



Universidad
Politécnica
de Cartagena

ABASTECIMIENTO DE AGUAS

TEMA 11
Depósitos.
Conceptos
generales

Francisco Javier
Pérez de la Cruz



INTRODUCCIÓN

Un abastecimiento de agua debe garantizar calidad y cantidad en el servicio. Es decir, además de la potabilidad del agua de consumo, hay que asegurar el suministro de agua de manera continua y con un mínimo de presión.

En la red de distribución, las tuberías se encargan principalmente del transporte, mientras que los depósitos actúan como elementos reguladores.

Por tanto, podremos definir un depósito como la estructura de apta para contener un cierto volumen de agua, con las instalaciones complementarias precisas para cumplir funciones de regulación de caudales, de carga o ambas y de seguridad del servicio.



Depósito de Pajarito (Medellín, Colombia)



*Depósito elevado
(Darwin, Australia)*

Esta seguridad en el servicio se puede ver comprometida en el caso de averías en la red o incendios, pero también se refiere a la satisfacción de la demanda punta diaria, es decir, aquella demanda máxima que no es capaz de cubrir la propia aportación del abastecimiento.

Las aguas contenidas en un depósito, a través de la red de distribución, van directamente al consumo.

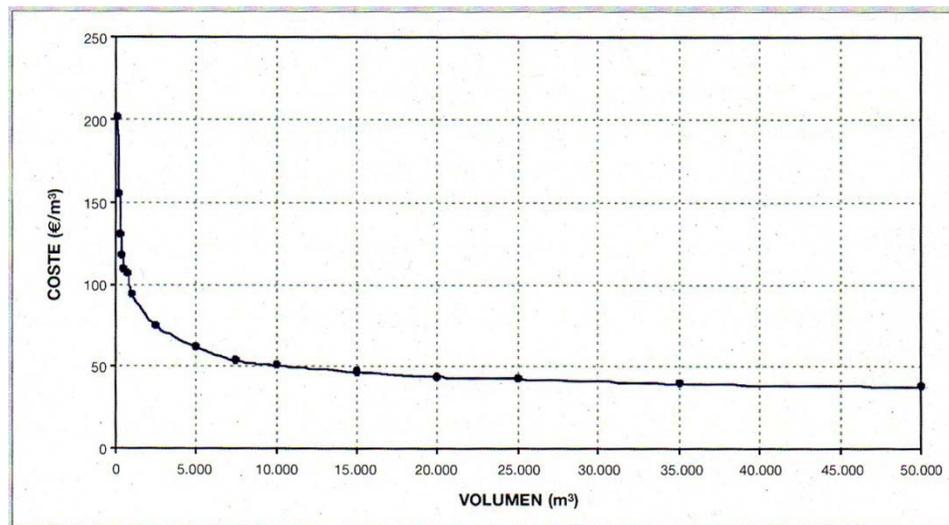
En consecuencia, el depósito debe garantizar la inalterabilidad de la calidad de las aguas, evitando variaciones de temperatura, desarrollo de algas, contaminación exterior, etc. En este sentido, presenta grandes ventajas la adopción de depósitos cerrados.

Por último, y quizás como aspecto cualitativo, citar que un depósito es un punto de cloración muy apto gracias a su control y accesibilidad.

TIPOLOGÍAS

En la elección de la tipología más conveniente para un depósito de deben tener en cuenta, además de los criterios de diseño (que se analizarán posteriormente), aspectos de tipo económico.

Para ello es necesario realizar una valoración económica de la construcción por m^3 del mismo, teniendo en cuenta diferentes tipologías con el fin de poder realizar una comparación.



Coste mínimo de un depósito por m^3 de capacidad (Riba Genescà, 2005)

Según su posición respecto del terreno

Pueden ser enterrados, semienterrados, superficiales y elevados.

La elección de uno u otro tipo dependerá, en general, de la geología del terreno, de su topografía, de las cotas hidráulicas que requiera la red de suministro y el impacto ambiental generado.

- 1) Enterrados → Son aquellos construidos completamente bajo el nivel del terreno.

Se emplean preferentemente cuando existe terreno con cota adecuada para el funcionamiento de la red de distribución y la excavación es sencilla.

Ventajas – Conservación de la T^a, adaptación al entorno, empleo de la cubierta para usos diferentes a los relacionados con la explotación (siempre que sean compatibles)...

Desventajas – Grandes excavaciones, tanto para el propio depósito como para las instalaciones de conexión con la red, dificultad de control de posibles filtraciones, posibilidad de contaminación...

EJEMPLO

DEPÓSITO DE LA PLAZA DE EUROPA

Montjuic, Barcelona



EJEMPLO

DEPÓSITO DE LA PLAZA DE EUROPA

Montjuic, Barcelona



EJEMPLO

DEPÓSITO DE LA PLAZA DE EUROPA

Montjuic, Barcelona





2) Semienterrados → Son aquellos que tienen parte de su estructura bajo el nivel del terreno y parte de ella sobre el nivel de éste.

Se emplean preferentemente:

- Cuando la altura topográfica respecto al punto de alimentación es suficiente y el terreno presenta una dificultad de excavación de tipo medio
- Cuando se ubican en terrenos con pendiente, donde una solución enterrada implicaría grandes excavaciones con fuertes taludes

3) Superficiales → Los depósitos superficiales están contruidos sobre el nivel del suelo, pero apoyados directamente en él, empleándose generalmente cuando el terreno es duro o conviene no perder altura.

Los depósitos superficiales resisten peor la influencia de la temperatura ambiente, pero son más fáciles de vigilar y conservar, y la instalación y conservación de las tuberías de entrada, salida y desagües se facilita y abarata.

EJEMPLO

DEPÓSITO SEMIENTERRADO

Espinardo (Murcia)



EJEMPLO

DEPÓSITO SEMIENTERRADO

Tentegorra (Cartagena)



EJEMPLO

DEPÓSITO SUPERFICIAL

San Miguel de Salinas (Alicante)



EJEMPLO

DEPÓSITO SUPERFICIAL

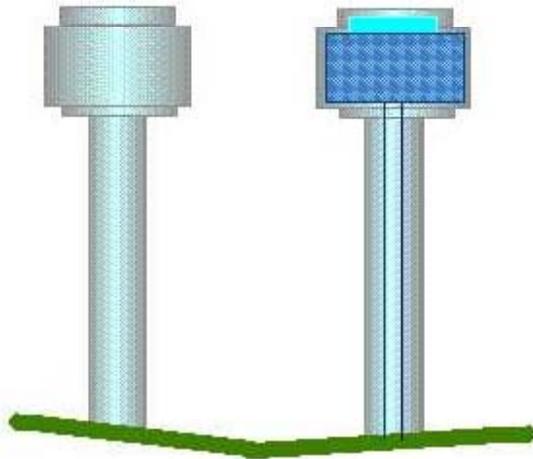
Burguillos (Toledo)





- 4) Elevados → Los depósitos elevados son aquellos cuya solera está por encima del nivel del suelo, y se sustentan mediante una estructura. Suelen tener menor capacidad que el resto de tipologías por evidentes motivos estructurales.

Los depósitos elevados se emplean cuando no es posible hallar una cota adecuada para situar un depósito enterrado, semienterrado o de superficie, siendo característicos de pequeños municipios ubicados en zonas planas.



Un aspecto importante de estos depósitos es el aspecto estético ya que son vistos desde puntos muy lejanos, debiéndose buscar su integración en el paisaje.

Una alternativa bastante utilizada es combinar un depósito elevado con otro regulador, dado que los depósitos elevados pueden llegar a contener únicamente hasta un 4 - 8% del volumen de regulación requerido.

EJEMPLO

DEPÓSITOS ELEVADOS



Sanchidrián (Ávila)



Padrón (La Coruña)

EJEMPLO

DEPÓSITOS ELEVADOS



Helsinki (Finlandia)



Londres (Reino Unido)

EJEMPLO

DEPÓSITO ELEVADO

Villamiel (Toledo)



EJEMPLO

DEPÓSITO ELEVADO

Villamiel (Toledo)



EJEMPLO

DEPÓSITOS ELEVADOS

ORIGINALES



Gaffney (South Carolina, EE.UU.)



Collinsville (Illinois, EE.UU.)

Según su función

- 1) Reguladores de caudal → Sirven para compensar en un tiempo determinado los caudales de aportación y consumo, pudiendo tener volúmenes muy variados.
- 2) Reguladores de presión → Los depósitos reguladores de presión o de carga sirven para garantizar la presión mínima necesaria en cada punto de la red de distribución.

Deben mantener una cota en el nivel de agua suficiente para alcanzar las cotas de los puntos a suministrar, teniendo en cuenta las pérdidas de carga en los conductos y elementos accesorios.

Se suelen ubicar al final de los bombeos para evitar presiones inadecuadas en la red. Su capacidad suele ser inferior a 20 m³.

- 3) De seguridad en el servicio → Aportan los volúmenes necesarios de agua en caso de emergencias (averías, incendios, etc.)
- 4) Mixtos → Permiten la simultaneidad de, al menos, dos de las diferentes funciones

EJEMPLO

DEPÓSITO REGULADOR DE CAUDAL

El Paso (La Palma, Canarias)



EJEMPLO

DEPÓSITO CONTRA INCENDIOS

Valle de Ayora (Valencia)



Según su relación con la red

- 1) Principales, de cabecera o en serie → Por este tipo de depósitos, también llamados en cabeza o alimentadores, pasa todo el caudal de suministro antes de entrar en la red de distribución.

Si el agua no tiene presión o cota para acceder a él, se necesitará un bombeo hasta el nivel más alto del vaso.

Normalmente, el bombeo verterá por encima del nivel máximo para evitar el retroceso del agua por la tubería de llenado (o se emplearán válvulas de retención)

- 2) De cola, de equilibrio, terminales o en derivación → Son depósitos que sólo abastecen a una zona, pudiendo estar situados en el extremo de la red y recibir únicamente el agua sobrante o en otro punto de aquella, con la finalidad de regular las presiones en los momentos de gran consumo.

Generalmente el depósito se conecta a la red mediante una sola tubería, con funciones de entrada y salida, pudiéndose bifurcar ésta en la cámara de válvulas diferenciando entrada y salida.

EJEMPLO

*DEPÓSITOS DE CABECERA DE
VALDESPARTERA (Zaragoza)*



Según su procedimiento constructivo

- 1) Construidos in situ → Los depósitos construidos in situ, normalmente serán de hormigón estructural (tanto armado como pretensado) si bien se podrán dar otros materiales (fábrica de ladrillo, acero inoxidable...)

Para capacidades de almacenamiento superiores a los 1.000 m³ lo normal será disponer de depósitos construidos in situ.

- 2) Prefabricados → Los depósitos prefabricados suelen construirse de acero, fundición, hormigón, plástico, etc.

En general, la utilidad de estos depósitos queda restringida a demandas reducidas tales como pequeñas poblaciones, granjas, fábricas...

La utilidad de los depósitos prefabricados de materiales plásticos puede extenderse también a depósitos provisionales de poca capacidad para poder ejecutar obras de renovación o ampliación de depósitos (modificando el régimen de funcionamiento del bombeo de alimentación, evidentemente)

EJEMPLO

DEPÓSITO PREFABRICADO

(Berga, Barcelona)

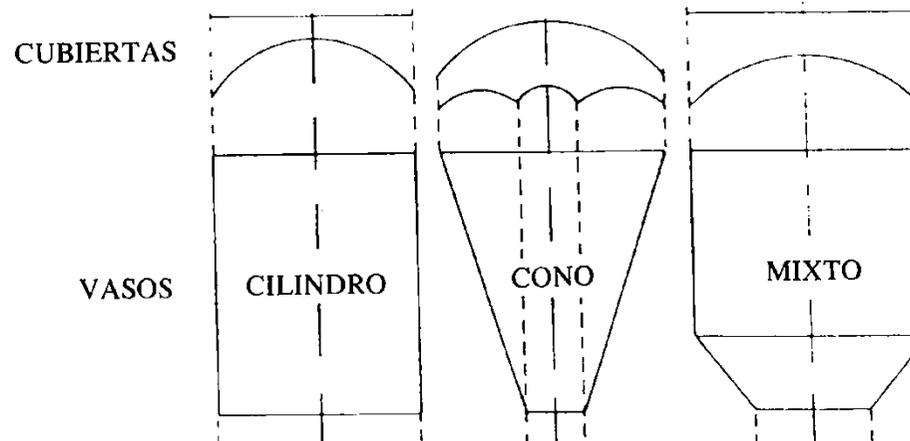


Según su geometría

- 1) Prismáticos → La forma más habitual en planta es la rectangular, si bien también se pueden adoptar otras como hexágonos, octógonos, etc...

Los rectangulares son más aconsejables si se prevé una futura ampliación, pues uno de sus lados quedará como tabique divisorio y la ampliación será fácil y económica.

- 2) Formas desarrollables → Las más empleadas en depósitos son las cilíndricas y las troncocónicas, aunque estas formas tienen la desventaja de tener que recurrir a encofrados curvos que encarecen la obra.



EJEMPLO

DEPÓSITO ELEVADO

Tonwell (Hertfordshire, Reino Unido)



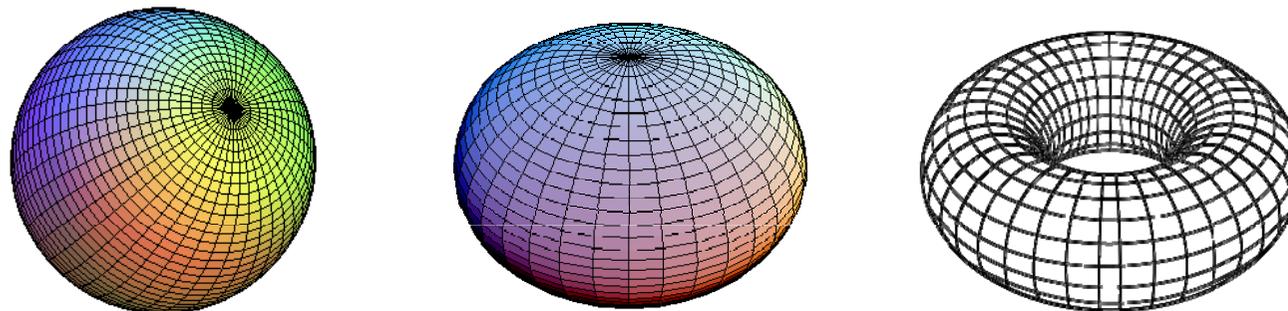


3) Formas no desarrollables → Las más empleadas son las esferas, esferoides y los toroides.

Su uso más habitual es en el caso de los vasos de los depósitos elevados por su buen comportamiento estructural y por constar habitualmente de un único compartimento.

La forma esférica es la que tiene menor superficie de paredes a igualdad de volumen, pero tiene el inconveniente de que al apoyarse sobre una línea o varios puntos, pueden producirse momentos flectores en la superficie esférica.

Rara vez se utiliza el hormigón armado para su construcción, salvo para las cúpulas.



EJEMPLO

DEPÓSITO ELEVADO

Forestlake (Wyoming, EE.UU.)



EJEMPLO

DEPÓSITO ELEVADO

Aeropuerto de Darwin (Australia)



DISEÑO

Los depósitos son estructuras destinadas a contener un volumen de agua durante un determinado periodo de tiempo por lo que deben cumplir las siguientes condiciones:

- Su diseño, construcción y explotación debe prevenir una posible contaminación u otro cambio físico, químico o biológico perjudicial para la calidad del agua.
- Debe satisfacer las necesidades planteadas y tener la capacidad precisa para ello.
- Debe estar correctamente integrado en el sistema de abastecimiento de agua
- Debe disponer de todos los componentes necesarios (con las características adecuadas)
- Su planteamiento debe garantizar una explotación y mantenimiento adecuados.



*Grandview
(Virginia, EE.UU.)*

Emplazamiento

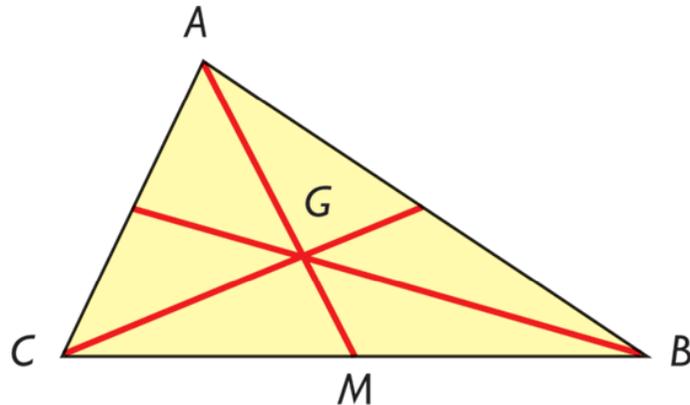
La elección del emplazamiento más adecuado para un depósito se debe obtener tras evaluar una serie de factores como son:

- 1) El agua puede llegar al depósito por gravedad o por bombeo. La elección entre una vía u otra dependerá del desnivel existente entre la fuente y la ubicación del depósito, siendo siempre preferible que el transporte se realice por gravedad.
- 2) El depósito deberá estar lo suficientemente elevado como para asegurar en todo momento y en todos los puntos de la red presión suficiente (teniendo en cuenta las pérdidas de carga). Además, esta presión debe ser uniforme en toda la zona abastecida.
- 3) La cimentación debe adaptarse al terreno sobre el que se asienta, por lo que se deben realizar estudios geomorfológicos (pendientes, drenaje de pluviales, erosionabilidad...) y geotécnicos del suelo, con el fin de evitar fisuras que afecten a la estanquidad.
- 4) Hay que considerar el entorno de depósito y valorar el impacto ambiental y visual que pueda producir.



Saint-Parize-Le-Chatel (Borgoña, Francia)

- 5) Los depósitos enterrados o semienterrados deberán estar situados por encima de las aguas de escurrimiento o subterráneas.
- 6) Todo depósito deberá estar situado por encima del nivel de alcantarillado, estando siempre tapado y dotado de un desagüe que permita su vaciado total, limpieza y desinfección (art. 11.1 RD 140/2003)
- 7) Deberá tenerse en cuenta el planeamiento urbano, ya que aportará información esencial respecto a los distintos usos del suelo, al futuro desarrollo urbanístico y a las demandas previsibles.



El punto de ubicación de un depósito debe situarse de manera que la red de distribución sea lo más económica posible y se obtenga la máxima uniformidad de presiones en toda la zona abastecida. Esto se consigue situando el depósito en el baricentro de la misma (o la zona elevada más próxima a dicho punto).

La cota, en cambio, dependerá de si el depósito es alimentador (de cabecera) o de equilibrio (de cola) realimentado desde el de cabecera.

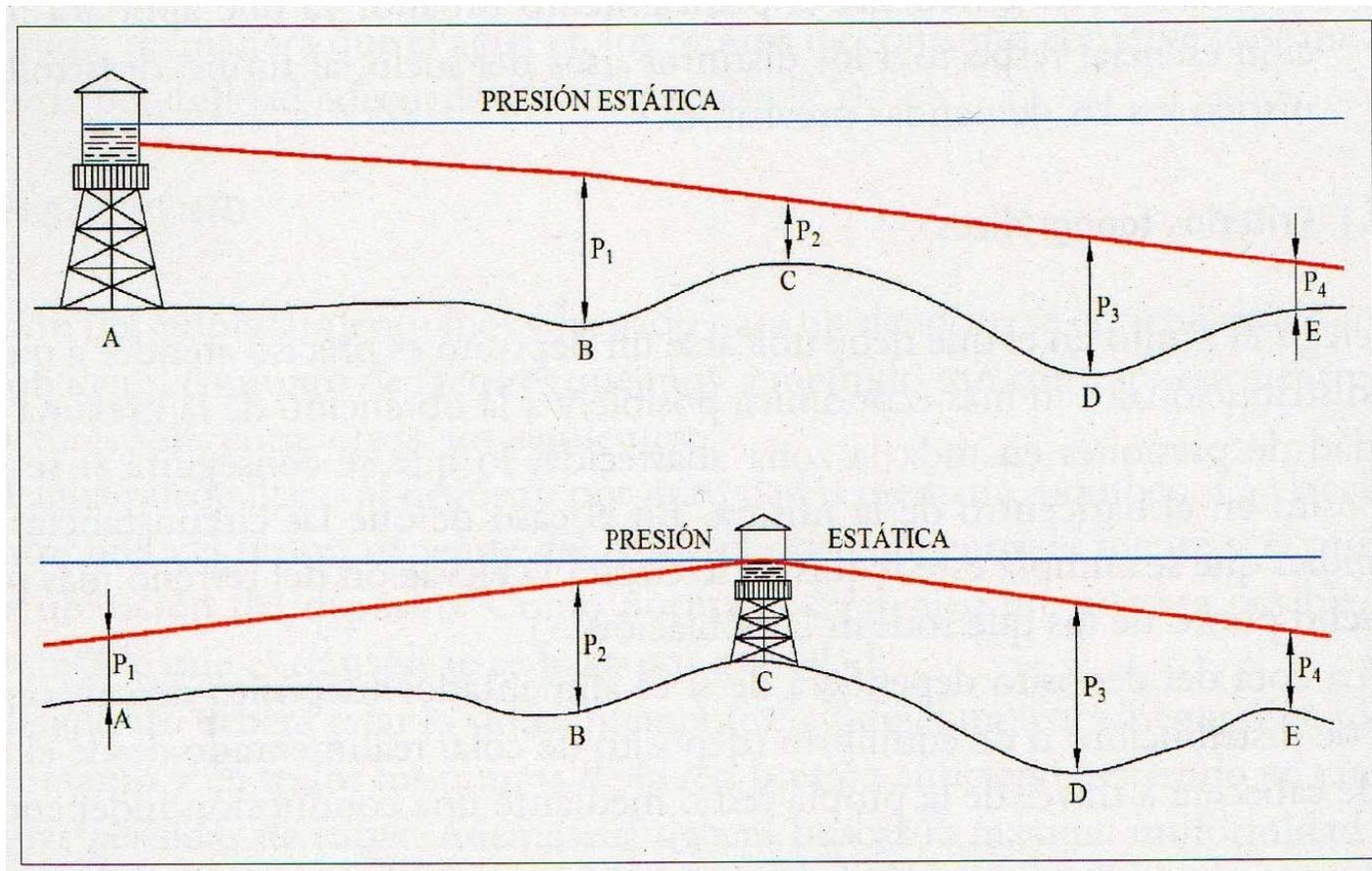
El criterio más adecuado para ubicar en cota un depósito de distribución debe referirse a la carga hidráulica estática, estableciéndose una cota mínima y máxima para su ubicación:

- 1) Cota mínima → Aquella que asegura en la red cargas mínimas de 0,2 a 0,4 Mpa (20 a 40 m) con un mínimo sobre la cubierta del edificio a abastecer, en la posición más desfavorable, de 10 m
- 2) Cota máxima → Aquella que no produzca en la red presiones estáticas superiores a 0,6 Mpa (60 m), con el fin de evitar averías.

EJEMPLO

ALTERNATIVAS A LA UBICACIÓN

DE UN DEPÓSITO



La complejidad a la hora de cumplir todos los condicionantes antes señalados hace que en ciudades con grandes desniveles se deban construir varios depósitos en áreas estratégicas, con el fin de servir zonas determinadas, enlazándolos convenientemente, bien por gravedad, bien por tuberías de impulsión.

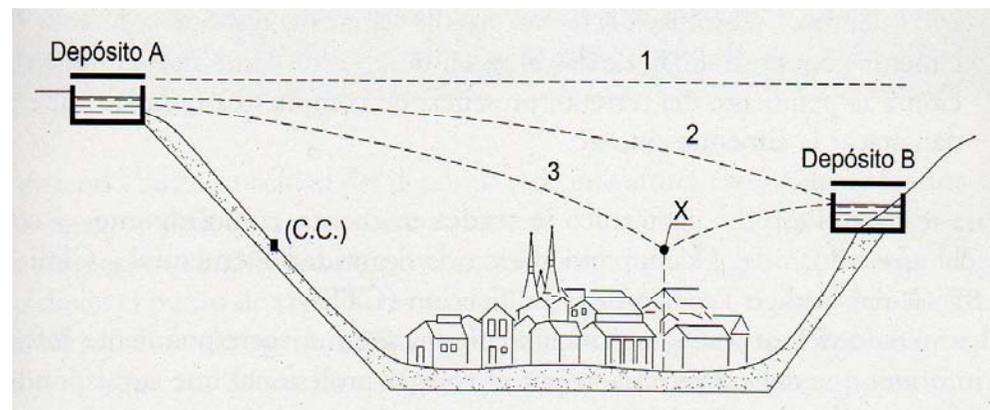
En general, y según la configuración de la zona a abastecer tendremos diferentes situaciones:

- 1) En el caso de ciudades llanas, si el trazado urbano lo permite lo más práctico será construir un depósito elevado en el centro, con la posible solución ya mencionada de ubicar un depósito de regulación contiguo al elevado con el fin de garantizar la cantidad de agua necesaria para el abastecimiento.
- 2) En el caso de que la población se extienda a ambos lados de una vaguada, lo recomendable sería disponer de un depósito compensador de carga (o los que fuesen necesarios) en la ladera opuesta, al final de la conducción, para evitar descensos bruscos en de presión en la red.

- 3) Si a una impulsión le sucede un tramo de conducción por gravedad, conviene disponer de un depósito regulador al final de dicha impulsión, con un volumen tal que garantice la regulación diaria en función de los caudales aportados y desaguados.
- 4) En ciudades de desarrollo longitudinal puede ser conveniente construir dos depósitos, uno en cabeza (alimentador) y otro en cola (de equilibrio). Ambos depósitos estarán comunicados por una conducción que pueda servir de suministro a la población.

En condiciones de bajo consumo, el depósito de cabecera alimenta al de cola, pero según aumenta el consumo, aumenta la pérdida de carga y puede llegar un momento en el que el depósito de cola abastezca a parte de la población.

El límite de suministro de ambos depósitos viene dado por el punto de corte de sus líneas de presión dinámica.





Geometría

La forma geométrica que se adopte en el proyecto de un depósito de agua tendrá consecuencias directas sobre varios aspectos (coste económico, funcionalidad como instalación, dificultad constructiva, estética) y dependerá de múltiples factores (emplazamiento, uso, medios disponibles para la ejecución).

En principio, para depósitos simples sin compartimentos interiores, la geometría más adecuada tanto desde un punto de vista estructural como constructivo es la cilíndrica. No sólo optimiza el volumen almacenado, sino que induce una adecuada distribución de esfuerzos, permitiendo una ejecución relativamente simple. Esta geometría cilíndrica es poco compatible con la compartimentación interior, por lo que si se precisasen más cámaras, sería preferible hacer un nuevo depósito independiente.

Sin embargo, cuando se trata de depósitos superficiales de importantes dimensiones, de varios compartimentos o de uno solo, pero con la previsión de ampliarlo en el futuro, es aconsejable la forma en planta rectangular.

En alzado, la solución más económica es, normalmente, la más simple y la que facilita la ejecución: paredes rectas de espesor constante (superior a 30 cm).

EJEMPLO

CONSTRUCCIÓN DEPÓSITO

CILÍNDRICO



Capacidad

Dado que el caudal de consumo de una población es esencialmente variable se necesita un dispositivo (depósito) que permita flexibilizar la explotación.

De esta forma, la **capacidad mínima** de un depósito como aquella que permite almacenar el agua sobrante cuando el caudal de consumo sea menor que el de abastecimiento y aportar la diferencia entre ambos en caso contrario.

Pero el depósito ha de cubrir también otras atenciones de gran importancia en el servicio como son:

- a) Proporcionar un suplemento de agua en caso de incendio.
- b) Atender las necesidades de la población en caso de reparaciones o averías que impliquen cortes en el caudal de abastecimiento.

Se define, por tanto, **capacidad media normal** de un depósito a la requerida para hacer frente, de forma prudencial, a las necesidades anteriormente señaladas.

Por último, se define la **capacidad máxima** de un depósito como aquella que cubre riesgos extraordinarios ocasionados por una avería grave.

Cuando hablamos de la capacidad de un depósito se debe entender como capacidad útil (no conviene tomar el agua muy cerca del fondo por la posibilidad de acumulación de sedimentos).

Para determinar la capacidad mínima de un depósito es preciso disponer de datos seguros acerca de la variación del consumo durante el día de máximo gasto, precisando si el caudal afluye continua y uniformemente durante las 24 horas (tomas de manantial), o sólo durante un cierto número de horas (bombeos).

Existen otros factores que introducen un coeficiente de seguridad que mayor o minore la capacidad del depósito:

- Existencia de fuentes alternativas de suministro
- Grado de supervisión y control a distancia
- Relación entre punta horaria y caudal medio horario
- Tiempo estimado para la reparación de una rotura en la red de abastecimiento aguas arriba del depósito
- Existencia de conducción simple o doble hacia el depósito y su longitud

La capacidad es, por tanto, un volumen mínimo suficiente para el equilibrio entre alimentación y consumo durante 24 horas. Sin embargo, es aconsejable que el volumen del depósito sea igual al consumo en 24 horas si se trata de grandes poblaciones o de 48 horas para poblaciones pequeñas, garantizando el suministro en caso de fallo en el sistema de alimentación, con el mencionado volumen de reserva en caso de incendio.

En cualquier caso, la capacidad no deberá ser nunca inferior a la necesaria para cubrir el consumo de 12 horas.

Con carácter orientativo, la capacidad de un depósito en función del número de habitantes se indica en la tabla siguiente, siendo C el consumo medio diario previsto del día de máximo consumo en el periodo de diseño del depósito.

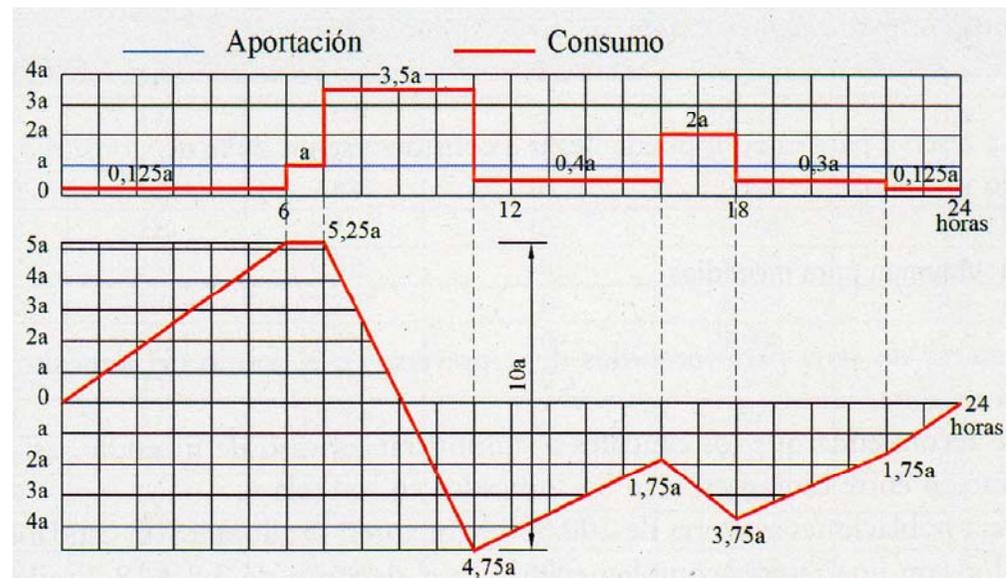
Habitantes	Capacidad
< 6 000	C
6 000 - 12 000	$4/3 C$
12 000 - 250 000	C
> 250 000	$C/2$

Volumen de regulación

Para el estudio de la capacidad de regulación del depósito es imprescindible conocer o fijar como hipótesis la variación del consumo diario y estacional, así como el régimen de alimentación del depósito.

Partiendo de los caudales afluentes y efluentes, se calcularán las diferencias en cada intervalo considerado. La máxima diferencia será la capacidad teórica necesaria a disponer. Los cálculos pueden realizarse gráficamente.

Siendo a el caudal horario medio de aportación y conociendo las leyes de aportaciones y consumos, obtendríamos un volumen teórico de $10a$



Volumen para averías

Para garantizar el suministro en caso de avería, el depósito deberá contar con un almacenamiento equivalente al tiempo preciso para reparar la avería, sin suspender el suministro de agua.

La capacidad suplementaria de reserva a adoptar dependerá del coeficiente de seguridad que quiera darse a la instalación.

En ciudades grandes es de esperar una mayor rapidez en la reparación de averías que en pequeñas poblaciones, por lo que el coeficiente de seguridad podrá reducirse al mínimo.

La reserva para este fin puede llegar a considerarse un 25% del consumo máximo diario previsto.



Greaves Hall (Lancashire, Reino Unido) 46

Volumen para incendios

La reserva de agua para incendios debe preverse en el fondo del depósito, bajo la toma de agua.

En los EE.UU. La *American Water Works Association (AWWA)* recomienda las siguientes capacidades de reserva, caudales y separación de hidrantes:

Población	Caudal (l/s)	(m ³ /día)	Horas de duración del incendio (h)	Separación de hidrantes (m ²)	Volumen de reserva en depósito (miles de m ³)
1.000	63	907	4	11.150	0,76
1.500	79	1.422	5	11.150	—
2.000	95	2.052	6	11.150	1,9
3.000	111	2.797	7	11.150	—
4.000	126	3.629	8	10.220	3,8
5.000	142	4.601	9	10.220	—
6.000	157	6.217	10	10.220	5,7
10.000	189	7.484	10	9.290	6,8
13.000	220	8.712	10	9.290	8,0
17.000	252	9.979	10	8.360	9,1
22.000	283	11.207	10	8.360	8,0
27.000	315	12.474	10	7.900	11,4
33.000	346	13.702	10	7.900	—
40.000	378	14.969	10	7.440	13,7
55.000	441	17.464	10	6.510	16,0
75.000	504	19.958	10	5.580	18,2
95.000	567	22.453	10	5.120	20,5
120.000	630	24.948	10	4.460	22,8
150.000	693	27.443	10	4.000	25,1
200.000	756	29.938	10	3.720	27,4

Tabla 1. Caudales para incendios



En general, y de forma aproximada, el caudal a suministrar para incendios en continuo y con la duración prevista en la Tabla 1 vendrá dado por la siguiente fórmula:

$$Q_i = 64\sqrt{P}(1 - 0,01\sqrt{P})$$

siendo

Q_i el caudal a suministrar para incendios (l/s) y

P la población (miles de habitantes).

En la Tabla 1 se ha considerado un caudal por hidrante de 16 l/s. En zonas residenciales de España es aconsejable adoptar 11 l/s por hidrante, siendo necesario, en cualquier caso, superar los 8 l/s.

En la práctica, se admite que en redes pequeñas se disponga de una reserva para incendios de 120 m³, recomendándose que, en cualquier caso, esta reserva no sea inferior a 60 m³.

Para España, parece suficiente aceptar las cifras que se muestran en la Tabla 2, establecidas por Bernis y Galán:

Riesgo	Caudal de incendio (m ³ /h)	Cobertura media servida por hidrante de 60 m ³ /h (Ha)	Distancia media entre hidrantes (m)
Área A	360	0,5	70
Área B	270	0,7	80
Área C	180	1,0	100
Área D	120	1,5	125
Área E	90	2,0	140
Área F	60	4,0	200

Área A: Áreas portuarias antiguas de alta densidad, barrios comerciales o de negocios en calles estrechas y edificios elevados. Almacenes de productos con poder calorífico elevado.

Área B: Comercios sin protección y estructuras adecuadas contra el fuego. Conjuntos industriales próximos a barrios de alta densidad de edificación. Barrios comerciales y de oficinas en calles estrechas, con edificios elevados provistos de muros cortafuego. Zonas de ciudades antiguas de interés histórico.

Área C: Zonas modernas rodeadas de comercios cerrados o al aire libre, con medidas de seguridad adecuadas. Pequeños barrios industriales. Grandes barrios comerciales, constituidos por edificios elevados con estructura incombustible. Grandes bloques de apartamentos con medidas adecuadas contra incendios.

Área D: Edificios de estructura incombustible en construcción de edificación cerrada en calles importantes. Edificios residenciales poco elevados. Comercio al por menor y pequeñas industrias.

Área E: Construcciones aisladas con un máximo de cuatro pisos. Zonas residenciales modernas de edificación abierta o cerrada con una ocupación del 50% del suelo.

Área F: Zonas rurales. Granjas aisladas. Viviendas unifamiliares aisladas y poco elevadas.

Tabla 2. Caudales para incendios (I. Bernis y F.J. Galán)

Altura de la lámina de agua

Una excesiva altura de agua en el depósito conlleva una serie de inconvenientes, como son la necesidad de aumentar la resistencia de los muros, hay más facilidad para las fugas como consecuencia del aumento de presión, complica los trabajos de limpieza y provoca durante la explotación variaciones excesivas de presión en la zona de distribución.

Los factores anteriores implican que, normalmente, se adopte un calado máximo de 7 metros en los grandes depósitos (con determinadas excepciones), estando comprendido éste entre los 3 y 6 metros para los pequeños y medianos:

Capacidad útil (m ³)	Altura de agua recomendable (m)
< 500	3 a 4
500 - 10 000	4 a 5
> 10 000	5 a 7

La altura indicada se entiende que es la media, pues las soleras han de tener inclinaciones de cierta importancia hacia los desagües.

Materiales

Para todas las superficies en contacto con el agua se utilizarán materiales que cumplan los requisitos de ensayo adecuados y que no provoquen que el agua incumpla las prescripciones sanitarias y de calidad vigentes.

Aunque en depósitos de pequeña capacidad se utilizan con cierta frecuencia soluciones de hormigón en masa o metálicas (normalmente a base de chapa de acero inoxidable), el material de uso más frecuente es el hormigón estructural, tanto armado como pretensado.

El empleo del hormigón en masa en muros de recinto de depósitos de escasa altura (3 – 3,5 m) puede ser aconsejable con el fin de evitar problemas de corrosión derivados de la presencia de acero en las secciones. Superadas estas alturas deberán emplearse secciones de hormigón armado.

El proyecto y la construcción de depósitos (como cualquier estructura de hormigón armado o pretensado) están regulados en España por la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), reglamentación de carácter obligatorio aprobada por el RD 1247/2008, de 18 de julio.



Capítulo 4. DEPÓSITOS

Tema 11. Depósitos. Conceptos generales



El hormigón armado es el material de uso exclusivo en la construcción de la solera y la cimentación, así como el más utilizado para el resto de los elementos.

En un principio, los depósitos de hormigón armado se construían de forma convencional (hormigón in situ) pero progresivamente se han ido adoptando un mayor número de soluciones prefabricadas tanto en la cubierta, paredes, tabiques, pilares, etc.

Sin embargo, el hormigón armado no resulta la solución idónea en el caso de depósitos cilíndricos de gran altura de lámina de agua, sometidos básicamente a esfuerzos circunferenciales de tracción, debido a la nula aportación resistente del mismo.

La precomprensión de la sección mediante el pretensado constituye una solución eficaz en este caso, de forma que la tracción inducida por la presión del agua se limita a reducir el nivel de compresión previo de la sección.

Para las alturas de agua vistas en el apartado anterior los espesores de muro convenientes para asegurar la impermeabilidad y la baja sollicitación de las secciones de los muros hacen que las soluciones pretensadas rara vez estén justificadas, empleándose normalmente para alturas superiores a 7 m.

EJEMPLO

DEPÓSITO DE HORMIGÓN ARMADO

Cañete (Perú)



EJEMPLO

DEPÓSITO DE HORMIGÓN ARMADO

Kigali (Ruanda)



EJEMPLO

*DEPÓSITO ELEVADO DE
ACERO INOXIDABLE*





Capítulo 4. DEPÓSITOS

Tema 11. Depósitos. Conceptos generales



BIBLIOGRAFÍA

CEH-CEDEX. *Guía técnica sobre depósitos para abastecimiento de agua potable*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento, 2010. 187 p. ISBN : 978-84-7790-513-4.

HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. *Abastecimiento y distribución de aguas*. 4ª ed. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2000. 914 p. Colección Señor nº 6. ISBN: 84-380-0165-3.

RIBA GENESCÀ, E. “Cálculo y elección óptima de un depósito de agua”. Director: Antonio Aguado. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria, Barcelona, 2005.



Capítulo 4. DEPÓSITOS

Tema 11. Depósitos. Conceptos generales



REFERENCIA DE IMÁGENES

DIAPOSITIVA PORTADA

“Deposito del Banvi” [Imagen tomada de] “Depósito de agua potable del Banvi” [Blog] *Guate360* [en línea]. 16 de diciembre de 2005. Disponible en: <<http://www.guate360.com/galeria/data/media/75/banvi.jpg>>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPOSITIVA página 2

“Pajarito Water Tank” [Imagen tomada de] “Water storage tank”. *Aquastore. Tanks & Domes* [en línea]. Disponible en: <http://www.aquastore.com/images/photo_gallery/water-storage-tank.jpg>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPOSITIVA página 3

“Pawc” [Imagen tomada de] “Water tower”. *Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. 8 de abril de 2011. Disponible en: <<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3c/Pawc.jpg/398px-Pawc.jpg>>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPOSITIVA página 4

“Gráfica del coste del depósito óptimo con cubierta por m³ de volumen”. En: RIBA GENESCÀ, E. “Cálculo y elección óptima de un depósito de agua”. Director: Antonio Aguado. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria, Barcelona, 2005. Pàgina 206

DIAPOSITIVA página 6

Google Earth



Capítulo 4. DEPÓSITOS

Tema 11. Depósitos. Conceptos generales



DIAPPOSITIVA página 7

“Depósito de la plaza de Europa” © Francisco Javier Pérez de la Cruz

DIAPPOSITIVA página 8

“Depósito de la plaza de Europa” © Francisco Javier Pérez de la Cruz

DIAPPOSITIVA página 10

“Depósito de Espinardo” © Francisco Javier Pérez de la Cruz

DIAPPOSITIVA página 11

“Vista del depósito” [Imagen tomada de] “Depósito de Cartagena”. *Mancomunidad de los Canales del Taibilla* [en línea]. Disponible en:
<<http://www.mct.es/images/popups/infraestructuras/depositos/foto02.jpg>>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 12

“Sección longitudinal” [Imagen tomada de] “Depósito de Cartagena”. *Mancomunidad de los Canales del Taibilla* [en línea]. Disponible en:
<<http://www.mct.es/plugins/content/mavikthumbnails/thumbnails/300x532-images-popups-infraestructuras-depositos-foto03.jpg>>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 13

“Depósito de San Miguel de Salinas” © Francisco Javier Pérez de la Cruz



Capítulo 4. DEPÓSITOS

Tema 11. Depósitos. Conceptos generales



DIAPPOSITIVA página 14

“Depósito de Burguillos” © Francisco Javier Pérez de la Cruz

DIAPPOSITIVA página 15

“Depósito elevado” [Imagen tomada de] “Distribución de aguas”. *Universidad de Las Palmas de Gran Canaria* [en línea]. Disponible en:
<http://editorial.cda.ulpgc.es/instalacion/1_ABASTO/11_esquema/imgag036.jpg>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 16

“Depósito de Sanchidrián” © Francisco Javier Pérez de la Cruz

“Depósito de Padrón” © Francisco Javier Pérez de la Cruz

DIAPPOSITIVA página 17

“Roihuvuori water tower” [Imagen tomada de] “Water tower”. *Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. 8 de abril de 2011. Disponible en:
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/62/Roihuvuori_water_tower_-_Helsinki_Finland.jpg>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

“Shooters Hill” [Imagen tomada de] “Water tower”. *Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. 8 de abril de 2011. Disponible en: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/16/Shooters_Hill.JPG>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 18

“Depósito elevado de Daimiel” © Francisco Javier Pérez de la Cruz



Capítulo 4. DEPÓSITOS

Tema 11. Depósitos. Conceptos generales



DIAPPOSITIVA página 19

“Depósito elevado de Villamiel” © Francisco Javier Pérez de la Cruz

DIAPPOSITIVA página 20

“The big peach” [Imagen tomada de] *Allman Brothers Band* [en línea]. Disponible en: <http://www.allmanbrothersband.com/gallery/abb/stuff/lmg_0320.jpg>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

“Collinsville Catsup Bottle Water Tower” [Imagen tomada de] *Flickr* [en línea]. Disponible en: <http://farm1.static.flickr.com/154/433642313_0cb3d2a2c8.jpg>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 22

[Imagen tomada de] “Distribución de aguas”. *Universidad de Las Palmas de Gran Canaria* [en línea]. Disponible en: <http://editorial.cda.ulpgc.es/instalacion/1_ABASTO/11_esquema/depo001.gif>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 23

[Imagen tomada de] “Depósitos para combatir los incendios forestales”. *Valle de Ayora* [en línea]. Disponible en: <http://www.mediterranea.org/cae/fuente_la_marzala_ayora_deposit.jpg>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 25 → “Depósitos de agua de Valdespartera ” [Imagen tomada de] “Fuentes de Zaragoza”. *Urbanity* [en línea]. Noviembre de 2007. Disponible en: <<http://mw2.google.com/mw-panoramio/photos/medium/15017650.jpg>>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 27

[Imagen tomada de] “Depósitos prefabricados de hormigón”. *OLX el sitio de compradores y vendedores* [en línea]. Disponible en: <http://images01.olx.es/ui/1/55/68/11494768_1.jpg>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 28

“Formas desarrollables”. En: AEAS. *Recomendaciones para la instalación, adjudicación y recepción de canalizaciones de agua potable*. Madrid: 1992. Página 14.

DIAPPOSITIVA página 29

“Tonwell Water Tower” [Imagen tomada de] “Water tower”. *Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. 8 de abril de 2011. Disponible en: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/47/Tonwell_Water_Tower.jpg>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 30

“Esfera” [Imagen tomada de] “Esfera”. *Enciclopedia libre universal* [en línea]. 22 de diciembre de 2009. Disponible en internet: < <http://enciclopedia.us.es/images/3/31/Esfera.png> >. [Consulta: 9 de abril de 2011]

“Oblate spheroid” [Imagen tomada de] “Esferoide”. *Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. 9 de julio de 2010. Disponible en: <<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b5/OblateSpheroid.PNG>>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 30 (continuación)

“Simple Torus” [Imagen tomada de] “Toroide” *Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. 8 de abril de 2011. Disponible en: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c6/Simple_Torus.svg>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 31

“Union Water Tower” [Imagen tomada de] *Flickr* [en línea]. Disponible en: <http://farm1.static.flickr.com/26/40826721_e83fcc956f_z.jpg>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 32

“Darwin Airport Water Tower” [Imagen tomada de] “Water tower”. *Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. 8 de abril de 2011. Disponible en: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0f/Darwin_Airport_Water_Tower.jpg>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 33

“Grandview” [Imagen tomada de] “Water tower”. *Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. 8 de abril de 2011. Disponible en: <<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/18/Grandview.JPG>>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 35

“Chateau d'eau Américain de Saint-Parize-Le-Chatel” [Imagen tomada de] “Water tower”. *Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. 8 de abril de 2011. Disponible en: <<http://en.wikipedia.org/wiki/File:ChateauDeauAmericainSaintParizeLeChatel.jpg>>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 36

“Baricentro” [Imagen tomada de] “Rectas y puntos notables en un triángulo” *Kalipedia* [en línea].

Disponible en:

<http://pr.kalipedia.com/kalipediamedia/matematicas/media/200709/26/geometria/20070926klpmatgeo_93.Ges.SCO.png>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 37

“Líneas de carga para diferentes emplazamientos”. En: CEH-CEDEX. *Guía técnica sobre depósitos para abastecimiento de agua potable*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento, 2010. 187 p. ISBN : 978-84-7790-513-4. Página 78.

DIAPPOSITIVA página 39

“Depósitos de cabecera y cola”. CEH-CEDEX. *Guía técnica sobre depósitos para abastecimiento de agua potable*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento, 2010. 187 p. ISBN : 978-84-7790-513-4. Página 79.

DIAPPOSITIVA página 41

[Imagen tomada de] “Trabajos realizados”. *Thorsl* [en línea]. Disponible en:

<<http://www.thorsl.com/img/Trabajos/deposito.jpg>>. [Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 45

“Cálculo gráfico del volumen de regulación de un depósito”. En: CEH-CEDEX. *Guía técnica sobre depósitos para abastecimiento de agua potable*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento, 2010. 187 p. ISBN : 978-84-7790-513-4. Página 85.

DIAPPOSITIVA página 46

“Greaves Hall water tower” [Imagen tomada de] “Water tower”. *Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. 8 de abril de 2011. Disponible en:
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Greaves_Hall_water_tower_%282%29.JPG>.
[Consulta: 9 de abril de 2011]

DIAPPOSITIVA página 47

“Caudales para incendios”. En: HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. *Abastecimiento y distribución de aguas*. 4^a ed. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2000. 914 p. Colección Señor nº 6. ISBN: 84-380-0165-3. Página 583.

DIAPPOSITIVA página 49

“Caudales para incendios”. En: CEH-CEDEX. *Guía técnica sobre depósitos para abastecimiento de agua potable*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento, 2010. 187 p. ISBN : 978-84-7790-513-4. Página 87.

DIAPPOSITIVA página 53

[Imagen tomada de] “Construcción de tanque de agua para la población de nuevo Ayacucho” [Blog de] *Cañete TV Canal 31* [en línea]. Disponible en:
<http://2.bp.blogspot.com/_HN0paM9xnjc/S7aGzk73IRI/AAAAAAAAAVs/mGQMPUMVuno/s1600/DSC08676.JPG>.[Consulta: 9 de abril de 2011].



Capítulo 4. DEPÓSITOS

Tema 11. Depósitos. Conceptos generales



DIAPPOSITIVA página 54

[Imagen tomada de] “Almacenamos el agua. Depósitos”. *Espina Obras Hidráulicas, S.A.* [en línea]. Disponible en: <<http://www.espina.es/wp-content/gallery/almacenamos-el-agua/deposito%20ruanda.jpg>>. [Consulta: 9 de abril de 2011].

DIAPPOSITIVA página 55

“80th street water tower project” [Imagen tomada de] LAZARUS, I. “Sea Isle City update” [Blog] *Sea Isle City Real Estate* [en línea]. 4 de noviembre de 2010. Disponible en: <http://myseaislereaalestate.com/wp-content/uploads/2010/11/TI_Watertower.jpg>. [Consulta: 9 de abril de 2011].