

Tanques y recipientes



Tanques

En la industria es muy común encontrarse con tanques de muy diversas formas llenos total o parcialmente con un fluido. Algunas formas geométricas permiten el cálculo de los volúmenes en forma fácil, otros no tanto. En esta presentación se hace una síntesis de los cálculos para obtener los volúmenes de la mayoría de los tanques encontrados en la industria.



Usos de los recipientes

Existen numerosos tipos de recipientes que se utilizan en las plantas industriales o de procesos. Algunos de estos tienen la finalidad de almacenar sustancias que se dirigen o convergen de algún proceso, este tipo de recipientes son llamados en general tanques. Los diferentes tipos de recipientes que existen, se clasifican de la siguiente manera:

POR SU USO:

Los podemos dividir en recipientes de almacenamiento y en recipientes de procesos.

Los primeros nos sirven únicamente para almacenar fluidos a presión y de acuerdo con sus servicios son conocidos como tanques de almacenamiento, tanques de día, tanques acumuladores, etc.



Los recipientes a presión pueden ser cilíndricos o esféricos. Los primeros son horizontales o verticales, y pueden tener en algunos casos, chaquetas para incrementar o decrecer la temperatura de los fluidos según sea el caso.

Los esféricos se utilizan generalmente como tanques de almacenamiento, y se recomiendan para almacenar grandes volúmenes a altas presiones. Puesto que la forma esférica es la forma natural que toman los cuerpos al ser sometidos a presión interna esta sería la forma más económica para almacenar fluidos a presión sin embargo en la fabricación de estos es mucho más cara a comparación de los recipientes cilíndricos.



Tipos de recipientes

Los tipos más comunes de recipientes pueden ser clasificados de acuerdo a su geometría como:

1. Recipientes Abiertos.

1.1 Tanques Abiertos.

2. Recipientes Cerrados.

2.1 Tanques cilíndricos verticales, fondo plano.

2.2 Recipientes cilíndricos horizontales y verticales con cabezas formadas.

2.3 Recipientes esféricos.



Tipos de recipientes

RECIPIENTES ABIERTOS: Los recipientes abiertos son comúnmente utilizados como tanque igualador o de oscilación como tinas para dosificar operaciones donde los materiales pueden ser decantados como: desecadores, reactores químicos, depósitos, etc.

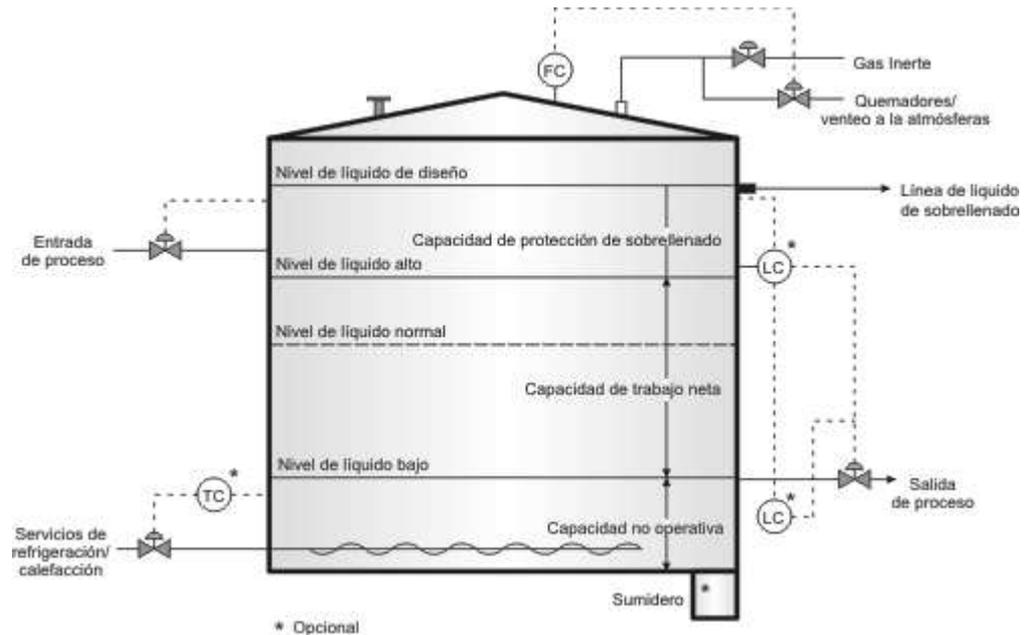
Obviamente este tipo de recipiente es más que el recipiente cerrado de una misma capacidad y construcción. La decisión de que un recipiente abierto o cerrado es usado dependerá del fluido a ser manejado y de la operación. Estos recipientes son fabricados de acero, cartón, concreto, etc. Sin embargo en los procesos industriales son construidos de acero por su bajo costo inicial y fácil fabricación.

RECIPIENTES CERRADOS: Fluidos combustibles o tóxicos o gases finos deben ser almacenados en recipientes cerrados. Sustancias químicas peligrosas, tales como ácidos o sosa cáustica son menos peligrosas si son almacenadas en recipientes cerrados.



TANQUES CILINDRICOS DE FONDO PLANO:

El diseño en el tanque cilíndrico vertical operando a la presión atmosférica, es el tanque cilíndrico con un techo cónico y un fondo plano descansando directamente en una cimentación compuesta de arena, grava o piedra triturada. En los casos donde se desea usar una alimentación de gravedad, el tanque es levantado arriba del terreno y el fondo plano debe ser incorporado por columnas y vigas de acero.



Volúmenes de tanques parcialmente llenos

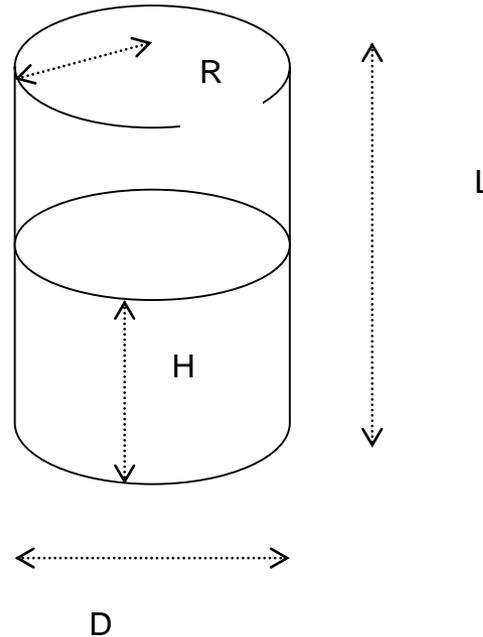
Es fácil calcular los volúmenes de tanques totalmente llenos. Sin embargo no lo es tanto cuando estos están parcialmente llenos.

Consideremos por ejemplo un tanque cilíndrico de longitud L y radio R , relleno hasta una altura H .

Si se desea obtener el volumen del líquido que llena parcialmente el tanque se deberá indicar si el tanque está en posición horizontal o vertical.

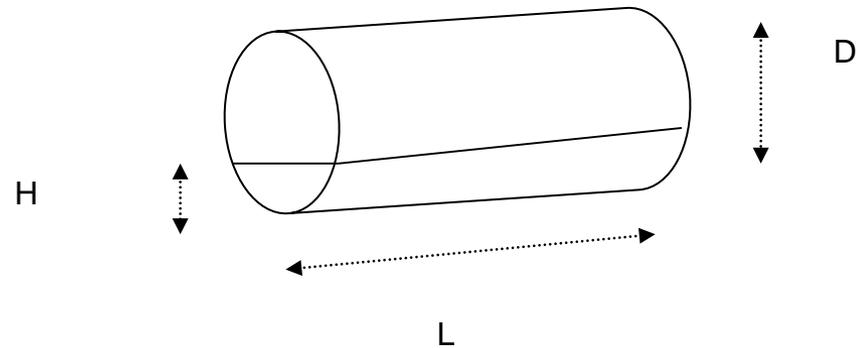
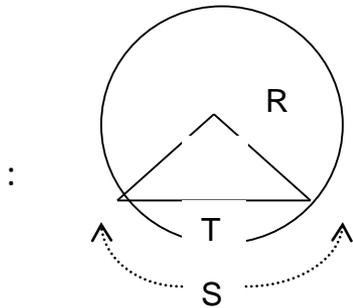
Si el tanque estuviera colocado en posición vertical. El volumen del líquido en ese tanque sería:

$$V = \pi R^2 H = \frac{\pi}{4} D^2 H$$



Tanques cilíndricos horizontales

Si es tanque estuviera en posición horizontal entonces se encuentra que no hay una variación lineal del volumen con respecto a la altura. Por ello debe calcularse el área del segmento relleno de líquido y multiplicarlo por la longitud del tanque.



También el volumen se puede obtener mediante la fórmula

$$V = LR^2 \left(\frac{\alpha}{57.3} - \text{sen} \alpha \cos \alpha \right)$$

$$\alpha = \frac{\theta}{2}$$

$$\cos \alpha = 1 - \frac{H}{R}$$

$$V = L \left(R^2 \cos^{-1} \frac{R-H}{R} - (R-H) \sqrt{2RH - H^2} \right)$$

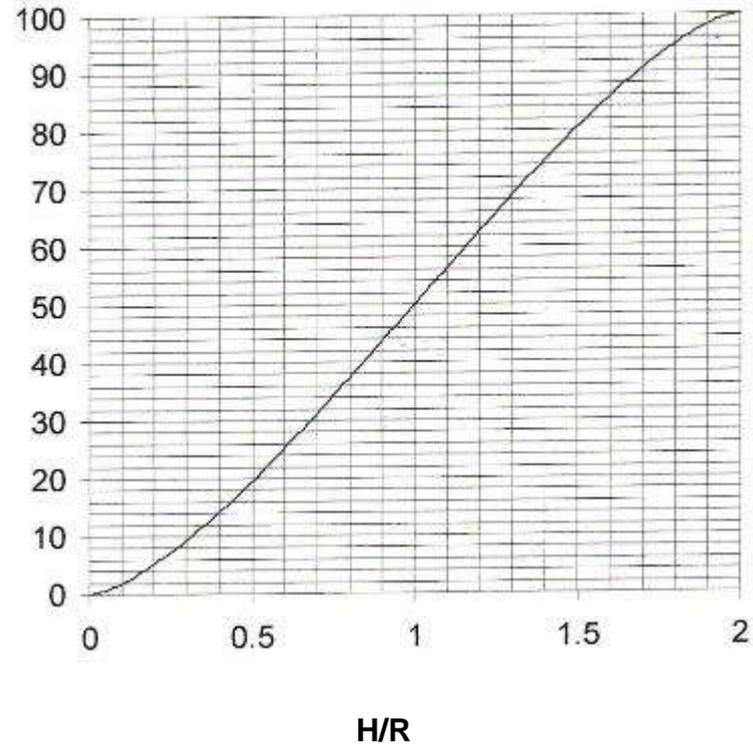
En donde el coseno se da en radianes.

% del recipiente que está lleno

Volúmenes de tanques cilíndricos horizontales

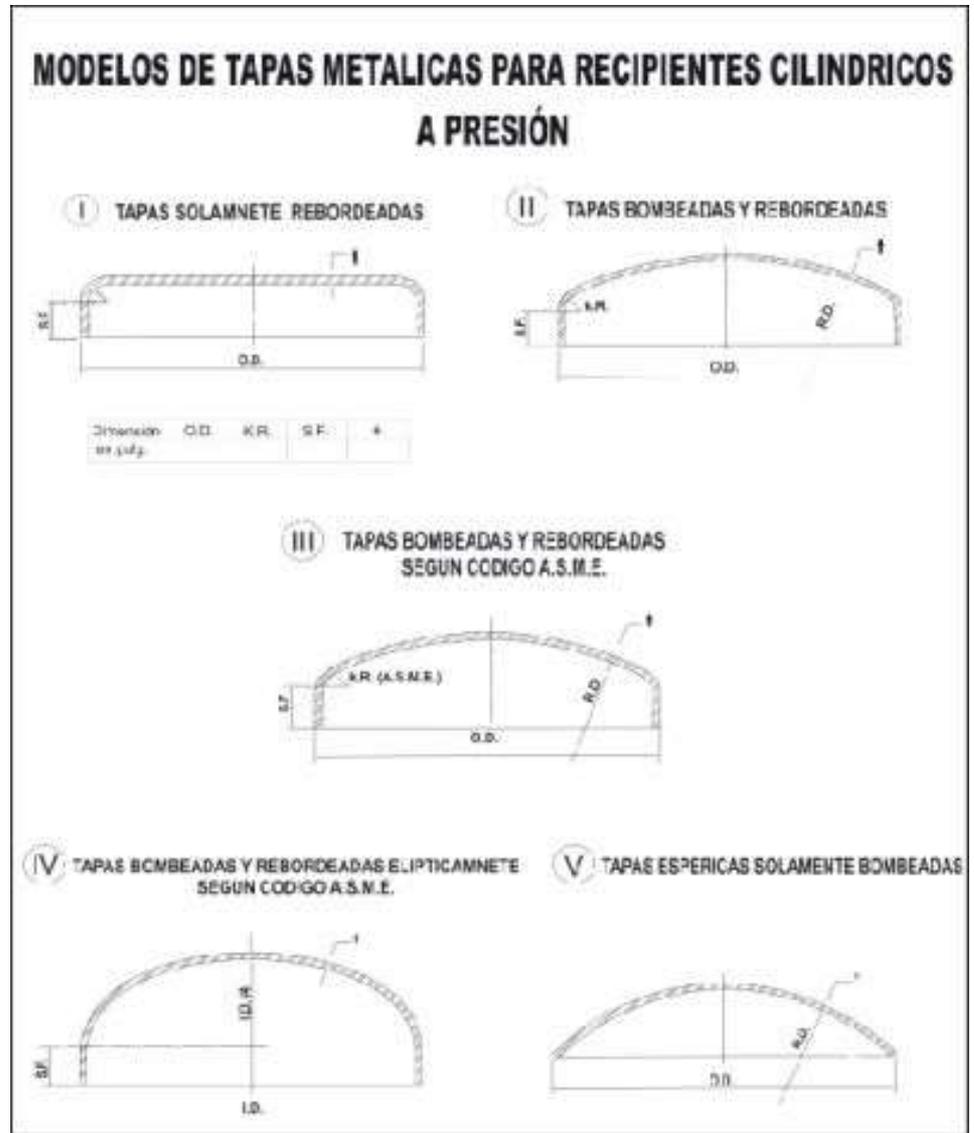
Es costumbre, también, obtener también el volumen mediante tablas o gráficas en las que se presenta H/D en función del % de volumen.

H/D	Fracción de volumen	H/D	Fracción de volumen	H/D	Fracción de volumen	H/D	Fracción de volumen
0.01	0.00169	0.26	0.20660	0.51	0.51273	0.76	0.81545
02	.00477	.27	.21784	.52	.52546	.77	.82625
03	.00874	.28	.22921	.53	.53818	.78	.83688
04	.01342	.29	.24070	.54	.55088	.79	.84734
05	.01869	.30	.25231	.55	.56356	.80	.85782
06	.02450	.31	.26348	.56	.57621	.81	.86771
07	.03077	.32	.27587	.57	.58884	.82	.87760
08	.03748	.33	.28779	.58	.60142	.83	.88727
09	.04458	.34	.29981	.59	.61397	.84	.89673
10	.05204	.35	.31192	.60	.62647	.85	.90594
11	.05985	.36	.32410	.61	.63892	.86	.91491
12	.06797	.37	.33636	.62	.65131	.87	.92361
13	.07639	.38	.34869	.63	.66364	.88	.93203
14	.08509	.39	.36108	.64	.67590	.89	.94015
15	.09406	.40	.37353	.65	.68808	.90	.94796
16	.10327	.41	.38603	.66	.70019	.91	.95542
17	.11273	.42	.39858	.67	.71221	.92	.96252
18	.12240	.43	.41116	.68	.72413	.93	.96923
19	.13229	.44	.42379	.69	.73652	.94	.97550
20	.14238	.45	.43644	.70	.74789	.95	.98131
21	.15266	.46	.44912	.71	.75930	.96	.98658
22	.16312	.47	.46182	.72	.77079	.97	.99126
23	.17375	.48	.47454	.73	.78216	.98	.99523
24	.18455	.49	.48727	.74	.79340	.99	.99831
25	.19550	.50	.50000	.75	.80450	1.00	1.00000



RECIPIENTES CILINDRICOS HORIZONTALES Y VERTICALES CON CABEZAS FORMADAS

Son usados cuando la presión de vapor del líquido manejado puede determinar un diseño más resistente. Varios códigos han sido desarrollados o por medio de los esfuerzos del API y el ASME para gobernar el diseño de tales recipientes. Una gran variedad de cabezas formadas son usadas para cerrar los extremos de los recipientes cilíndricos. Las cabezas formadas incluyen la semiesférica, elíptica, toriesférica, cabeza estándar común y toricoidal. Para propósitos especiales de placas planas son usadas para cerrar un recipiente abierto. Sin embargo las cabezas planas son raramente usadas en recipientes grandes.



TAPAS TORIESFERICAS

Son las de mayor aceptación en la industria, debido a su bajo costo y a que soportan grandes presiones manométricas, su característica principal es que el radio del abombado es aproximadamente igual al diámetro. Se pueden fabricar en diámetros desde 0.3 hasta 6 m. (11.8 - 236.22 pulgs.).

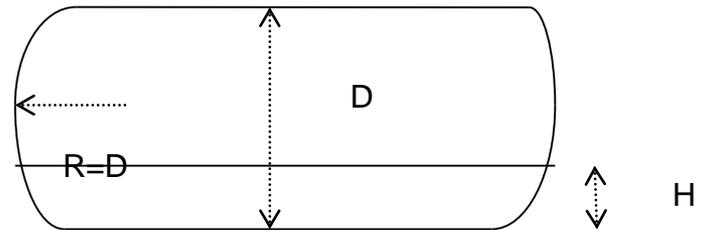


Volumen contenido en un tanque
parcialmente lleno y con tapas
toriesféricas con radio de
curvatura $R = D$

$$\text{Volumen de una tapa llena} = 0.0513 H D^2$$

$$\text{Volumen de las dos tapas parcialmente llenas} = 0.215 H^2 (3R - H) \text{ m}^3$$

También se puede obtener esto mediante
tablas en que se representa H/D contra % de
volumen

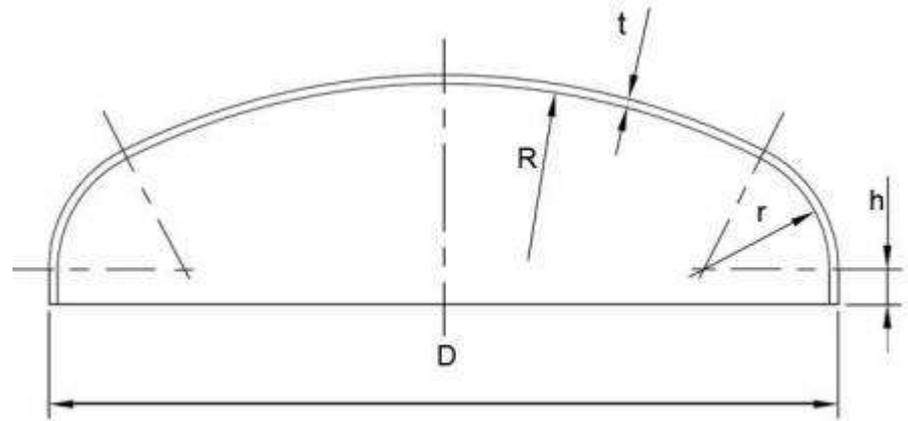


H/D_i	Fracción de volumen						
0.02	0.0012	0.28	0.1913	0.52	0.530	0.78	0.8761
.04	.0047	.30	.216	.54	.560	.80	.8960
.06	.0104	.32	.242	.56	.590	.82	.9145
.08	.0182	.34	.268	.58	.619	.84	.9314
.10	.0280	.36	.295	.60	.648	.86	.9467
.12	.0397	.38	.323	.62	.677	.88	.9603
.14	.0533	.40	.352	.64	.705	.90	.9720
.16	.0686	.42	.381	.66	.732	.92	.9818
.18	.0855	.44	.410	.68	.758	.94	.9896
.20	.1040	.46	.440	.70	.784	.96	.9953
.22	.1239	.48	.470	.72	.8087	.98	.9988
.24	.1451	.50	.500	.74	.8324	1.00	1.0000
.26	.1676			.76	.8549		

*Basado en la ecuación (6-54)

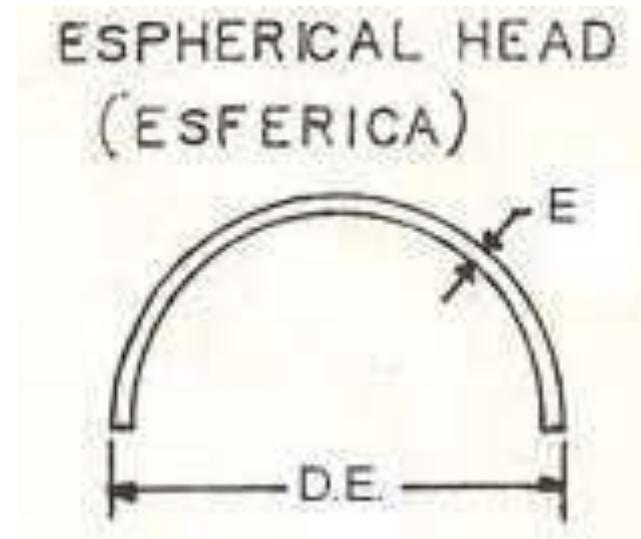
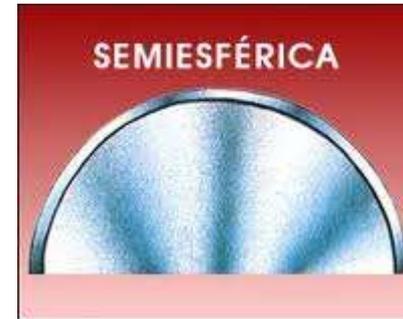
TAPAS SEMIELÍPTICAS:

Son empleadas cuando el espesor calculado de una tapa toriesférica es relativamente alto, ya que las tapas semielípticas soportan mayores presiones que las toriesféricas. El proceso de fabricación de estas tapas es troquelado, su silueta describe una elipse relación 2:1, su costo es alto y en México se fabrican hasta un diámetro máximo de 3 m.



TAPAS SEMIESFERICAS

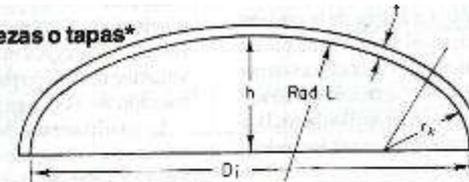
Utilizadas exclusivamente para soportar presiones críticas, como su nombre lo indica, su silueta describe una media circunferencia perfecta, su costo es alto y no hay límite dimensional para su fabricación.



Volúmenes de las tapas

Como se ve los volúmenes de las cabezas se deben calcular por separado y sumarse al volumen de la porción cilíndrica del tanque. Los cuatro tipos de cabezas que se utilizan con más frecuencia son la cabeza cóncava estándar, la cabeza ASME o torisférica, la elipsoidal y la hemiesférica. Se pueden calcular los volúmenes mediante las fórmulas que aparecen en la tabla 3. En esas fórmulas se deben utilizar unidades congruentes.

TABLA 6-51 Volúmenes de cabezas o tapas*



Tipo de cabeza	Radio de articulación r_k	k	L	Volumen	% Error	Observaciones
De platos estándar	Aprox. $3t$	.....	Aprox. D_i	Aprox. $0.050D_i^3 + 1.65tD_i^2$	± 10	h varía con t r_k debe ser el valor mayor de $0.06L$ y $3t$
Torisférica o A.S.M.E.	$0.06L$	.....	D_i	$0.0809D_i^3$	± 0.1	
Torisférica o A.S.M.E	$3t$	.....	D_i	Aprox. $0.513hD_i^2$	± 8	
Elipsoidal	.....	.....	.....	$\pi D_i^2 h / 6$	0	Proporciones estándar
Elipsoidal	.....	$D_i/4$	.....	$\pi D_i^3 / 24$	0	
Hemisférica	.....	$D_i/2$	$D_i/2$	$\pi D_i^3 / 12$	0	Cono truncado h = altura d = diámetro en el extremo pequeño
Cónica	.....	.....	.....	$\pi h (D_i^2 + D_i d + d^2) / 12$	0	

*También en unidades congruentes.

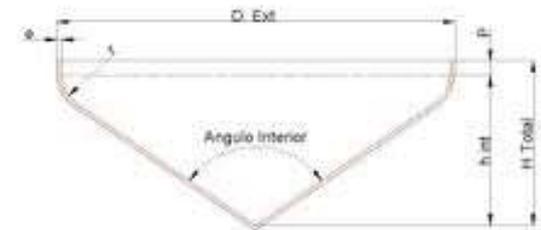
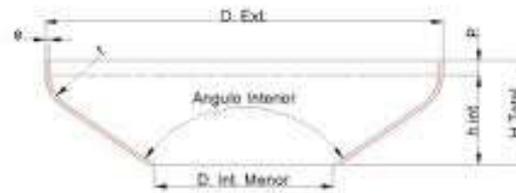
TAPAS CONICAS:

Se utilizan generalmente en fondos donde pudiese haber acumulación de sólidos y como transiciones en cambios de diámetro de recipientes cilíndricos. Su uso es muy común en torres fraccionadoras o de destilación, no hay límites en cuanto a dimensiones para su fabricación y su única limitación consiste en que el ángulo de vértice no deberá de ser calculado como tapa plana.



TAPAS TORICONICAS:

A diferencia de las tapas cónicas, este tipo de tapas tienen en su diámetro, mayor radio de transición que no deberá ser menor al 6% del diámetro mayor ó 3 veces el espesor. Tiene las mismas restricciones que las cónicas a excepción de que en México no se pueden fabricar con un diámetro mayor de 6 m.



RECIPIENTES ESFERICOS

El almacenamiento de grandes volúmenes bajo presiones materiales es normalmente en los recipientes esféricos. Las capacidades y presiones utilizadas varían grandemente. Para los recipientes mayores el rango de capacidad es de 1000 hasta 25000 Psi (70.31 - 1757.75 Kg/cm²).

Y de 10 hasta 200 Psi (0.7031 - 14.06 Kg/cm²) para los recipientes menores.

Cuando una masa dada de gas esta almacenada bajo la presión es obvio que el volumen de almacenamiento requerido será inversamente proporcional a la presión de almacenamiento.

En general cuando para una masa dada, el recipiente esférico es más económico para grandes volúmenes y bajas presiones de operación.

A presiones altas de operación de almacenamiento, el volumen de gas es reducido y por lo tanto en tipo de recipientes cilíndricos es más económico.



Volumen en una esfera parcialmente llena de líquido

$$\text{Volumen total de la esfera} = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{1}{6}\pi D^3$$

$$\text{Volumen parcialmente lleno} = \frac{\pi}{3}H^2(1.5D - H)$$

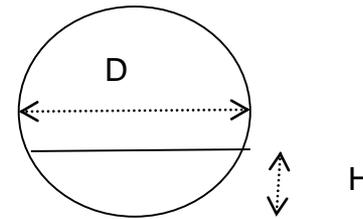
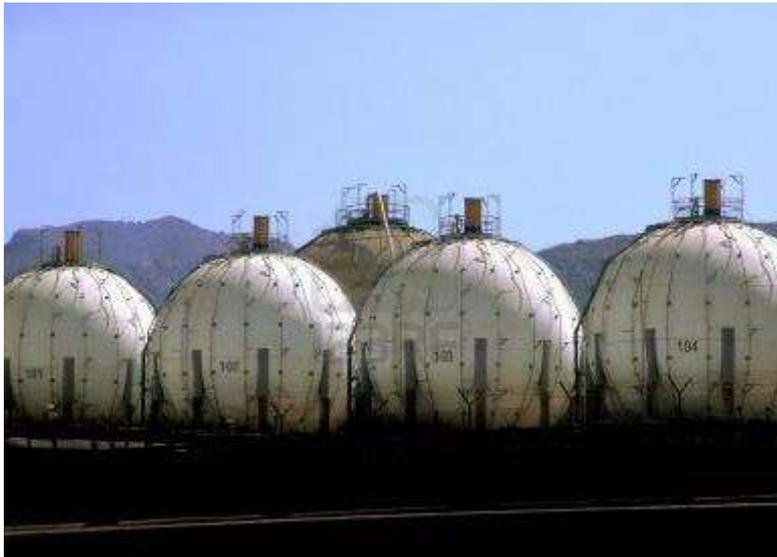


Fig. 6.- Esfera



Volúmenes de un recipiente cónico a medio llenar.

Los tanques cónicos son menos comunes en la industria química, aunque se utilizan bastante para el almacenamiento de granos.

Es posible encontrarlos en forma de que el radio superior sea el más pequeño o al contrario tal y como se muestra en la figura siguiente:

Volumen de líquido en el cono

$$V = \frac{\pi H}{12} (D_{fondo}^2 + D_{fondo} \times D_{arriba} + D_{arriba}^2)$$

$$Z = \frac{1}{2H} (D_{arriba} - D_{fondo})$$

$$Z < 0 \quad \text{si} \quad D_{arriba} < D_{fondo}$$

$$Z > 0 \quad \text{si} \quad D_{arriba} > D_{fondo}$$

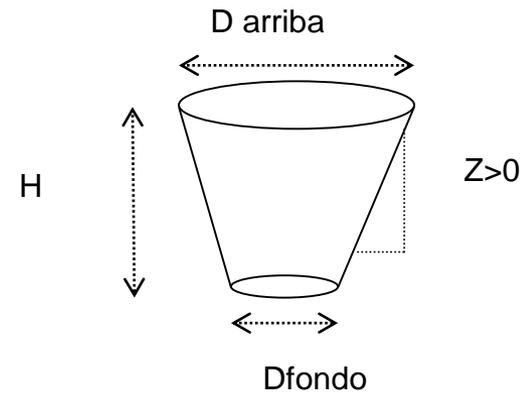
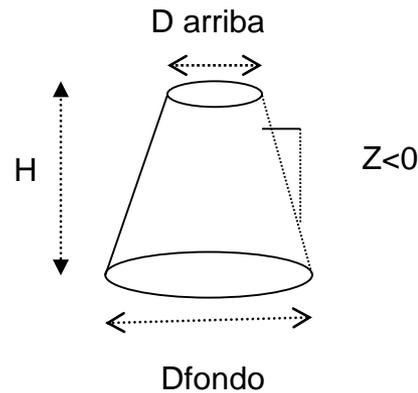
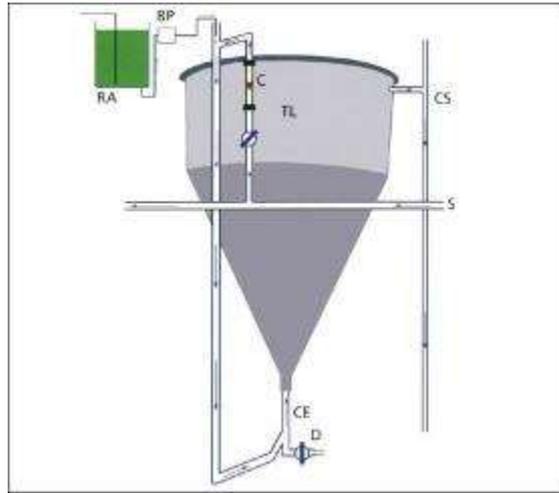


Fig.- 5.-Tanques cónicos.

Fin

