromas, esencias y colorantes, se pesan fuera de línea en una báscula adecuada y se añaden manualmente. Esto resulta especialmente interesante para los sólidos, ya que hace innecesario un sistema de alimentación de sólidos en el depósito. Las básculas de plataforma WMH o K-Line muy exactas de METTLER TOLEDO (se analizarán posteriormente) se suelen emplear en estas aplicaciones de pesaje críticas.

Fundamentos de la tecnología

Restauración de fuerza magnética

METTLER TOLEDO ofrece la tecnología de alto rendimiento de restauración de fuerza magnética (MFR, por sus siglas en inglés), con una precisión casi diez veces superior a la de otros sensores de pesaje que se describen en las secciones siguientes. En la figura 9 se muestran las partes de una célula de carga MFR. Consulte la referencia 4 para obtener una descripción y una comparación con los sensores de banda extensométrica.

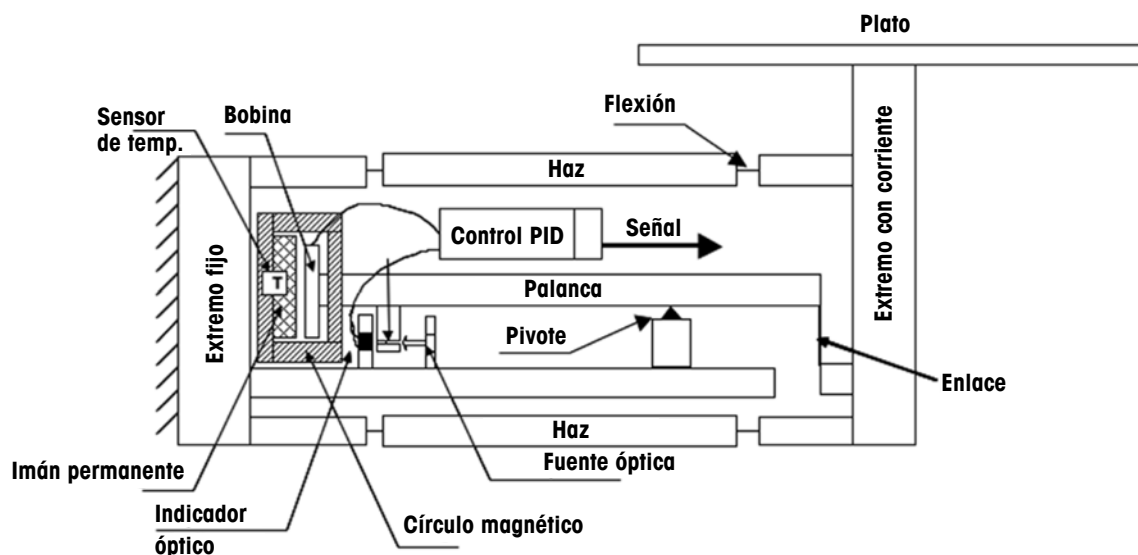


Figura 9: sensor con la tecnología MRF de METTLER TOLEDO



Célula de carga con restauración de fuerza magnética (MFR) de alta resolución para lograr la mayor precisión



Célula de carga con restauración de fuerza magnética en el interior de la carcasa con protección IP66/67

Banda extensométrica

Las células de carga basadas en la tecnología de banda extensométrica son los sensores de pesaje usados con más frecuencia en las básculas industriales. Son muy versátiles, en el sentido de que la misma tecnología básica se puede emplear con capacidades que abarcan desde los 3 kg (7 lb) hasta las 600 t o incluso más. Se pueden usar por separado o combinadas con otras para lograr básculas más grandes. METTLER TOLEDO ofrece juegos de hardware de módulos de pesaje con el fin de facilitar la integración. Estos módulos de pesaje están diseñados específicamente para que sean precisos, seguros y sólidos, teniendo en cuenta los entornos actuales de instalación y funcionamiento (consulte la referencia 3). Los niveles de rendimiento de la metrología ascienden a 10 000 divisiones de la clase IIIM de OIML C6 y NTEP.

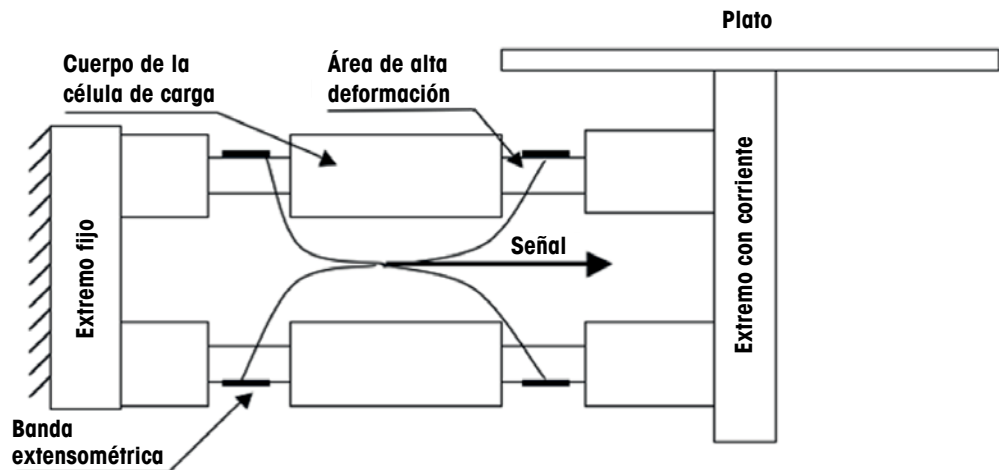


Figura 10: sensor basado en bandas extensométricas



Célula de carga de un solo punto con tecnología de bandas extensométricas. Estas células de carga suelen abarcar desde 3 kg hasta 2000 kg (5 lb a 4000 lb).



Célula de carga con haz sellada herméticamente y con tecnología de bandas extensométricas. Estas células de carga suelen abarcar desde 5 kg hasta 5 t (10 lb a 10 000 lb).



Célula de carga a tracción tipo S con tecnología de bandas extensométricas. Estas células de carga suelen abarcar desde 50 kg hasta 10 t (100 lb a 20 000 lb).



Célula de carga tipo botella para gran capacidad con tecnología de bandas extensométricas. Estas células de carga suelen abarcar desde 7,5 t hasta 600 t (15 000 lb a 1 200 000 lb).

PowerMount™

METTLER TOLEDO fabrica desde la década de 1980 células de carga digitales que se han convertido en la referencia en varias industrias. Se trata de células de carga con banda extensométrica con un convertor analógico a digital (A/D) y microprocesador integrado. Mejoran el rendimiento y la funcionalidad en comparación con las células de carga analógicas convencionales. METTLER TOLEDO incorpora esta tecnología PowerCell en sus módulos de pesaje PowerMount™. Aporta varias ventajas al pesaje del proceso:



Módulo de pesaje PowerMount™

1. Mantenimiento predictivo. La báscula controla todas las células de carga y notifica al usuario si cualquier parte del sistema muestra indicios de un problema inminente.
2. Sin caja de conexiones ni cables desmontables. El sistema PowerMount™ funciona con un cable de red de conexión en serie entre las células de carga. A diferencia de los sistemas analógicos, no hay cajas de conexiones, que suelen ser una fuente de errores. Además, los cables de las células de carga se pueden desmontar, de modo que se pueden sustituir individualmente en caso de que resulten dañados.
3. No es necesaria la recalibración tras la sustitución de componentes. Las salidas de células de carga digitales coinciden plenamente hasta el punto de que no es necesario recalibrar si una célula de carga, un cable o un terminal se deben sustituir.
4. Señal digital robusta con elevada inmunidad RFI/EMI. Los niveles de señales analógicas son muy bajos. Todos los pasos incrementales en la pantalla del terminal se basan en detectar un cambio de señal de aproximadamente 5 microvoltios (5 μ V).
PowerMount® emplea CAN Bus para la transmisión de datos. Se trata de una señal digital de +/-5 V muy robusta que se emplea habitualmente en la industria automovilística.
5. Rendimiento superior. Con un microprocesador en cada célula de carga, están compensados digitalmente para un rendimiento que llega a los niveles de 10 000 de clase III M de OIML C10 y NTEP.

Consulte en la referencia 5 la comparación entre PowerMount y los módulos de pesaje analógicos.

Sensor de pesaje/báscula correctos

Los depósitos y los recipientes varían en gran medida en cuanto a capacidad y precisión, y hay varios enfoques para aplicar a estos la tecnología de pesaje. Esto se resume en la tabla 2 y se describe con más detalle en las secciones siguientes.

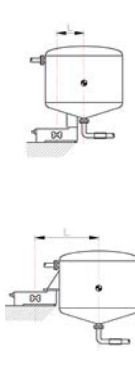
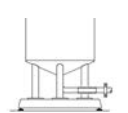
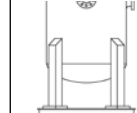
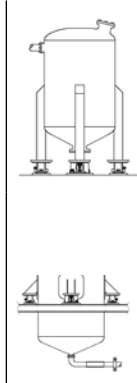
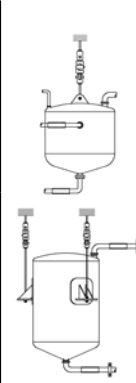
| | |  |  |  |  |  |
|---|----------------------------|---|--|---|---|---|
| Columna | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Productos basados en células de carga MFR | | Célula de carga de un solo punto | Báscula sobremesa | Báscula sobresuelo | Células de carga o módulos compresión | Células de carga o módulos a tracción |
| Báscula de sobremesa, MFR | Capacidad máx.: kg/lb | – | 32/70 | – | – | – |
| | Tamaño máx. báscula: cm/in | – | 28x35/11x14 | – | – | – |
| | Homologación: OIML/NTEP | – | II 32, III 6.4/ II 32, III 10 | – | – | – |
| Báscula de sobresuelo, MFR | Capacidad máx.: t/kilb | – | – | 3/6 | – | – |
| | Tamaño máx. báscula: m/ft | – | – | 1,5x1,5/5x5 | – | – |
| | Homologación: OIML/NTEP | – | – | III 6 / – | – | – |
| Productos basados en células de carga con banda extensométrica | | | | | | |
| Célula de carga de un solo punto | N.º de células/báscula | 1 | – | – | – | – |
| | Capacidad máx.: t/kilb | 1 / 2,2 | – | – | – | – |
| | Tamaño máx. báscula: cm/in | Véase más abajo | – | – | – | – |
| | Homologación: OIML/NTEP | C3 / IIIS 5 | – | – | – | – |
| Células de carga o módulo de pesaje de compresión | N.º de células/báscula | – | – | – | 3 o más | – |
| | Capacidad máx.: t/kilb | – | – | – | 1000 / 2200 | – |
| | Tamaño máx. báscula: cm/in | – | – | – | Ilimitado | – |
| | Homologación: OIML/NTEP | – | – | – | C10 / IIIM 10 | – |
| Célula de carga o módulo de pesaje a tracción | N.º de células/báscula | – | – | – | – | 1+ |
| | Capacidad máx.: t/kilb | – | – | – | – | 25 / 55 |
| | Tamaño máx. báscula: cm/in | – | – | – | – | Ilimitado |
| | Homologación: OIML/NTEP | – | – | – | – | C3 / IIIM 5 |
| Báscula de sobremesa | Capacidad máx.: kg/lb | – | 600 / 1000 | – | – | – |
| | Tamaño máx. báscula: cm/in | – | 60x80 / 24x32 | – | – | – |
| | Homologación: OIML/NTEP | – | III 6 / III 10 | – | – | – |
| Báscula de sobresuelo | Capacidad máx.: t/kilb | – | – | 12 / 20 | – | – |
| | Tamaño máx. báscula: m/ft | – | – | 2x2 / 5x7 | – | – |
| | Homologación: OIML/NTEP | – | – | III 6 / III 5 | – | – |

Tabla 2

Células de carga de un solo punto

En las figuras 11 y 12 se muestran depósitos montados en células de carga de un solo punto. Estas células de carga están diseñadas para usarse por separado y pesar dentro de la tolerancia a pesar del desplazamiento lateral del centro de gravedad del depósito. Las células de carga de un solo punto se suelen usar en básculas de sobremesa como se muestran en la figura 13 siguiente. Una célula de carga se centra debajo de la superficie de pesaje y en las fichas técnicas se especifica un "tamaño máximo del plato" para esta situación. Cuando se emplea de la forma mostrada en las figuras 11 y 12, resulta más conveniente desplazar el centro de gravedad del depósito a lo largo del eje longitudinal de la célula de carga; la dimensión L no debería superar la mitad de la especificación del tamaño máximo del plato para la célula de carga.

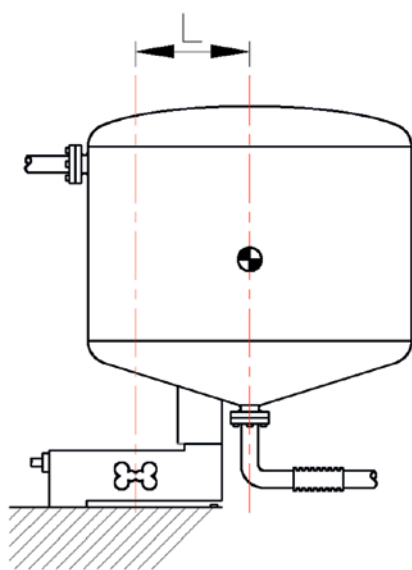


Figura 11: depósito/recipiente pequeño pesado en una célula de carga de un solo punto

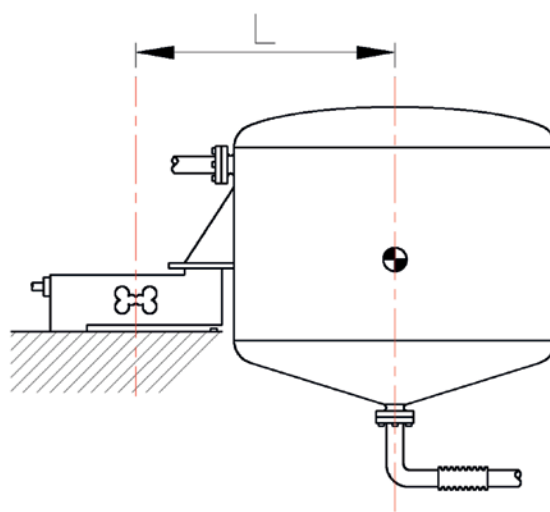


Figura 12: depósito/recipiente pequeño pesado en una célula de carga de un solo punto desviada a un lado

Por ejemplo, el modelo de la célula de carga MT1241 tiene una especificación de tamaño máximo del plato de 40x40 cm (16x16 in), lo que significa que la dimensión L debe tener un máximo de 20 cm (8 in) para esta célula. Sea conservador a la hora de seleccionar la capacidad de la célula de carga cuando la dimensión L se acerque a su límite. La situación ideal sería cuando la dimensión L es cero, poniendo el centro de gravedad del depósito junto encima del centro de la célula de carga, pero en la práctica esto solo se puede hacer raramente. Use un tope de sobrecarga para evitar daños en la célula de carga. Con cualquier báscula montada desde un punto único como este, colocar un apoyo implica asegurar la báscula si una avería de la célula de carga o el hardware puede causar daños o lesiones.

METTLER TOLEDO ofrece una gama completa de células de carga de un solo punto con capacidades desde 3 kg (7 lb) hasta 2000 kg (4400 lb.) en diferentes materiales, niveles de protección y con toda la gama de homologaciones.



Célula de carga de un solo punto, modelo MT1241

Básculas de sobremesa y de sobremesa

En la figura 13 se muestra un depósito pequeño montado en una báscula de sobremesa típica, mientras que en la figura 14 se ilustra un depósito más grande montado en una báscula de sobresuelo.

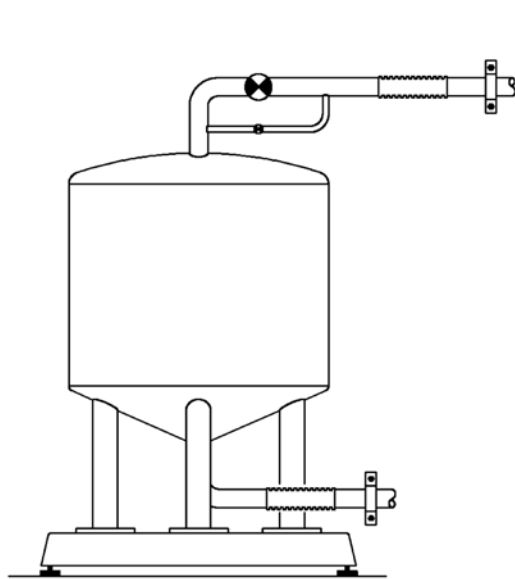


Figura 13: depósito/recipiente pequeño pesado en una báscula de sobremesa.

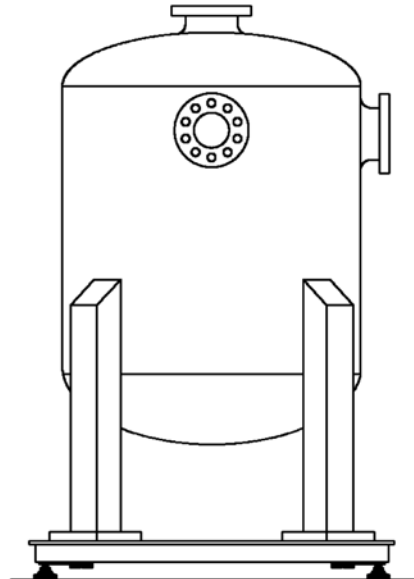


Figura 14: depósito/recipiente pesado en una báscula de sobresuelo.

Las básculas de sobresuelo se pueden montar en el suelo o en un foso como se muestra en la figura 21. Cuando se usan básculas de sobremesa o de sobresuelo, la posición del depósito debe ser inherentemente estable para evitar caídas, ya que la báscula no incorpora protección frente al levantamiento. Asimismo, consulte con METTLER TOLEDO la mejor posición de las patas del depósito en la superficie de pesaje.

Algunos productos apropiados podrían ser los modelos WMH o las bases K-Line, con tamaños desde los 20 cm (8 in) cuadrados y 3 kg (6 lb) de capacidad, hasta 1,5 m (60 in) cuadrados y 3000 kg (6000 lb) de capacidad. Con homologación legal hasta clase II 32000e de OIML y NTEP, estos productos son casi diez veces más precisos que las básculas basadas en bandas extensométricas y abren nuevas dimensiones sobre lo que se puede conseguir con el pesaje en depósitos. Están disponibles en galvanizado en caliente o acero inoxidable y disponen de una pesa de calibración incorporada para la calibración rutinaria.



Báscula de sobremesa K-Line con tecnología de pesaje MFR superior



Báscula de sobresuelo K-Line con tecnología de pesaje MFR superior

METTLER TOLEDO proporciona una gama completa de básculas de sobremesa industriales estándar basadas en la tecnología de banda extensométrica con capacidad de hasta 600 kg (1000 lb) y básculas de sobresuelo con plataformas más grandes y capacidad de hasta 12 t (20 klb).



Báscula de sobremesa modelo PBD655



Báscula de sobresuelo modelo 2256 VLC

Células de carga y módulos de pesaje de compresión

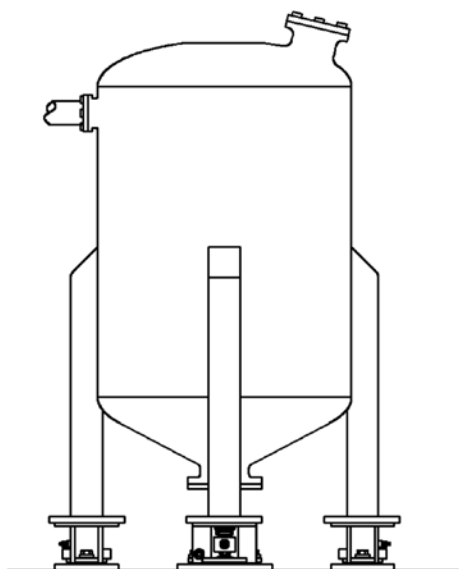


Figura 15: depósito pesado en módulos de pesaje de compresión

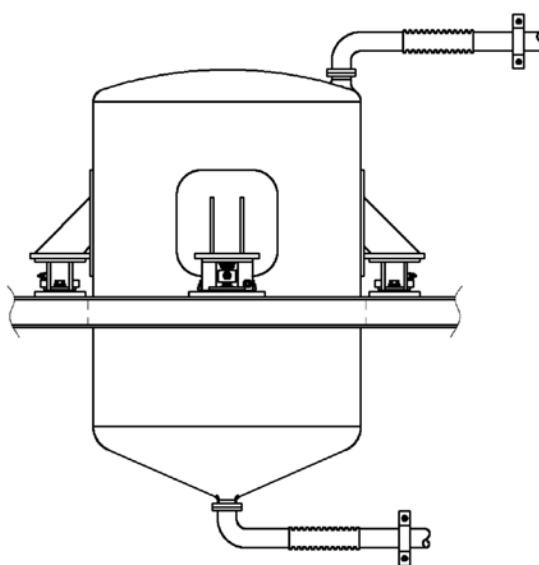


Figura 16: depósito pesado en módulos de pesaje de compresión, método "para suelo"

Las células de carga y los módulos de pesaje de compresión ofrecen una versatilidad superior a la hora de aplicar la tecnología de pesaje en depósitos y recipientes con el mismo concepto básico aplicable a los depósitos con capacidad de entre 10 kg (20 lb) y 1000 t o más. Se deben usar al menos tres células de carga o módulos de pesaje de compresión para dar estabilidad a una báscula, y se suelen usar cuatro en básculas



Módulo de pesaje de compresión MultiMount con célula de carga con banda extensométrica tradicional integrada.



Módulo de pesaje de compresión PowerMount con célula de carga con banda extensométrica y microprocesador integrados.

cuadradas o rectangulares. Se pueden colocar debajo de las patas del depósito (como se muestra en la figura 15) o en aplicaciones para suelo (como se muestra en la figura 16). Es posible emplear células de carga, pero hay que tener cuidado para diseñar el montaje y la introducción de la carga correctamente, a fin de permitir la expansión y contracción térmicas. Para facilitar el trabajo, hay disponibles accesorios de montaje, pero todos los topes horizontales o verticales se deben proporcionar externamente.

La alternativa más sencilla es usar módulos de pesaje, ya que en su diseño se han tenido en cuenta todas las cuestiones. Además, los módulos de pesaje PowerMount™ se pueden usar para beneficiarse de las numerosas funciones adicionales disponibles, como el mantenimiento preventivo.



Célula de carga de haz SLB215 con introducción de la carga roscada



Accesorios de montaje para la célula de carga SLB215 para facilitar la instalación correcta



Célula de carga de haz 0745A con orificio ciego de introducción de carga



Accesorios para la célula de carga 0745A para la introducción y el rendimiento óptimos de la carga

Células de carga y módulos de pesaje a tracción

Los depósitos se pueden suspender por una única célula de carga o módulo de pesaje a tracción como se muestra en la figura 17. En la figura 18 se muestra una situación típica en la que un depósito está suspendido por tres módulos de pesaje.

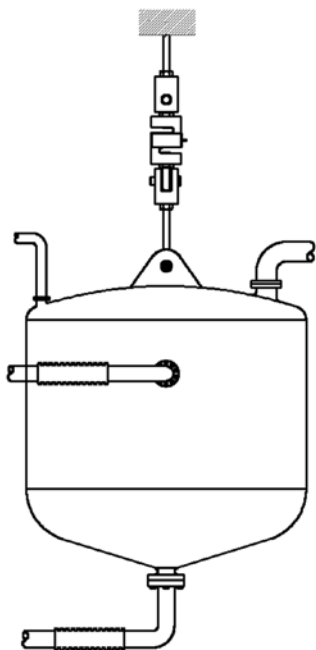


Figura 17: depósito/recipiente pequeño pesado en un módulo de pesaje a tracción

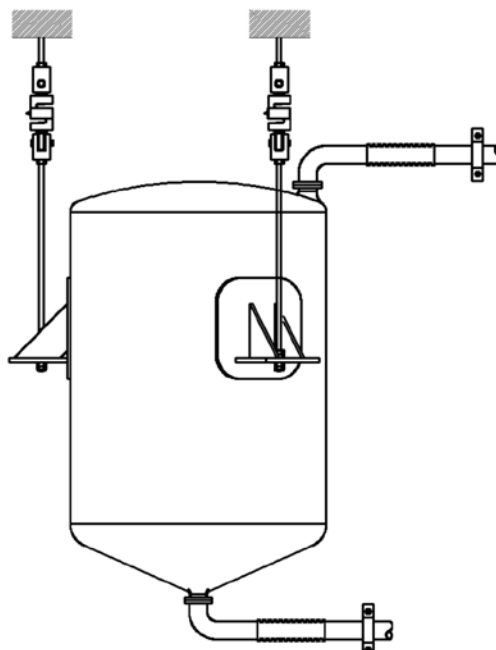


Figura 18: depósito/recipiente pesado en módulos de pesaje a tracción

Este método de montaje puede resultar útil si ya existe una estructura superior o el espacio del suelo bajo la báscula debe permanecer despejado. Se aplica a capacidades de las básculas desde aproximadamente 20 kg (45 lb) a 30 t.

Con frecuencia, se emplean estabilizadores horizontales para evitar oscilaciones. La precisión que se puede conseguir es la misma que con los sistemas de compresión. De nuevo, se pueden usar células de carga directamente o módulos de pesaje, como el SWS310, que proporcionan una introducción de la carga ideal si se necesita mayor comodidad en la integración.

Todas las básculas suspendidas deben tener un apoyo de seguridad como cadenas, barras, etc. (no se muestran en las figuras 17 y 18) como protección frente a cualquier avería del sistema de suspensión.



Módulo de pesaje a tracción SWS310

Diseño e instalación de las básculas

Colocación de tuberías

En algunas básculas para depósitos no hay conectadas tuberías, lo cual supone el diseño perfecto cuando es importante la precisión de la báscula. En la figura 19 se muestra una báscula de este tipo en la que la parte superior del depósito está abierta con cuatro tuberías de entrada no conectadas. La tubería de salida tampoco está conectada y solo se conecta cuando es necesario. La precisión de una báscula para depósitos puede alcanzar los límites de la tecnología de pesaje usada. Por supuesto, las tuberías no conectadas no son prácticas en las situaciones en las que, por ejemplo, los materiales son peligrosos o tóxicos o la báscula se debe presurizar.



Depósito con tuberías no conectadas

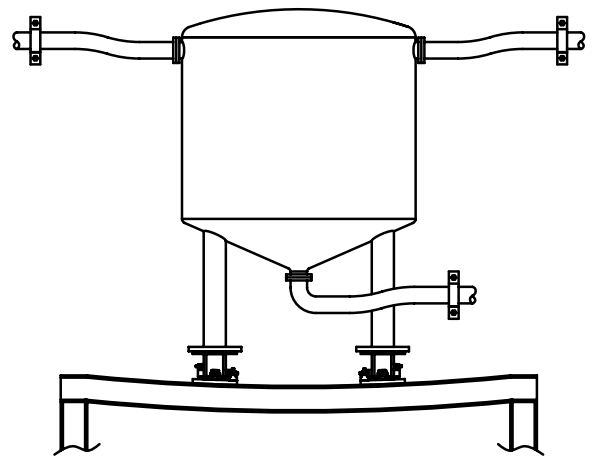


Figura 19: desviación de un depósito cargado con tuberías conectadas

Tan pronto como se conectan las tuberías, puede esperar que se degrade la precisión del pesaje. El motivo se ilustra en la figura 19, en la que se muestra un depósito cargado cuya estructura de soporte se ha desviado hacia abajo (muy exagerado), causando una desviación correspondiente de las tuberías. Las tuberías actúan como un muelle de lámina que aplica una fuerza de retardo a medida que la báscula se carga y se desvía hacia abajo. En función de la rigidez de las tuberías, la fuerza de retardo puede ser muy intensa y puede disminuir en gran medida el peso registrado en la báscula. Si las tuberías fuesen muelles perfectamente lineales, sería correcto, porque el efecto se podría compensar mediante calibración. Sin embargo, las tuberías no son los muelles ideales debido al posible deslizamiento en las pinzas de las tuberías. De esta forma, la consecuencia es una báscula con una linealidad deficiente, histéresis, repetibilidad y vuelta a cero. A continuación, se muestra una serie de medidas que se pueden adoptar:



Depósitos con varias tuberías conectadas

1. Reducir la desviación de la báscula. Fortalezca la estructura de soporte o, mejor aun, monte el depósito a nivel del suelo sobre una base de hormigón rígida. Tenga en cuenta que las células de carga se desvían ligeramente, habitualmente 0,25 mm (0,010 in) con la capacidad nominal, es inherente a su diseño.
2. Reducir la rigidez de las tuberías. Conecte únicamente tuberías horizontales y use secciones de tubos flexibles.
3. Calibrar con peso. Calibre la báscula mediante uno de los métodos que aplica la carga a la báscula. Así se expanden las tuberías, de modo que el terminal de la báscula puede "ver" y compensar el efecto de atenuación en la señal de pesaje.

En resumen, reduzca primero los efectos de la colocación de tuberías hasta que estén en un intervalo razonable y lineal y, a continuación, calibre con peso para eliminar el efecto residual. Consulte la referencia 1 para obtener más información.

Soporte estructural

El soporte estructural de los depósitos y recipientes es una consideración relevante tanto por motivos de seguridad como de precisión, y adquiere más importancia a medida que aumenta la capacidad de la báscula. A continuación, se muestran algunos de los motivos:

1. La desviación vertical de la báscula con carga exagera los efectos de la conexión de las tuberías.
2. La rigidez variable de los puntos de apoyo causa que el peso se transfiera entre células de carga y puede ocasionar imprecisiones y dañar las células de carga.
3. Si hay montadas varias básculas en la misma estructura, la desviación puede causar una comunicación cruzada entre básculas mientras se llenan y se vacían.
4. La báscula debe estar restringida, de modo que la instalación sea segura en cualquier situación, ya sea rutinaria o excepcional.

Consulte la referencia 1 para obtener más información.

Depósitos de pesaje portátiles

Un depósito portátil se puede pesar mientras se encuentra en una báscula de sobresuelo en foso (se muestra en la figura 20), lo cual resulta útil si el pesaje se tiene que llevar a cabo en una única estación de trabajo. Si un depósito portátil debe tener una báscula integrada para su uso en varias ubicaciones, las células de carga o los módulos de pesaje se pueden incorporar en su bastidor (se muestra en la figura 21). Tenga en cuenta que es necesario colocar un bastidor debajo de las placas base del módulo de pesaje, dado que las ruedas no son estables si se fijan directamente a ellas (consulte la referencia 1).

La colocación de las tuberías y las conexiones del cableado a un depósito portátil se deben realizar de forma repetible para lograr una precisión óptima.

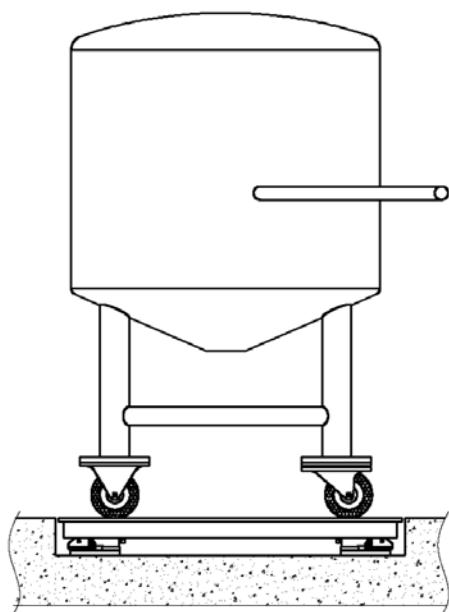


Figura 20: depósito portátil pesada en una báscula de sobresuelo

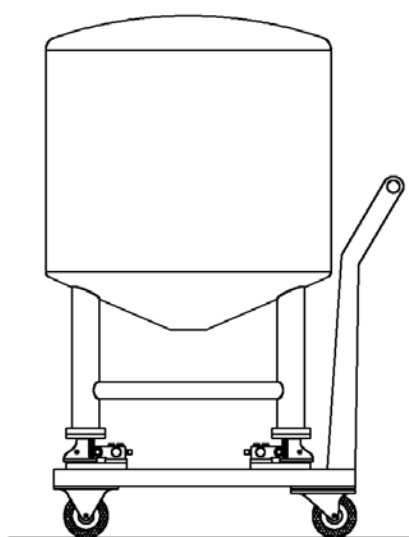


Figura 21: depósito portátil con báscula integrada

Capacidad del sensor

Resulta importante escoger la capacidad del sensor adecuada para la aplicación. Si es demasiado baja, el sensor puede resultar dañado; en la situación contraria, se pierde precisión. El enfoque típico es sumar todas las cargas aplicadas a los sensores, incluidos el peso dinámico y los pesos muertos (consulte además el apartado sobre los recipientes para reactores químicos), multiplíquelo por un factor de seguridad (con frecuencia, 1,25) y divídalo por el número de células de carga o módulos de pesaje. A continuación, seleccione un sensor con esta capacidad o la capacidad superior siguiente. Hay situaciones en las que puede ser necesario ser más conservador. Entre estas situaciones se incluyen:

1. Los pesos (dinámicos o muertos) no son seguros.
2. Un peso muerto concentrado (p. ej., un mezclador) no está distribuido de forma homogénea.
3. Resulta complicado distribuir homogéneamente la carga, por ejemplo, con más de 3 puntos de soporte.
4. Se pueden producir fuerzas eólicas o sísmicas.
5. El punto de aplicación de la carga en la báscula puede variar.
6. La báscula está sujeta a cargas con sacudidas.

Consulte la referencia 1 para obtener más información.

Calibración

Hay disponibles varios métodos de calibración en los que se establece un equilibrio entre la precisión y las dificultades y los costes. A continuación se muestra una descripción de los métodos disponibles más importantes en orden descendente en cuanto a la precisión.

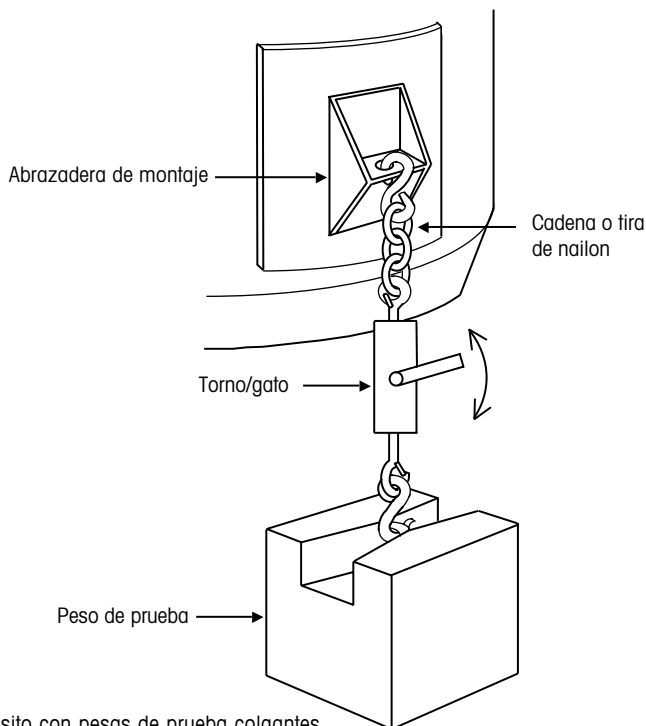


Figura 22: calibración del depósito con pesas de prueba colgantes

- 1. Pesas de prueba.** El método más preciso implica el uso de pesas de prueba y es necesario para la calibración de básculas comerciales (legales para el comercio). La calibración con peso resulta muy sencilla en las básculas pequeñas, pero se complica y se hace menos práctica a medida que aumenta la capacidad de la báscula. Los depósitos y los recipientes no tienen una superficie plana en la que cargar las pesas, de modo que el método de carga se tiene que planificar previamente. Por ejemplo, coloque agarraderas en el lateral de los tanques para colgar las pesas como se muestra en la figura 22.
- 2. Sustitución del material.** Con este método, es necesaria una pesa de prueba (5 % al 10 % de capacidad de la escala). Las pesas se aplican a la báscula y se anota la lectura de la báscula. Las pesas se retiran y el material se "sustituye" (se añade a la báscula) hasta que la lectura de la báscula sea idéntica. Las pesas se añaden una vez más y se anota la nueva lectura, aproximadamente el doble. Las pesas se retiran y el material se sustituye una vez más hasta que se vuelva a mostrar el valor anotado. Este proceso continúa hasta que en la báscula haya material suficiente para la calibración. Este método es menos preciso cuando se compara con las pesas de prueba y es bastante laborioso.

3. Transferencia de materiales. Con este método, el material (p. ej., agua) se pesa en una báscula de referencia independiente y se transfiere al depósito/recipiente en cuestión para la calibración. Este método depende de la precisión de la báscula de referencia y el cuidado adoptado para evitar pérdidas de material durante la transferencia. Puede ser muy preciso si la báscula de referencia es una báscula de precisión de METTLER TOLEDO con tecnología MFR y los efectos de la colocación de tuberías se minimizan como se muestra en la figura 23.

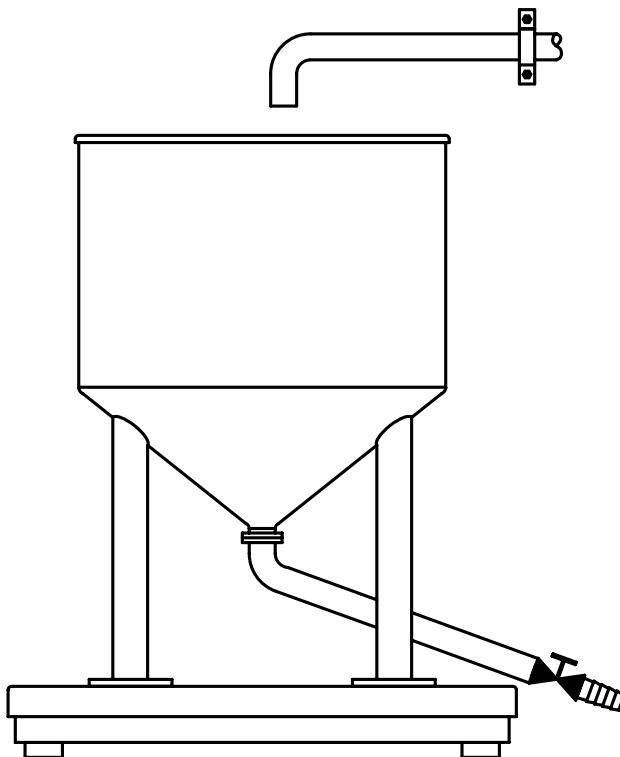


Figura 23: báscula para depósitos de referencia

4. CalFree™. Se trata de un método teórico de calibración disponible en algunos terminales de METTLER TOLEDO. Se obtiene la media de los valores de salida de las células de carga (proporcionados con las células de carga analógicas) y se introduce en el terminal, que realiza automáticamente la calibración. Este método se puede llevar a cabo fácil y rápidamente, y presenta pocas limitaciones. No puede compensar los efectos mecánicos, como la colocación de tuberías, o cualquier atenuación de la señal de la célula de carga debido a cables, cajas de conexiones o barreras intrínsecamente seguras en el circuito. De ahí que el límite de precisión típico de CalFree sea del 0,2 %.

Junto con la tecnología digital PowerCell usada en PowerMounts, CalFree™ Plus ofrece la precisión máxima posible con calibración teórica. El terminal lee los valores de salida directamente de las células de carga y realiza automáticamente la calibración. Las cajas de conexiones se han eliminado del circuito, y los cables no influyen en las señales digitales. Además, las variaciones locales en g (aceleración debida a la gravedad) se tienen en cuenta en los cálculos. Solo con pulsar un botón se calibra el sistema con la mayor precisión posible para este método. La precisión puede ser superior al 0,1 % si no hay efectos mecánicos como la colocación de tuberías.

Consulte la referencia 1 para obtener más información.

Influencias en la precisión

Materiales

En el pesaje del proceso con depósitos y recipientes se emplean especialmente materiales líquidos, pero en algunas ocasiones se añaden gases y sólidos a los líquidos. Con el fin de lograr una precisión superior, hay que tener en cuenta algunos problemas con los materiales:

1. El flujo de material desde el almacenamiento a granel al cargador debe ser uniforme y continuo.
2. Las propiedades del material no influyen de forma significativa en el trabajo por pesaje. Sin embargo, en el caso de los sistemas que requieren mayor precisión, se deben minimizar los cambios en las propiedades del material, como la viscosidad, la densidad o la granularidad. Se debe regular la temperatura y el contenido de humedad de los materiales en caso de que estos parámetros afecten a las características del flujo.
3. Se debe regular la presión de los líquidos en la parte inicial de las válvulas de llenado. Hacerlo por medios mecánicos resulta difícil: es más fácil mantener un fondo con presión estática en un depósito de almacenamiento.
4. Se debe mantener un fondo uniforme de materiales sólidos por encima de cargadores como puertas deslizantes y de bisagra.
5. Se debe detener el proceso de trabajo por lotes si el flujo de material es esporádico.

Cargadores

El término cargador se usa aquí en su sentido más amplio para indicar los dispositivos que mueven y regulan el flujo de material, o aquellos que simplemente regulan el flujo. La forma en la que estos dispositivos funcionan puede tener una gran influencia en la uniformidad y la precisión del lote. Idealmente, deberían reaccionar y cortar el flujo de material de forma instantánea; pero como mínimo, su tiempo de reacción y de funcionamiento debe ser constante e independiente de las propiedades del material, como la viscosidad o el tamaño o la dureza de las partículas. Algunos cargadores son más precisos que otros. Sin embargo, la elección puede estar limitada, ya que las características de los materiales dictan el tipo de cargador. Hay que tener en cuenta algunos problemas con los cargadores:

1. Los dispositivos motorizados tienden a avanzar hasta la parada, pero esto puede verse afectado por la variación en las propiedades del material y las condiciones del equipo. Es mejor usar un motor con freno para conseguir paradas más uniformes.
2. Es preciso acondicionar y regular la presión del suministro de aire en dispositivos accionados por aire para garantizar una reacción y tiempos de funcionamiento uniformes.
3. Si se va a emplear el llenado a dos velocidades, suele ser más eficaz que el cargador module el flujo. En caso contrario, se deben usar cargadores con distintas capacidades en paralelo y activarse de forma selectiva.
4. Si se va a usar una función de agitado, el cargador debe ser capaz de activarse momentáneamente de forma repetida sin daños.

Velocidad frente a precisión

El llenado es una operación dinámica en la que desafortunadamente existe una relación inversa entre velocidad y precisión, como se muestra en la figura 24. Si el llenado es rápido, la precisión se reduce, y viceversa. La forma y la escala exacta de esta gráfica varía según las circunstancias particulares, dependiendo del equipo de pesaje y carga que se use, el diseño general, el material y el entorno. Fíjese en que la velocidad de llenado se reduce hasta cero cuando la precisión se acerca a las prestaciones esperadas de pesaje estático de la báscula.

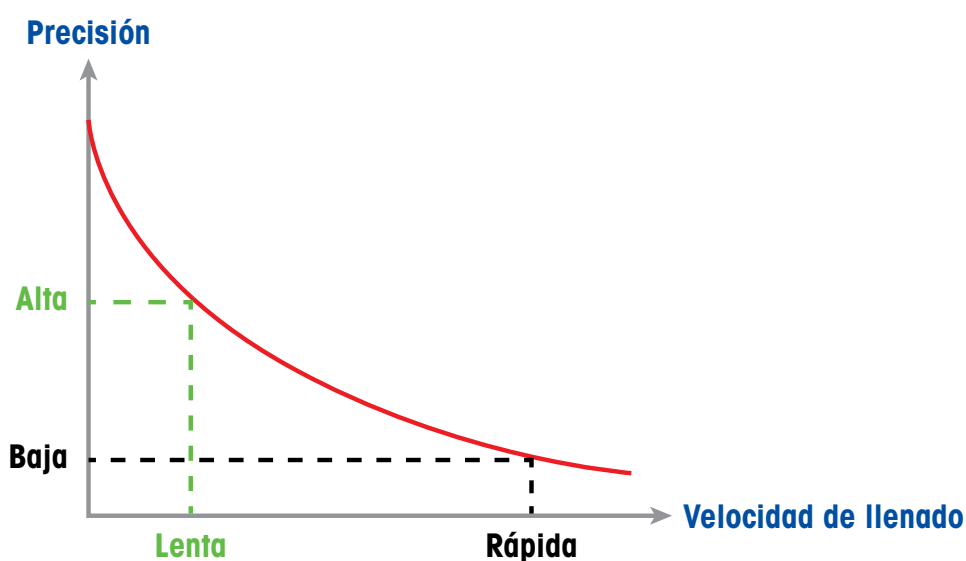


Figura 24: velocidad frente a precisión del llenado

Cuando se conoce esta característica, se puede adoptar una elección ecuánime del punto de funcionamiento donde mejor se equilibre la necesidad de mayor precisión por un lado, y la velocidad de llenado superior por el otro lado. En todo este documento se hacen varias sugerencias para mejorar la precisión, pero aquí se explican los puntos principales que se deben tener en cuenta a la hora de buscar un trabajo por lotes rápido y preciso:

1. Seleccione con cuidado el método de trabajo por lotes que se debe emplear, en especial cuando exista una gran variación entre los ingredientes más ligeros y más pesados en la fórmula. Examine los sistemas híbridos y sopesa la posibilidad de añadir a mano los ingredientes críticos. Consulte la sección Selección de un proceso de trabajo por lotes adecuado.
2. Seleccione un terminal con un convertidor A/D de alta calidad y una velocidad de actualización interna elevada. Necesita información de pesaje muy precisa, y la necesita muy rápidamente si debe reaccionar a tiempo en momentos críticos del ciclo de llenado. Una velocidad de actualización alta que solo envíe datos brutos no es tan buena como una velocidad más lenta con datos de pesaje procesados mediante algoritmos de filtrado, como TraxDSP de METTLER TOLEDO, adaptados al equipo de pesaje y el entorno. En general, se puede decir que los algoritmos de filtrado desarrollados por los fabricantes de equipos de pesaje son superiores a los disponibles para controladores lógicos programables (PLC) u otros controladores.
3. Seleccione un terminal con una velocidad de actualización del bus de entrada/salida (E/S) y cargadores que reaccionen y funcionen de forma rápida y repetible.
4. Controle el entorno (ruido mecánico y eléctrico) y seleccione un terminal con una solución de filtrado sofisticada que se pueda ajustar con precisión para las condiciones concretas.

- En la figura 25 se sugiere un modo para solucionar el dilema de velocidad frente a precisión. Puede llenar la mayoría del depósito a alta velocidad y con poca precisión y al final cambiar a un sistema de poca velocidad y alta precisión. En otras palabras, usar un llenado a dos velocidades, como se describe con más detalle a continuación. No hay problemas si se llena la mayoría del depósito con poca precisión, siempre que se frene a tiempo para finalizar con alta precisión. Este ha sido el enfoque habitual para conseguir un equilibrio aceptable entre velocidad y precisión durante el llenado, y se usa con frecuencia en la actualidad.
- Puede usar un controlador con algoritmos de control avanzados que creen un modelo matemático en tiempo real para cada llenado que aprenda y compense de forma automática. Con estos controladores altamente sofisticados es posible mejorar la velocidad y la precisión usando un proceso más sencillo de llenado de una velocidad. Consulte la sección Controlador IND780 Q.iMPACT a continuación.

Control del proceso

Proceso de llenado

La figura 25 es una gráfica donde se compara el peso de llenado con el tiempo que dura una operación convencional de llenado de dos velocidades. Algunos o todos estos elementos pueden formar parte de una operación de llenado típica, según la precisión que se requiera. En la parte superior se muestra un objetivo de peso de llenado con banda de tolerancia máxima y mínima. El ciclo de llenado se puede dividir en varias fases, como se indica. Cuando se activa el cargador por primera vez, el flujo de material tarda un tiempo en alcanzar la estabilidad en la fase de carga rápida, que supone la mayor parte del tiempo de llenado y del peso. Después, hay fases adicionales que afinan el peso de llenado para garantizar que se encuentra dentro de los valores de tolerancia. Los diferentes términos se explican a continuación con más detalle.

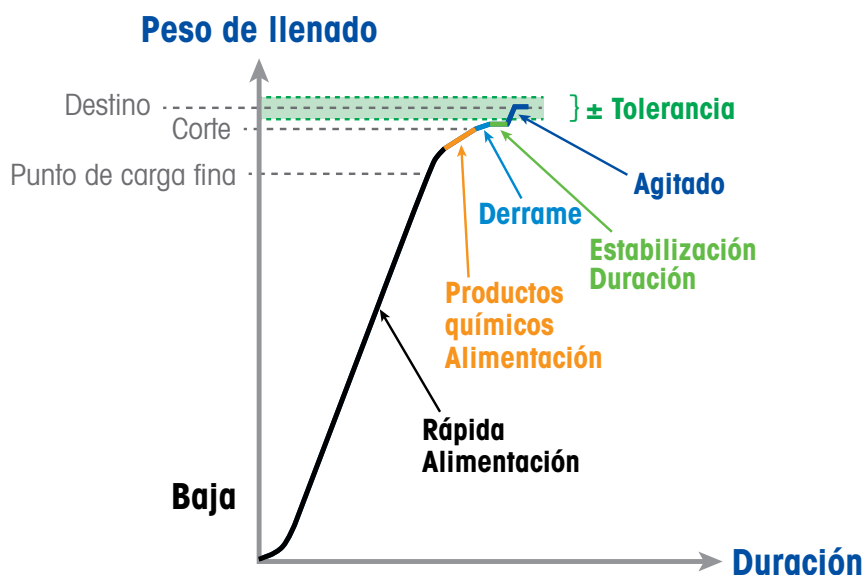


Figura 25: operación de llenado de dos velocidades

Carga rápida y fina

La combinación de carga rápida y fina se denomina llenado de dos velocidades y se puede usar para mejorar la velocidad de llenado y la precisión al mismo tiempo. Con este método, la mayoría del material se carga muy rápidamente durante el período de carga rápida. Después, el cargador se ralentiza a la carga fina para mejorar el control en las etapas finales. Por ejemplo, se puede llenar el 97 % del peso de llenado objetivo durante la carga rápida y, después, se puede ajustar el cargador para que llene a 1/10 de la velocidad (la carga fina) el 3 % restante.

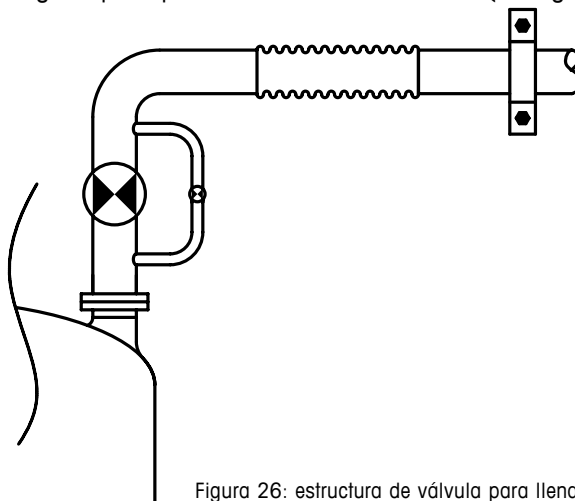


Figura 26: estructura de válvula para llenado de dos velocidades

El llenado a dos velocidades se puede realizar, por ejemplo, cambiando la velocidad del motor en cargadores de tornillo de paleta giratoria.

En el caso de los líquidos, puede ser más eficaz colocar simples válvulas de encendido y apagado en paralelo (se muestra en la figura 26). Una rama podría tener un flujo diez veces superior a la otra. En funcionamiento, ambas válvulas están abiertas durante la carga rápida, mientras que la más grande se cierra para proporcionar una carga fina.

Derrame

Cuando un cargador corta el flujo, queda una cierta cantidad de material en movimiento que ya ha salido del cargador, pero que aun no se ha registrado en la báscula. Esto se denomina de diferentes formas: derrame, descarte o material en vuelo.

La cantidad de derrame depende, obviamente, de la altura del cargador sobre la superficie del material llenado y de la velocidad de carga en ese momento. Algunos terminales compensan el derrame deteniendo el cargador antes, pero se trata de un elemento de variabilidad y error y se debe reducir al mínimo. Estas son algunas sugerencias para minimizar el derrame y mejorar la precisión:

1. Minimice la distancia de las válvulas o los cargadores al depósito.
2. Use el llenado a dos velocidades para reducir el flujo en el momento del corte.

Observe que en las operaciones de pesaje de salida debe tener en cuenta la cantidad de material que se escapa de la báscula antes de que el cargador se cierre por completo, pero el derrame en sí no es algo que deba preocupar en este tipo de llenado.

Agitado

La función de agitado activa de forma momentánea el cargador para proporcionar una pequeña cantidad de material adicional en un depósito que no se ha llenado lo suficiente. En funcionamiento, el depósito se llena con normalidad y se deja que se estabilice antes de comparar el peso de llenado con el objetivo. Si no llega al peso deseado, se puede usar la función de agitado para rectificarlo. Esta función solo es eficaz si no se llena lo suficiente.

Control

En las operaciones de llenado manual, la báscula muestra el peso del depósito a un operario que controla el cargador, ajusta el peso final de llenado si fuera necesario y decide si el llenado está en los límites aceptables. El operario realiza el mismo procedimiento con todos los ingredientes y decide si el lote completo es aceptable. El terminal no precisa ninguna E/S para esta operación. No obstante, puede comunicar los pesos de los ingredientes y el lote a otro sistema para el control de inventario y por razones de trazabilidad. Se puede usar prácticamente cualquier terminal sencillo de METTLER TOLEDO.



Figura 27: operación de llenado manual

Es más frecuente que la báscula controle los cargadores con niveles variables de automatización posibles hasta llegar incluso a sistemas totalmente automáticos. En este caso, la báscula realiza una prueba de tolerancia de todos los ingredientes y decide si el lote es aceptable. En la figura 27 se muestra una báscula para depósitos creada a medida con módulos de pesaje analógicos. Aquí, las células de carga se conectan mediante un cable a una caja de conexiones para la suma, que se conecta a un terminal. A continuación, se explican tres posibilidades para controlar el llenado:

1. En un sistema independiente, terminales como los modelos IND560, IND690 o IND780 de METTLER TOLEDO pueden controlar un sistema de trabajo por lotes de complejidad baja a media en el que no se requiera un controlador lógico programable (PLC) o un controlador de automatización programable (PAC). Estos terminales cuentan con un software de aplicación opcional diseñado específicamente para las aplicaciones de llenado y que puede gestionar todas las características descritas en las secciones anteriores.



Terminal IND560Fill para el llenado

2. Se puede usar un terminal sencillo, como el modelo IND131, para proporcionar pesaje solo a un PLC/PAC, que podría realizar todas las funciones de control.



Terminal en carril DIN IND131

3. En la figura 28 se muestra un sistema híbrido. En él, el control del llenado se realiza mediante un terminal como el IND560, el IND690 o el IND780, mientras que el PLC controla el proceso general. El PLC/PAC puede dictaminar cuándo se procede al llenado, así como los parámetros de llenado como el peso objetivo y la tolerancia de todos los ingredientes. No obstante, esta información se descarga en el terminal que tiene autonomía para ejecutar el proceso de trabajo por lotes. Tras completar el trabajo por lotes, el terminal puede informar al PLC/PAC para la conservación de informes, el control de inventario, etc.

Este enfoque presenta varias ventajas. El terminal se dedica a leer el peso y a controlar los cargadores: estos son los procesos básicos de cualquier operación de llenado. Apagar el cargador en el momento exacto es fundamental, y se puede realizar con más rapidez y sin distracciones. Además, los terminales tienen disponibles paquetes de software diseñados específicamente para llevar a cabo un control avanzado de las operaciones de llenado y trabajo por lotes. En el enfoque número dos anterior, hay más aparatos en el ciclo, con la posibilidad que eso supone de retrasos, especialmente en el PLC/PAC si está inmerso en otra actividad justo cuando se necesita activar el apagado.

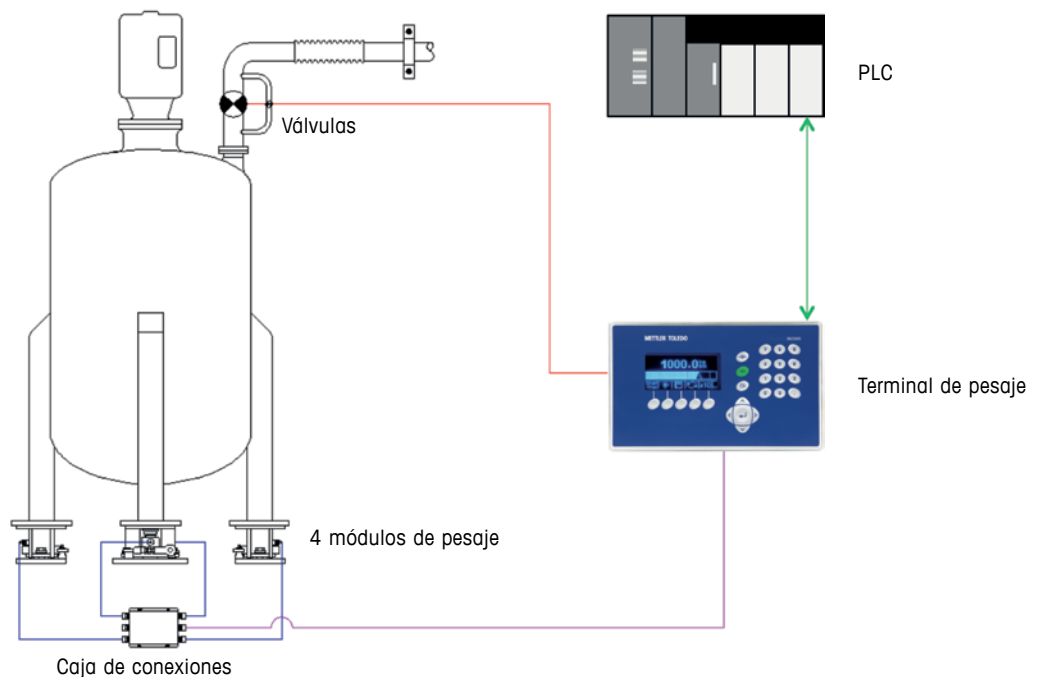


Figure 28: sistema híbrido de control de lotes con PLC y terminal de pesaje.

Terminales

El terminal es el componente clave de cualquier sistema de báscula. Proporciona tensión de excitación a las células de carga analógicas y recibe su señal de salida analógica. Realiza una conversión A/D, con su filtrado y procesamiento para producir un valor de pesaje calibrado para mostrarlo, controlarlo o transmitirlo a otros aparatos.



IND560
Terminal

Conversión A/D y filtrado

El convertidor A/D es el núcleo del funcionamiento, y la conversión se debe hacer muy rápidamente para trazar el progreso del llenado y activar el apagado en el instante correcto. Desafortunadamente, la señal analógica está contaminada por el ruido eléctrico del equipo cercano y el ruido mecánico de otras máquinas como mezcladoras, bombas, compactadoras e incluso por el propio llenado.

El sistema registrado TraxDSP™ de METTLER TOLEDO combina una tecnología A/D ultrarrápida con velocidades de conversión de hasta 366 Hz, filtros digitales regulables en varias etapas y algoritmos de compensación patentados para realizar un seguimiento rápido y constante de la porción real de peso de la señal de la célula de carga. El ruido mecánico y eléctrico varía según la instalación (por ejemplo, la frecuencia y la amplitud), por lo que el sistema TraxDSP™ se puede regular según las condiciones concretas a fin de optimizar la velocidad, la estabilidad y la precisión. Todo esto da como resultado una velocidad de comparación interna de objetivos ultrarrápida de 50 Hz y garantiza una precisión de llenado y trabajo por lotes inmejorable. TraxDSP™ se incluye de serie en los terminales de proceso como IND131, IND560 e IND780.



Módulo de E/S externo ARM100

E/S digital

Los terminales más sofisticados dispondrán de distintas capacidades de entrada/salida (E/S) digital. La E/S interna estará limitada, pero suele ser suficiente para las operaciones sencillas de llenado y trabajo por lotes. Muchos terminales pueden usar también módulos de E/S externos, como el ARM100 de METTLER TOLEDO, para sistemas más complejos.

Conectividad

Uno de los puntos más importantes que se deben tener en cuenta en el mundo actual es la conectividad, y los terminales pueden proporcionar distintas interfaces de serie estándares u opcionales, como RS232/422/485 o las interfaces TCP/IP Ethernet y PLC, descritas en la tabla 3.

| Interfaces PLC |
|---------------------|
| • 4-20 mA analógico |
| • AB RIO |
| • ControlNet |
| • DeviceNet |
| • EtherNet/IP |
| • Modbus RTU |
| • Modbus TCP |
| • Profibus DP |
| • Profinet |
| • CC-Link |

Tabla 3:

IND780batch

El terminal IND780batch de METTLER TOLEDO combina múltiples opciones de control con una configuración sencilla en aplicaciones que usan hasta cuatro básculas. Entre las características y las ventajas se incluyen:

- Cumplimiento con ISA S88, ofreciendo un protocolo coherente para las operaciones de trabajo por lotes
- Hasta 40 entradas y 56 salidas permitiendo la máxima flexibilidad de la configuración de control
- Almacenamiento para hasta 1000 fórmulas con hasta 99 pasos por fórmula con la posibilidad de controlar 42 alimentaciones automáticas de material
- Opción configurable de reescalado de las fórmulas sobre la marcha y creación de ciclos de fórmulas
- Modos manuales, semiautomáticos y automáticos con mensajes definidos por el usuario y simplificación de la obtención de datos para los operarios
- La utilidad de configuración basada en ordenador BatchTool 780 simplifica la creación de fórmulas y pedidos, el registro para el seguimiento, la configuración de seguridad, la creación de informes de uso y las copias de seguridad y restauración de configuración
- Las pantallas de visualización del equipo muestran el estado del sistema para las funciones de diagnóstico avanzadas



Terminal IND780

El IND780batch envasado es compatible con la operación con una sola báscula y presenta las características y las ventajas siguientes:

- Controlador autónomo e independiente para aplicaciones de trabajo por lote
- Lógico para 10 materiales automáticos, una descarga para vaciar y un control auxiliar
- Botones Start/Resume y Pause/Abort
- Luz indicadora de estado



Terminal IND780batch envasado

Controlador IND780 Q.iMPACT

El terminal IND780 con el software de transferencia de material avanzado Q.iMPACT representa la última generación de controladores de llenado y trabajo por lotes. Los algoritmos de control a medida predictivos crean un modelo matemático en tiempo real para cada llenado. Aprenden y compensan automáticamente las variaciones naturales del proceso en cada carga. El sistema usa un control sencillo de encendido-apagado de una velocidad, lo que reduce en gran medida la complejidad y los costes de inversión y mantenimiento. Al usar un proceso de llenado sencillo de una sola velocidad, el llenado es más rápido y mucho más preciso en comparación con los diseños convencionales. Una empresa puede conseguir un mayor rendimiento con menos costes totales de capital y, a la vez, mejorar la calidad y la homogeneidad del producto. Una herramienta de configuración basada en PC especializada facilita la instalación y la configuración.



Terminal IND780 Q.iMPACT

Recipientes para reactores químicos

Los recipientes para reactores químicos presentan una serie de retos desde la perspectiva del pesaje, que se tratan en las secciones siguientes. Algunas de estas condiciones se aplican también al pesaje de depósitos, pero habitualmente en menor grado.



Figura 29: recipiente de pesaje

Tipos de reactores y aplicabilidad de la tecnología de pesaje

Un reactor discontinuo es un recipiente como el mostrado en la figura 29, y funciona añadiendo todas las materias primas (reactivos, catalizador y reagentes) al reactor antes de iniciar la reacción, por ejemplo, aumentando la temperatura de la mezcla de reacción en el caso de una reacción endotérmica. Durante la reacción no se producen adiciones ni descargas. El producto y el efluente se retiran solo cuando la reacción ha terminado.

Un reactor semidiscontinuo es similar al reactor discontinuo en el que todas las materias primas, con la excepción de un reactivo, se distribuyen en lotes en el primer momento. A continuación, el reactivo restante se dosifica para controlar la velocidad de la reacción. En otro modo, el reactor semidiscontinuo comienza con todas las materias primas presentes como el reactor discontinuo. Sin embargo, el producto se retira a una velocidad controlada a medida que la reacción avanza. No es muy frecuente, pero un reactor semidiscontinuo se puede usar tanto para dosificar un reactivo como para eliminar el producto o el efluente durante la reacción.

Una posibilidad para controlar mediante peso es mantener la proporción de las materias primas en las básculas para depósitos usando los métodos simultáneo o secuencial de trabajo por lotes descritos previamente, la salida de las básculas que se descargan directamente en el reactor.

Otra posibilidad sería ajustar la báscula al reactor y usar el método acumulativo de trabajo por lotes para distribuir las materias primas en lotes. Para los reactores semidiscontinuos, la báscula se podría usar también para controlar la dosificación de los reactivos adicionales o la descarga del producto. La única dificultad se produciría si la dosificación y la descarga tuvieran que suceder simultáneamente y no fuera posible alternar entre ambas tareas.

Un reactor con agitación de depósito con flujo continuo (CFSTR) es idéntico físicamente a los reactores discontinuos y semidiscontinuos, pero por definición las materias primas se añaden y el producto y el efluente se retiran de forma continua. La tecnología de pesaje no se puede aplicar a este tipo de reactor ni a otros tipos que emplean un proceso auténtico de flujo continuo.

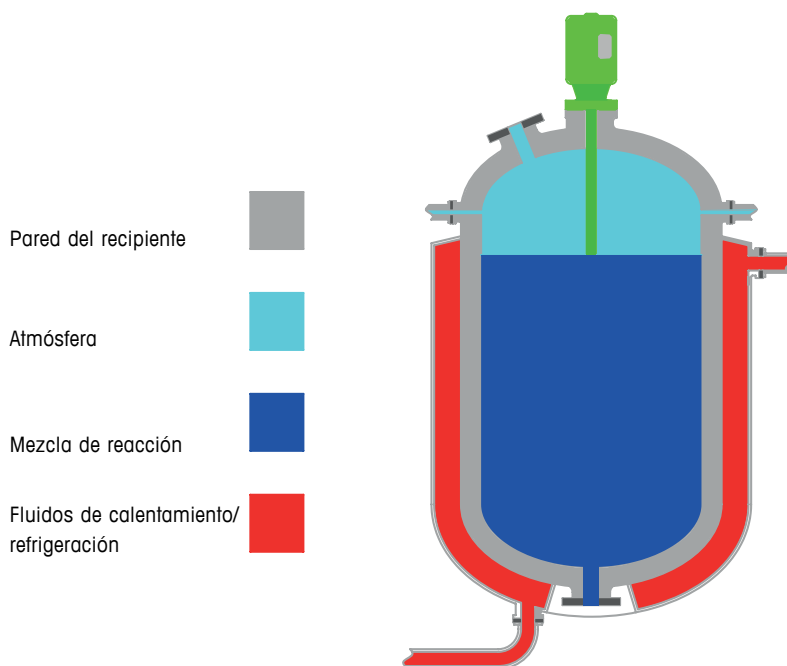


Figura 30: sección transversal de un reactor discontinuo típico

Peso muerto

Consulte la figura 30 en la que aparece una sección transversal de un reactor discontinuo típico. Hay una serie de factores que contribuyen al peso muerto de un reactor, lo cual no es deseable desde el punto de vista de la precisión. Aquí se muestra una descripción breve de estos factores.

1. Dado que suelen funcionar con presión elevada, el grosor de la pared de los recipientes de reacción puede ser muy grande en comparación con los depósitos habituales. Asimismo, pueden estar fabricados con acero revestido con vidrio o cerámica, aumentando el peso muerto.
2. Habitualmente están equipados con mezcladores montados directamente al recipiente. Junto con las bridas, las válvulas y otro equipo secundario, pueden contribuir notablemente al peso muerto.
3. La mayoría de los reactores tiene una bobina o camisa de calentamiento/refrigeración (como se ilustra en la figura 30). Su peso y, en algunas ocasiones con más relevancia, el peso del líquido que contiene, contribuyen al peso muerto. Un reactor así está aislado y protegido mediante una cubierta exterior de acero inoxidable, lo que a su vez incrementa el peso muerto.

METTLER TOLEDO puede suministrar células de carga y módulos de peso con capacidades de hasta 600 t o más, de modo que el peso no sea un problema en sí mismo, sino el hecho de que la precisión de pesaje se reduzca.

Al estimar la capacidad de la báscula, las células de carga o los módulos de pesaje necesarios, no olvide incluir todos los factores anteriores en el cálculo del peso muerto.

Sistemas de fluidos múltiples

Cuando se pesa un reactor, lo interesante a la hora de distribuir inicialmente en lotes las materias primas es el peso de la mezcla de reacción. Sin embargo, la báscula pesa otros sistemas del fluido y si su masa cambia durante el proceso de pesaje, se producen resultados.

Fluidos de calentamiento/refrigeración

Cualquier cambio en el peso del fluido de calentamiento/refrigeración en la báscula durante el pesaje tiene una influencia directa en la precisión del pesaje. Este puede ser considerable teniendo en cuenta los cambios de temperatura que los reactores pueden sufrir. Debe tener en cuenta el cambio en el volumen interno de la bobina o la camisa, así como el cambio en la densidad del fluido que se produce debido al cambio de temperatura. En los sistemas con calefacción por vapor, asegúrese de que cualquier acumulación de condensación sea constante durante la operación de pesaje.

Atmósfera

En los reactores, la presión se suele elevar para acelerar la velocidad de reacción. Debe valorar el cambio de peso de la atmósfera por encima de la mezcla de reacción si se produce durante el proceso de pesaje. Si se toma como ejemplo aire a 21 °C (70 °F) constantes, su densidad es de 1,2 kg/m³ (0,075 lb/ft³) a una presión del manómetro de 0 Pa (0 psi), pero es de 83 kg/m³ (5,18 lb/ft³) a 6895 kPa (1000 psi). Por supuesto, la densidad de un gas varía también con la temperatura.

Además, un sistema presurizado presenta algunas dificultades únicas en relación con las tuberías conectadas. Resulta conveniente usar tubos flexibles para establecer las conexiones a los depósitos y los recipientes. No obstante, pueden actuar como "cilindros neumáticos" cuando se someten a cambios en la presión, aplicando fuerzas no deseadas a la báscula. Esto resulta especialmente inconveniente si el tubo flexible o la junta de expansión se encuentran en un tramo de tuberías conectado en vertical a la báscula. Consulte la referencia 1 para obtener más información.



Sección superior del reactor que se extiende hasta la planta siguiente con espacio adecuado para el movimiento



Sección inferior del reactor montado en módulos de pesaje de compresión flexibles

Algunas reacciones causan la evolución de un gas y, si está ventilado, el peso de la báscula disminuye.

Tenga en cuenta asimismo el efecto de los procesos semidiscontinuos en los que un reactivo gaseoso se suministra en forma de burbujas a la mezcla de reacción durante la reacción química. Habitualmente, se suministra un exceso de gas, que se libera constantemente. El aumento de peso de la mezcla de reacción es igual que el peso del gas añadido menos la cantidad liberada.

Temperatura

Las células de carga son sensibles a los cambios de temperatura y afectan a la salida cero y la sensibilidad. Se compensan en la producción, y las células de carga con homologaciones comerciales (legales para el comercio) se ajustan a las tolerancias más estrictas. Sin embargo, una sensibilidad permanece y, desde el punto de vista de la precisión, resulta lógico limitar el cambio de temperatura de la célula de carga en cualquier aplicación. Además, las células de carga tienen una especificación del "intervalo de temperatura de funcionamiento" que cuando se supera, su rendimiento se puede menoscabar o las células pueden resultar dañadas. Una vez más, resulta lógico limitar los extremos de temperaturas que sufren las células de carga.

Se trata de una consideración importante con reactores que suelen funcionar a temperaturas alejadas de la temperatura ambiente. En la figura 31 se muestra la estructura de montaje menos conveniente debido a la ruta corta de conducción de calor hasta la célula de carga, mientras que en las figuras 32 y 33 presentan situaciones más adecuadas con rutas de conducción más largas.

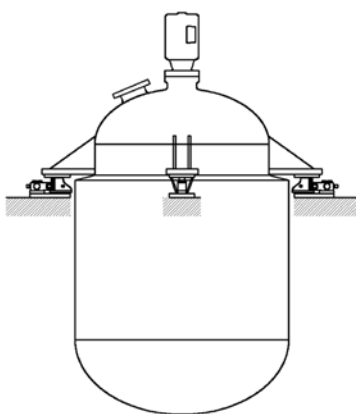


Figura 31: reactor montado en compresión, estructura "para suelo"

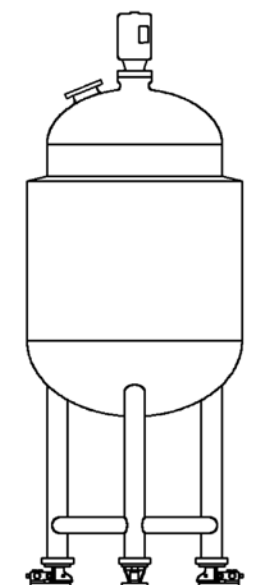


Figura 32: reactor montado en compresión con patas reforzadas

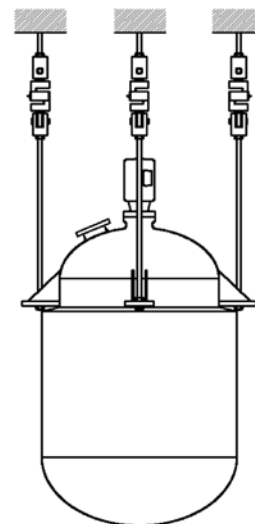


Figura 33: reactor montado en tensión con módulos de pesaje a tracción

Si no se puede evitar una estructura de montaje como la mostrada en la figura 31, METTLER TOLEDO suministra almohadillas de aislamiento térmico para sus módulos de pesaje. Estas se montan entre la placa superior del módulo de pesaje y el recipiente para reducir la conducción. Asimismo, mantenga las células de carga lo más alejado posible de la entrada de fluidos de calentamiento/refrigeración, ya que suele ser el punto más caliente/frío del recipiente.

En general, si una célula de carga está sometida a calefacción radiante, se puede proteger de forma sencilla insertando una pantalla metálica entre la célula y la fuente.

Vibración

Como se muestra en la figura 34, los reactores se ajustan siempre con mezcladores y, en algunas ocasiones, pueden ser muy grandes en relación con la capacidad del recipiente. Esto puede causar que la báscula oscile y vibre e introduzca ruido en la señal eléctrica, afectando la precisión. Hay una serie de medidas que se pueden adoptar para minimizar estos problemas:

1. Si es posible, no maneje la mezcladora durante la operación de pesaje.
2. Si el módulo de pesaje está equipado con una suspensión autoalineada, use estabilizadores horizontales para nivelar la báscula.
Los estabilizadores opcionales están disponibles para algunos módulos de pesaje de METTLER TOLEDO.
3. Use almohadillas amortiguadoras de vibraciones o impactos, suministradas por METTLER TOLEDO para la mayoría de los módulos de pesaje, entre la placa superior del módulo de pesaje y la báscula, con el fin de amortiguar las vibraciones.
4. Use un terminal de METTLER TOLEDO con TraxDSP, como ya se ha mencionado previamente.

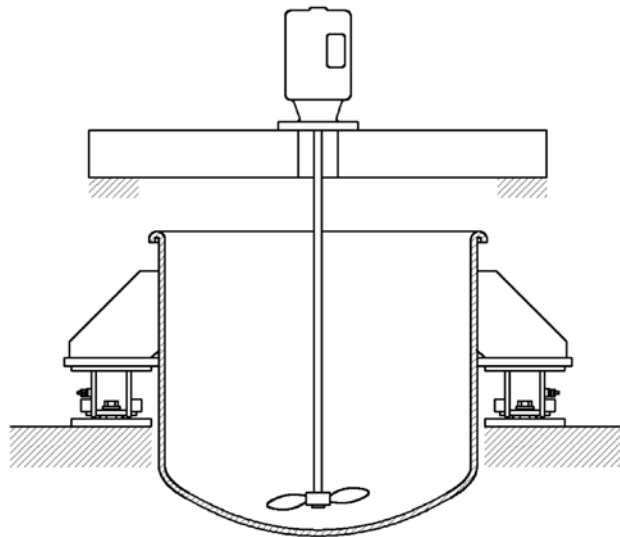


Figura 34: depósito con mezclador montado externamente

Cuando en un depósito (habitualmente no un recipiente para reactores) hay montado un mezclador de forma independiente como se muestra en la figura 34, se pueden transmitir torsiones rotativas grandes al depósito, afectando considerablemente la precisión. Resulta relevante estabilizar la báscula colocando estabilizadores tangenciales.

Consulte la referencia 1 para obtener más información acerca de las vibraciones, mezcladores, etc.

Requisitos de certificación

Las áreas inmediatamente circundantes a las máquinas de trabajo por lotes se suelen clasificar como zonas peligrosas, debido a los gases o al polvo resultantes del proceso de trabajo por lotes. METTLER TOLEDO dispone de una gama completa de productos que cumple con los distintos requisitos globales para equipos eléctricos usados en las zonas peligrosas. Estas homologaciones se ofrecen de serie en muchas células de carga de METTLER TOLEDO (consulte la referencia 6). Asimismo, muchos accesorios de módulos de pesaje y células de carga cumplen de serie la normativa EN sobre equipo no eléctrico usado en zonas peligrosas (consulte la referencia 10). METTLER TOLEDO también ofrece varios recursos que ayudan a seleccionar equipos para zonas peligrosas (consulte las referencias 9, 11, 12 y 13). Visite las páginas www.mt.com/webinar o www.mt.com/hazardous para ver los cursos on-line.

Hay diferentes situaciones en las que el rendimiento del equipo de la báscula debe ser conforme con las normas nacionales e internacionales, en especial cuando se usan para la transferencia de custodia. METTLER TOLEDO ofrece una gama completa de productos homologados internacionalmente para su uso en aplicaciones comerciales (legales para el comercio). Estas homologaciones se ofrecen de serie en muchas células de carga (consulte la referencia 6 o www.mt.com/ind-weighing-component-catalog).

Referencias

1. Manual de sistemas de módulos de pesaje, METTLER TOLEDO AG.
www.mt.com/ind-system-handbook
2. Precisión del pesaje en básculas para depósitos, METTLER TOLEDO AG.
3. Módulos de pesaje modernos, METTLER TOLEDO AG.
4. Tecnologías de pesaje, METTLER TOLEDO AG.
5. Comparación de PowerMount™ con módulos de pesaje analógicos, METTLER TOLEDO AG.
6. Catálogo de componentes de pesaje, METTLER TOLEDO AG.
7. Control de lotes avanzado, METTLER TOLEDO AG.
8. Comprensión del sistema de trabajo por lotes, METTLER TOLEDO AG.
9. Catálogo para zonas peligrosas, METTLER TOLEDO AG.
10. EN 13463-1, Equipo no eléctrico de uso en atmósferas potencialmente explosivas.
Parte 1: Método básico y requisitos, CEN.
11. Seguridad de procesos mediante soluciones de pesaje intrínsecamente seguras, METTLER TOLEDO AG.
12. Curso on-line sobre pesaje en zonas peligrosas: Nivel básico, METTLER TOLEDO AG.
13. Curso on-line sobre pesaje en zonas peligrosas: Nivel avanzado, METTLER TOLEDO AG.

Gama completa de componentes de pesaje

La completa gama de células de pesaje abarca cualquier valor comprendido entre 11 g y 300 t. La menor legibilidad es de 0,001 mg. La amplia gama de componentes electrónicos incluye terminales de pesaje completos para su uso en paneles de control, además de componentes para montaje sobre carril DIN en armarios de control. En función de la versión, los componentes electrónicos se pueden integrar en sistemas de comunicación mediante interfaces analógicas o en serie, Profibus DP, Profinet IO, Ethernet IP, Modbus, DeviceNet o ControlNet y CC-Link.

Esta amplia gama se presenta detalladamente en 200 páginas, que también incluyen dibujos e instrucciones de montaje.



Solicite su copia impresa del catálogo de pesaje en español o descargue el contenido como fichas técnicas individuales en formato PDF.

► www.mt.com/weighing-component-catalog

www.mt.com

Para más información

Mettler-Toledo AG
Industrial Division
CH-8606 Nänikon, Switzerland

Local contact: www.mt.com/contacts

Subject to technical changes
© 10/2014 Mettler-Toledo AG
Order Number: 30220325