

Kit de densidad para determinar sólidos y líquidos



MS-DNY-54

MS-DNY-43

ML-DNY-43

JEW-DNY-43

METTLER TOLEDO

Índices de contenidos

1	Introducción	5
2	Suministro básico	6
3	Cómo preparar la balanza para la determinación de la densidad	8
4	Principio de determinación de la densidad	10
5	Determinación de la densidad de sólidos	11
	5.1 Aspectos básicos	11
	5.2 Cómo determinar la densidad de sólidos	11
	5.3 Cómo aumentar la precisión del resultado	13
6	Determinación de la densidad de líquidos	14
	6.1 Aspectos básicos	14
	6.2 Cómo determinar la densidad de líquidos	14
	6.3 Cómo aumentar la precisión del resultado	15
7	Información adicional	16
	7.1 Factores influyentes	16
	7.2 Tabla de densidad del agua destilada	17
	7.3 Tabla de densidad del etanol	18

1 Introducción

Gracias por adquirir el kit de determinación de la densidad para su balanza METTLER TOLEDO. Con ayuda de este kit, podrá utilizar su balanza para determinar la densidad de sólidos y líquidos.

Estas instrucciones describen el funcionamiento del kit de determinación de la densidad. Lea las instrucciones de manejo incluidas con su balanza para saber cómo funciona la misma.

Nota:

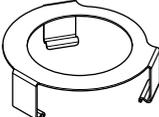
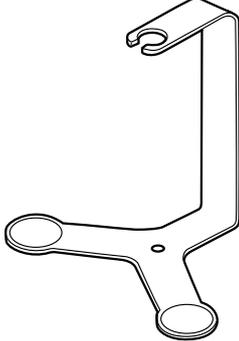
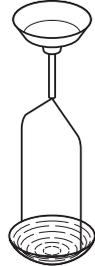
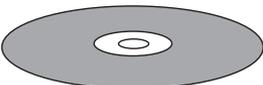
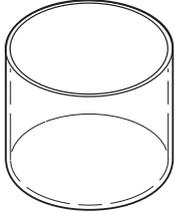
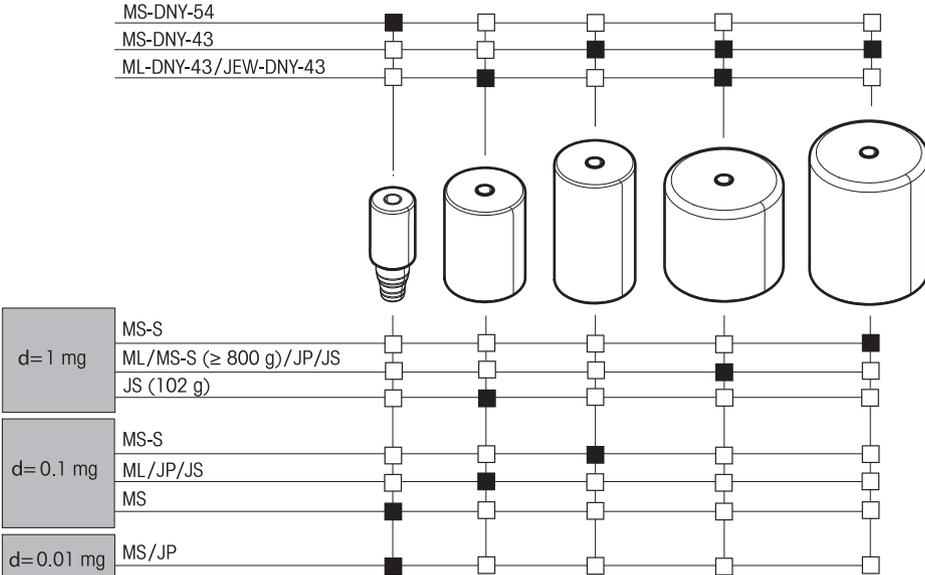
- Balanzas con la versión de software V.1.30 o posterior instalada inicialmente:
La aplicación de densidad está disponible.
- Balanzas con versión de software anterior a la versión V.1.30 instalada inicialmente:
Es necesario una actualización de software y TDNR para utilizar la aplicación de densidad. Póngase en contacto con el servicio de atención al cliente de METTLER TOLEDO.



Preste atención y cumpla todas las advertencias de seguridad indicadas en las instrucciones de manejo de su balanza.

2 Suministro básico

El kit para la determinación de la densidad de sólidos contiene las piezas individuales que se detallan en la siguiente tabla.

Plataforma 	Soporte 	Cesta universal para sólidos flotantes y no flotantes (30004211) 
Platillo 		Agente humectante (0072409) 
Tornillo 		CD con instrucciones de manejo (11781524) 
Vaso de cristal Ø 80 mm (11142289) 	Termómetro de precisión con soporte (00238767) (versión calibrada opcional con certificado, 11132685) 	
Pantalla de protección (excepto MS-DNY-54) 		
Pesas de compensación, en función del kit  <p>MS-DNY-54 MS-DNY-43 ML-DNY-43/JEW-DNY-43</p> <p>d=1 mg: MS-S, ML/MS-S (≥ 800 g)/JP/JS, JS (102 g)</p> <p>d=0.1 mg: MS-S, ML/JP/JS, MS</p> <p>d=0.01 mg: MS/JP</p>		

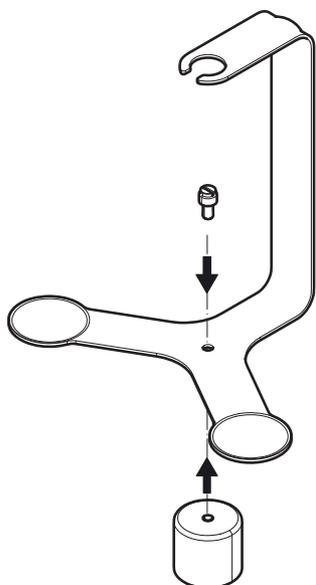
Para determinar la densidad de líquidos, necesitará el kit y el **dispositivo de inmersión de 10 cm³** opcional (00210260)

Dispositivo de inmersión calibrado con certificado (00210672)

Nuevo certificado (dispositivo de inmersión recalibrado) (00210674)



3 Cómo preparar la balanza para la determinación de la densidad

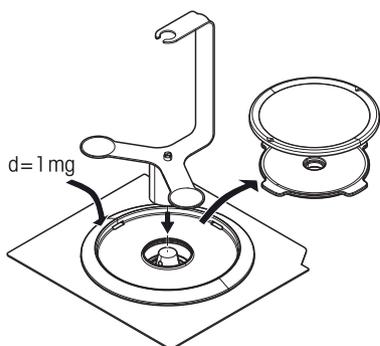


1 Cómo instalar la pesa de compensación

Para seleccionar la pesa de compensación adecuada, consulte la tabla incluida en el capítulo "Suministro básico".

Fije la pesa de compensación correspondiente al soporte con el tornillo.

Atención: asegúrese de ajustar el tornillo lo suficiente para permitir un buen contacto a tierra.

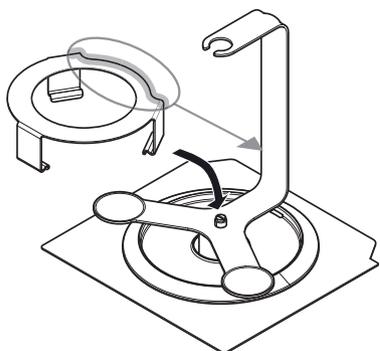


2

a) Saque el plato de pesada y su soporte (en su caso) de la cámara de pesaje.

b) **Para modelos d = 1 mg:** coloque la pantalla de protección.

c) Coloque el soporte con la pesa de compensación instalada sobre el cono de pesaje.

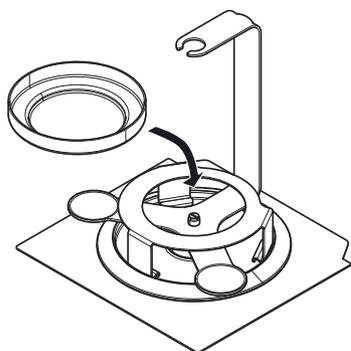


3

a) Coloque la plataforma sobre la pantalla de protección.

b) Gire el soporte de forma que quede alineado con la plataforma.

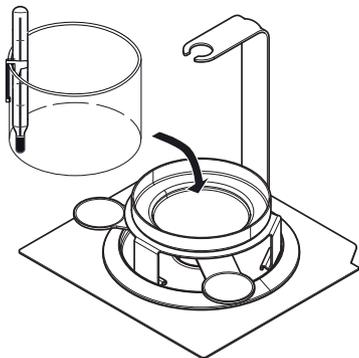
Atención: el soporte no debe estar en contacto con la plataforma en ninguna circunstancia.



4

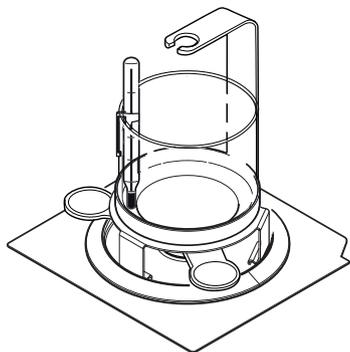
Coloque la platillo en la plataforma.

- 5**
- a) Suspenda el termómetro suministrado del borde del vaso.
 - b) Coloque el vaso sobre la platillo.



- 6** **Su balanza ya está lista para realizar mediciones de densidad.**

Nota: si la balanza se ha apagado mientras se estaba realizando una medición (por ejemplo, por un corte de la red eléctrica), configure el kit como se ha indicado antes de reiniciar la balanza.



4 Principio de determinación de la densidad

La densidad ρ es el cociente de la masa (m) y el volumen (V).

$$\rho = \frac{m}{V}$$

El sistema internacional de unidades especifica que la unidad de densidad es el kg/m^3 . Sin embargo, en el ámbito del laboratorio, resulta más práctico trabajar con g/cm^3 .

La determinación de la densidad normalmente se lleva a cabo según el **Principio de Arquímedes**, que también se utiliza con el kit de determinación de la densidad para las balanzas. Este principio establece que todo cuerpo sólido sumergido en un fluido presenta una pérdida aparente de peso igual a la del fluido que desplaza.

El proceso para determinar la densidad según el principio de Arquímedes depende de si se va a determinar la **densidad de sólidos o líquidos**.

5 Determinación de la densidad de sólidos

5.1 Aspectos básicos

La densidad de un sólido se determina con ayuda de un líquido cuya densidad ρ_0 sea conocida (normalmente se usan agua o etanol como líquidos auxiliares). Se pesa el sólido en el aire (A) y después dentro del líquido auxiliar (B). La densidad ρ puede calcularse a partir de uno de los dos pesajes siguientes:

Densidad:

$$\rho = \frac{A}{A-B} (\rho_0 - \rho_L) + \rho_L$$

Volumen:

$$V = \alpha \frac{A - B}{\rho_0 - \rho_L}$$

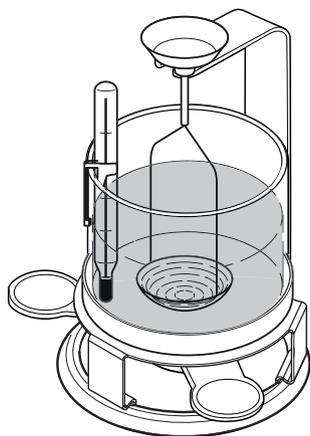
ρ	=	Densidad de la muestra
A	=	Peso de la muestra en el aire
B	=	Peso de la muestra dentro del líquido auxiliar
V	=	Volumen de la muestra
ρ_0	=	Densidad del líquido auxiliar
ρ_L	=	Densidad del aire (0,0012 g/cm ³)
α	=	Factor de corrección del peso (0,99985), a fin de tener en cuenta el empuje de Arquímedes de la pesa de ajuste.

5.2 Cómo determinar la densidad de sólidos

Nota: estas instrucciones explican cómo trabajar con el kit de determinación de la densidad. En ellas se describe el procedimiento para determinar la densidad de forma manual.

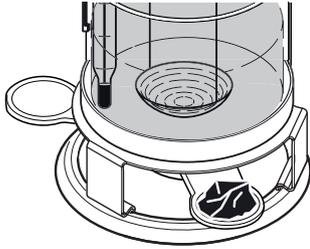
Si necesita información sobre el funcionamiento de su balanza, consulte las Instrucciones de manejo incluidas con la misma. Las Instrucciones de manejo incluyen instrucciones sobre cómo trabajar con la **aplicación de determinación de la densidad** incorporada en la balanza (a partir de la versión de software 1.30 de la balanza).

Para determinar la densidad de sólidos, utilice la cesta universal para sólidos flotantes o no flotantes.



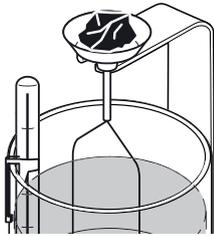
- Prepare la balanza para determinar la densidad según las instrucciones de la sección correspondiente.
- a) Llene el vaso con líquido auxiliar (un líquido de densidad conocida ρ_0 , normalmente agua destilada o etanol). Añada el suficiente líquido para garantizar que el sólido queda cubierto por al menos 1 cm de líquido una vez sumergido.
- b) Suspenda el soporte universal para sólidos del soporte (en la ilustración de la izquierda aparece la cesta universal preparada para sólidos no flotantes).

Asegúrese de que **no** se adhieran **burbujas de aire** a la parte sumergida de la cesta (elimine cualquier burbuja moviendo la cesta o con un cepillo fino).



Pesaje en el aire:

- Cierre las puertas de la pantalla de protección y tare la balanza.
- Coloque el sólido en uno de los dos receptores de carga del soporte.
- Espere hasta que el pesaje mostrado en la pantalla de la balanza se estabilice (el detector de estabilidad se apaga).
- Anote el peso A de la pantalla (peso de la muestra en el aire).

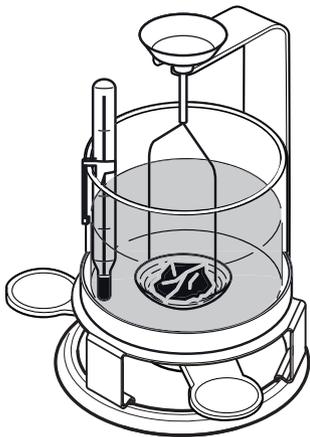


Nota para los modelos de 0,01 mg y 0,1 mg:

Cuando se pesen en el aire **sólidos con un peso superior a 20 g**, colóquelos en la platillo sobre la cesta (por encima de 20 g pueden aparecer errores de estabilidad en un brazo en el pesaje).

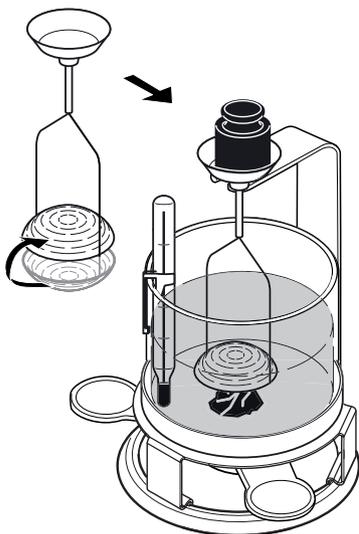
Pesaje dentro del líquido:

- Quite el sólido de la platillo, cierre las puertas de la pantalla de protección y tare la balanza.
- Coloque el sólido en la cesta. Asegúrese de que no se adhiera ninguna burbuja de aire al sólido (quite cualquier burbuja con un cepillo fino).
- Espere hasta que la balanza se estabilice y anote el peso B mostrado en la pantalla (peso de la muestra dentro del líquido auxiliar).
- A continuación, calcule la densidad ρ del sólido utilizando la fórmula anterior.



Nota para sólidos con una densidad inferior a 1 g/cm³:

La cesta universal debe prepararse para sólidos flotantes girándose. De esta forma, el cuerpo sólido se mantendrá por debajo de la superficie del líquido auxiliar. Si el empuje de Arquímedes del sólido es mayor que el peso de la cesta, la cesta debe pesarse colocando una pesa adicional en el plato de pesada superior del soporte. **Después de cargar la pesa adicional, tare la balanza y vuelva a realizar el procedimiento de determinación de la densidad, pesando primero el sólido en el aire (A) y después dentro del líquido auxiliar (B).**



5.3 Cómo aumentar la precisión del resultado

Estos consejos le ayudarán a aumentar la precisión de los resultados de determinación de la densidad de sólidos.

Temperatura

Generalmente, los sólidos son tan ajenos a las fluctuaciones de temperatura que los cambios de densidad correspondiente no tienen relevancia. Sin embargo, al trabajar con un líquido auxiliar para determinar la densidad de los sólidos según el principio de Arquímedes, su temperatura debe tenerse en cuenta, ya que esta afecta más a los líquidos y causa cambios de densidad del orden de magnitud del 0,1 al 1 ‰ por cada °C. El efecto ya es apreciable en el tercer decimal del resultado.

Para conseguir resultados precisos, le recomendamos que siempre tenga en cuenta la temperatura del líquido auxiliar a la hora de determinar la densidad. Puede obtener los valores correspondientes de un libro de tablas. En el apartado 6 se incluyen tablas para el agua destilada y el etanol.

Tensión superficial del líquido auxiliar

La adhesión del líquido auxiliar a los cables de suspensión de la cesta causa un aumento de peso apreciable de hasta 3 mg.

Como la cesta se sumerge en el líquido auxiliar en ambos pesajes del sólido (en el aire y dentro del líquido auxiliar) y la balanza se tara antes de cada medición, la influencia del aumento de peso apreciable puede pasarse por alto.

Si se requiere la mayor precisión, utilice unas gotas del agente humectante suministrado.

6 Determinación de la densidad de líquidos

6.1 Aspectos básicos

La densidad de un líquido se determina utilizando un dispositivo de inmersión de volumen conocido. El dispositivo de inmersión se pesa en el aire y después dentro del líquido cuya densidad quiere determinarse. La densidad ρ puede determinarse a través de los dos pesajes, de la siguiente forma:

$$\rho = \alpha \frac{A-B}{V} + \rho_L$$

Con una balanza electrónica, puede determinarse el peso del líquido desplazado P ($P = A - B$) y, por tanto, el empuje de Arquímedes, con lo que la fórmula anterior puede reducirse a:

Densidad:

$$\rho = \alpha \frac{P}{V} + \rho_L$$

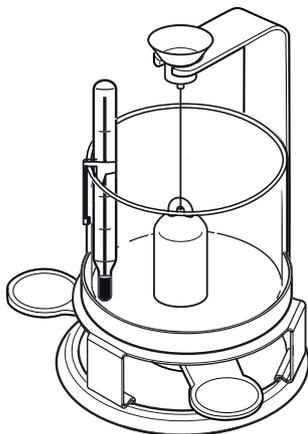
ρ	=	Densidad del líquido
A	=	Peso del dispositivo de inmersión en el aire
B	=	Peso de la muestra dentro del líquido
V	=	Volumen del dispositivo de inmersión
ρ_L	=	Densidad del aire (0,0012 g/cm ³)
α	=	Factor de corrección del peso (0,99985), a fin de tener en cuenta el empuje de Arquímedes de la pesa de ajuste.
P	=	Peso del líquido desplazado ($P = A - B$)

6.2 Cómo determinar la densidad de líquidos

Nota: estas instrucciones explican cómo trabajar con el kit de determinación de la densidad. En ellas se describe el procedimiento para determinar la densidad de forma manual.

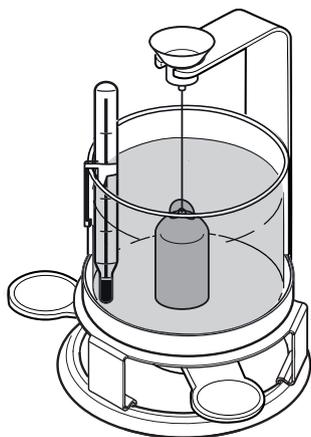
Si necesita información sobre el funcionamiento de su balanza, consulte las Instrucciones de manejo incluidas con la misma. Las Instrucciones de manejo incluyen instrucciones sobre cómo trabajar con la **aplicación de determinación de la densidad** incorporada en la balanza (a partir de la versión de software 1.30 de la balanza).

Para determinar la densidad de líquidos, utilice el dispositivo de inmersión opcional.



Pesaje del dispositivo de inmersión en el aire:

- Prepare la balanza para determinar la densidad según las instrucciones de la sección correspondiente.
- a) Suspenda el dispositivo de inmersión del soporte y asegúrese de que no toque ni el vaso ni el termómetro.
- b) Tare la balanza.



Pesaje del dispositivo de inmersión dentro del líquido:

- a) Añada el líquido cuya densidad desee determinar en el vaso (hasta aproximadamente 1 cm por encima de la señal de suspensión del dispositivo de inmersión). Asegúrese de que no se adhiera ninguna burbuja de aire al dispositivo de inmersión (quite cualquier burbuja con un cepillo fino).
- b) Espere hasta que el pesaje mostrado en la pantalla de la balanza se estabilice (el detector de estabilidad se apaga) y anote el valor P de la pantalla (peso del líquido desplazado).
- c) A continuación, calcule la densidad ρ del líquido (al valor de la temperatura del termómetro) con la fórmula anterior.

6.3 Cómo aumentar la precisión del resultado

Estos consejos le ayudarán a aumentar la precisión de los resultados al determinar la densidad de líquidos.

Tolerancia de volumen del dispositivo de inmersión

El dispositivo de inmersión opcional 210260 recomendado para determinar la densidad de líquidos se ajusta a las exigencias de la normativa alemana en materia de pesos y medidas (EO 13-4, apartado 9.21). El volumen del dispositivo de inmersión 210260, incluida la mitad superior del cable de suspensión, ha sido ajustado de forma que el error máximo en la determinación de la densidad de agua a una temperatura de 20 °C sea de $\pm 0,0005 \text{ g/cm}^3$.

7 Información adicional

Este apartado recoge información sobre los factores que pueden influir negativamente en la precisión de los resultados experimentales. Además, encontrará tablas de densidad correspondientes al agua destilada y al etanol.

7.1 Factores influyentes

Además de la temperatura, el empuje del aire y la tensión superficial del líquido, los resultados experimentales pueden verse afectados por los siguientes factores:

- Profundidad de inmersión de la cesta o del dispositivo de inmersión
- Burbujas de aire
- Porosidad del cuerpo sólido

Profundidad de inmersión de la cesta o del dispositivo de inmersión

El dispositivo de inmersión para la **determinación de la densidad de líquidos** se suspende de un cable de platino de **0,2 mm de diámetro**. En el agua, el cable experimenta un **empuje de Arquímedes de aproximadamente 0,3 mg por cada 10 mm de profundidad de inmersión**.

Ejemplo: si el líquido está 10 mm por encima del indicador de suspensión del dispositivo de inmersión, hay aproximadamente 40 mm de cable sumergidos. Esto da como resultado un empuje de Arquímedes de 1,2 mg en densidades en torno a 1. Debido a la división del empuje de Arquímedes entre 10 cm³ (= volumen del dispositivo de inmersión), el error en el resultado es insignificamente pequeño y no requiere corrección.

La parte sumergida de la cesta en la **determinación de la densidad de sólidos** incluye dos cables, **cada uno de 0,6 mm de diámetro**. Con una densidad del líquido de 1, esto tiene como resultado un **empuje de Arquímedes de aproximadamente 0,4 mg por cada milímetro de profundidad de inmersión**.

En el pesaje del sólido en el aire, la profundidad de inmersión de la cesta no se ve alterada. La fuerza del empuje de Arquímedes sobre la cesta es, por tanto, constante y puede pasarse por alto. Sin embargo, es importante asegurarse de que el **nivel del líquido no cambie** entre pesajes (el cambio en el nivel del líquido al sumergir el sólido es normalmente insignificante).

Burbujas de aire

En el caso de líquidos con poca humectación (por ejemplo, agua sin agente humectante) es posible que queden burbujas de aire adheridas a las partes sumergidas (sólido, dispositivo de inmersión o cesta) y que influyan en el resultado, debido a su empuje de Arquímedes. Una burbuja de 1 mm de diámetro causa un empuje de Arquímedes de 0,5 mg, mientras que una de 2 mm de diámetro tiene un empuje de hasta 4 mg. Para evitar las burbujas de aire, recomendamos seguir estas **medidas de precaución**:

Utilice el agente humectante incluido u otro agente del mercado o líquidos orgánicos (el cambio de densidad sufrido por el agua destilada al añadir un agente humectante puede pasarse por alto).

- Desengrase los sólidos resistentes a disolventes.
- Limpie la cesta y el dispositivo de inmersión con frecuencia. Nunca toque las partes sumergidas con la mano.
- Sacuda suavemente la cesta y el dispositivo de inmersión al sumergirlos por primera vez, para desprender cualquier burbuja de aire.
- Quite todas las burbujas de aire difíciles de eliminar con un cepillo fino.
- Utilice el agente humectante incluido u otro agente del mercado o líquidos orgánicos (el cambio de densidad sufrido por el agua destilada al añadir un agente humectante puede pasarse por alto).

Porosidad del sólido

Cuando los cuerpos sólidos se sumergen en un líquido, normalmente no se desplaza todo el aire de los poros. Esto lleva a errores en el empuje de Arquímedes y, por tanto, la densidad de los cuerpos porosos solo puede determinarse de forma aproximada.

7.2 Tabla de densidad del agua destilada

Tabla de densidad para agua destilada

T/°C	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
10.	0.99973	0.99972	0.99971	0.99970	0.99969	0.99968	0.99967	0.99966	0.99965	0.99964
11.	0.99963	0.99962	0.99961	0.99960	0.99959	0.99958	0.99957	0.99956	0.99955	0.99954
12.	0.99953	0.99951	0.99950	0.99949	0.99948	0.99947	0.99946	0.99944	0.99943	0.99942
13.	0.99941	0.99939	0.99938	0.99937	0.99935	0.99934	0.99933	0.99931	0.99930	0.99929
14.	0.99927	0.99926	0.99924	0.99923	0.99922	0.99920	0.99919	0.99917	0.99916	0.99914
15.	0.99913	0.99911	0.99910	0.99908	0.99907	0.99905	0.99904	0.99902	0.99900	0.99899
16.	0.99897	0.99896	0.99894	0.99892	0.99891	0.99889	0.99887	0.99885	0.99884	0.99882
17.	0.99880	0.99879	0.99877	0.99875	0.99873	0.99871	0.99870	0.99868	0.99866	0.99864
18.	0.99862	0.99860	0.99859	0.99857	0.99855	0.99853	0.99851	0.99849	0.99847	0.99845
19.	0.99843	0.99841	0.99839	0.99837	0.99835	0.99833	0.99831	0.99829	0.99827	0.99825
20.	0.99823	0.99821	0.99819	0.99817	0.99815	0.99813	0.99811	0.99808	0.99806	0.99804
21.	0.99802	0.99800	0.99798	0.99795	0.99793	0.99791	0.99789	0.99786	0.99784	0.99782
22.	0.99780	0.99777	0.99775	0.99773	0.99771	0.99768	0.99766	0.99764	0.99761	0.99759
23.	0.99756	0.99754	0.99752	0.99749	0.99747	0.99744	0.99742	0.99740	0.99737	0.99735
24.	0.99732	0.99730	0.99727	0.99725	0.99722	0.99720	0.99717	0.99715	0.99712	0.99710
25.	0.99707	0.99704	0.99702	0.99699	0.99697	0.99694	0.99691	0.99689	0.99686	0.99684
26.	0.99681	0.99678	0.99676	0.99673	0.99670	0.99668	0.99665	0.99662	0.99659	0.99657
27.	0.99654	0.99651	0.99648	0.99646	0.99643	0.99640	0.99637	0.99634	0.99632	0.99629
28.	0.99626	0.99623	0.99620	0.99617	0.99614	0.99612	0.99609	0.99606	0.99603	0.99600
29.	0.99597	0.99594	0.99591	0.99588	0.99585	0.99582	0.99579	0.99576	0.99573	0.99570
30.	0.99567	0.99564	0.99561	0.99558	0.99555	0.99552	0.99549	0.99546	0.99543	0.99540

7.3 Tabla de densidad del etanol

Tabla de densidad para etanol

T/°C	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
10.	0.79784	0.79775	0.79767	0.79758	0.79750	0.79741	0.79733	0.79725	0.79716	0.79708
11.	0.79699	0.79691	0.79682	0.79674	0.79665	0.79657	0.79648	0.79640	0.79631	0.79623
12.	0.79614	0.79606	0.79598	0.79589	0.79581	0.79572	0.79564	0.79555	0.79547	0.79538
13.	0.79530	0.79521	0.79513	0.79504	0.79496	0.79487	0.79479	0.79470	0.79462	0.79453
14.	0.79445	0.79436	0.79428	0.79419	0.79411	0.79402	0.79394	0.79385	0.79377	0.79368
15.	0.79360	0.79352	0.79343	0.79335	0.79326	0.79318	0.79309	0.79301	0.79292	0.79284
16.	0.79275	0.79267	0.79258	0.79250	0.79241	0.79232	0.79224	0.79215	0.79207	0.79198
17.	0.79190	0.79181	0.79173	0.79164	0.79156	0.79147	0.79139	0.79130	0.79122	0.79113
18.	0.79105	0.79096	0.79088	0.79079	0.79071	0.79062	0.79054	0.79045	0.79037	0.79028
19.	0.79020	0.79011	0.79002	0.78994	0.78985	0.78977	0.78968	0.78960	0.78951	0.78943
20.	0.78934	0.78926	0.78917	0.78909	0.78900	0.78892	0.78883	0.78874	0.78866	0.78857
21.	0.78849	0.78840	0.78832	0.78823	0.78815	0.78806	0.78797	0.78789	0.78780	0.78772
22.	0.78763	0.78755	0.78746	0.78738	0.78729	0.78720	0.78712	0.78703	0.78695	0.78686
23.	0.78678	0.78669	0.78660	0.78652	0.78643	0.78635	0.78626	0.78618	0.78609	0.78600
24.	0.78592	0.78583	0.78575	0.78566	0.78558	0.78549	0.78540	0.78532	0.78523	0.78515
25.	0.78506	0.78497	0.78489	0.78480	0.78472	0.78463	0.78454	0.78446	0.78437	0.78429
26.	0.78420	0.78411	0.78403	0.78394	0.78386	0.78377	0.78368	0.78360	0.78351	0.78343
27.	0.78334	0.78325	0.78317	0.78308	0.78299	0.78291	0.78282	0.78274	0.78265	0.78256
28.	0.78248	0.78239	0.78230	0.78222	0.78213	0.78205	0.78196	0.78187	0.78179	0.78170
29.	0.78161	0.78153	0.78144	0.78136	0.78127	0.78118	0.78110	0.78101	0.78092	0.78084
30.	0.78075	0.78066	0.78058	0.78049	0.78040	0.78032	0.78023	0.78014	0.78006	0.77997

Densidad de C₂H₅OH según el "Manual del Instituto Americano de Física".

GWP® – Good Weighing Practice™

La directriz mundial de pesaje GWP® reduce los riesgos asociados a sus procesos de pesaje y le ayuda a

- seleccionar la balanza adecuada
- reducir costes optimizando los procedimientos de control
- estar en cumplimiento de con los requisitos regulatorios más comunes

► www.mt.com/GWP

www.mt.com

Para más información

Mettler-Toledo AG, Laboratory & Weighing Technologies

CH-8606 Greifensee, Switzerland

Tel. +41 (0)44 944 22 11

Fax +41 (0)44 944 30 60

www.mt.com

Reservadas las modificaciones técnicas.

© Mettler-Toledo AG 07/2010

11781524 Spanish 2.14

