



Universidad
Politécnica
de Cartagena

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

Abastecimiento de aguas

TEMA 1

Evaluación de
las necesidades
de agua para
abastecimiento

Francisco Javier
Pérez de la Cruz





ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua



ÍNDICE

1. CONCEPTOS BÁSICOS

Utilización, uso y necesidad de agua

Demanda de agua

Retornos y consumos

Clasificación de los usos del agua

2. USOS DOMÉSTICOS. DOTACIÓN

Consumos urbanos

Poblaciones

Dotación

3. VARIACIONES DE CONSUMO

4. OTROS USOS DEL AGUA

Uso industrial

Uso agrícola

Otros usos

5. ORIGEN DEL AGUA PARA ABASTECIMIENTO

6. GARANTÍA DE SUMINISTRO

7. EJERCICIOS

8. BIBLIOGRAFÍA



1. CONCEPTOS BÁSICOS

Utilización del agua. Usos del agua. Necesidad de agua

En diferentes textos sobre planificación hidrológica se habla con frecuencia de estos tres términos, sin que quede clara, en muchas ocasiones, la diferenciación entre los mismos:

- 1) Utilización del agua → Es un concepto teórico que define el agua como un medio para alcanzar unos objetivos de producción o consumo establecidos por un agente económico.
- 2) Usos del agua → Término administrativo (RAPAPH) que indica las diferentes clases de utilización del agua según su destino (usos domésticos, industriales, agrícolas, recreativos...)

Los respectivos Planes Hidrológicos de Cuenca (PHC) deberán especificar las prioridades de los diferentes usos (manteniendo el abastecimiento como prioritario).

Si no lo hicieran, se seguiría con carácter general el siguiente orden de usos, establecido por la Ley de Aguas en su artículo 58.3:



ABASTECIMIENTO DE AGUAS



Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua

1. Abastecimiento de la población (incluyendo industrias de poco consumo situadas en los núcleos de población y conectadas a la red municipal)
 2. Regadíos y usos agrarios
 3. Usos industriales para la producción de energía eléctrica
 4. Otros usos industriales no incluidos en apartados anteriores
 5. Acuicultura
 6. Usos recreativos
 7. Navegación y transporte acuático
 8. Otros aprovechamientos
- 3) Necesidad de agua → Cantidad y calidad de agua necesaria y suficiente para asegurar la aplicación de las funciones requeridas por los diversos usos.

A diferencia de los anteriores conceptos, las necesidades de agua sí son calculables y medibles.



Demanda de agua

En una primera aproximación puede definirse como los caudales y volúmenes de agua que se precisan para cada actividad.

El RAPAPH (art. 74.2) define la demanda de agua como la necesidad de agua para uno o varios usos.

Hay que distinguir entre la *demanda neta* (D_n) que corresponde a la necesidad de agua estricta para atender un uso determinado y la *demanda bruta* (D_b), la cual se refiere a la cantidad de agua realmente necesaria para atender el uso, teniendo en cuenta determinados márgenes de explotación.

Por tanto, la eficiencia de un sistema de explotación se define como la relación entre la demanda neta y la demanda bruta ($E = D_n / D_b$).

<i>Uso del agua</i>	<i>Eficiencia</i>
Doméstico	0.8 a 0.9
Industrial	0.8 a 0.9
Agrícola	0.2 a 0.8

Valores de la eficiencia en los usos consuntivos del agua (Balairón, 2002)



Retorno y consumos

El retorno (R) es el volumen de agua utilizado y no consumido que se incorpora de nuevo a los cauces de los ríos.

Los retornos se suelen medir no sólo por su propio valor, sino mediante el coeficiente de retorno (C_R) siendo éste la relación existente entre el retorno y la demanda bruta ($C_R = R / D_B$).

Por su parte, el consumo de agua es la pérdida del agua disponible que el uso lleva consigo.

El consumo de agua total o demanda consuntiva equivale a las demandas brutas (D_B) menos los retornos (R).

<i>Uso del agua</i>	<i>Coficiente de retorno (C_R)</i>
Agrícola	0.1 - 0.5
Doméstico	0.8
Industrial	0.7 - 0.95
Refrigeración	0.3 - 1
Hidroeléctrico	1
Piscifactorías	0.8 - 1
Navegación, recreativos	1

Coficientes de retorno según el tipo de demanda (Balairón, 2002)



Clasificación de los usos del agua

- 1) Consuntivos y no consuntivos → Los usos consuntivos son los que extraen el recurso de su ubicación natural, lo utilizan para sus fines y luego lo vierten en un sitio diferente, reducido en cantidad y con una calidad distinta.

Por, el contrario, los usos no consuntivos no requieren sacar el agua de su lugar natural, ni modificar el recurso en cantidad ni en calidad.

De entre los usos más habituales, los usos domésticos, industriales y agrícolas serían consuntivos, frente a los energéticos (hidroeléctricos), recreativos o de navegación, que serían no consuntivos.

Por su propia definición, el coeficiente de retorno (C_R) de los usos no consuntivos es 1, ya que no hay consumo de agua.

- 2) Prioritarios y secundarios → Según esta clasificación, los usos del agua se dividen en los que necesitan de manera imprescindible del recurso para su fin (usos prioritarios, como los domésticos, industriales o agrícolas) y en los que dicho fin se podría lograr mediante otros recursos (usos secundarios, como los energéticos o de navegación).



- 3) Comunes y privativos → Son usos comunes los que pueden realizarse libremente por cualquiera sin necesidad de autorización administrativa y de conformidad con lo que dispongan las leyes y reglamentos, mientras que los usos privativos requieren la oportuna disposición legal al respecto.

De esta manera, prácticamente todos los usos son privativos, excepto beber, bañarse o abrevar el ganado en los cauces superficiales, siempre que no se altere la calidad ni la cantidad del recurso.

- 4) Compatibles e incompatibles → Los problemas de escasez de agua han llevado a que las obras hidráulicas sirvan para diferentes usos simultáneamente y a analizar qué usos han de ser preferidos en caso de incompatibilidad. De esta forma podemos tener usos:

- a) *Compatibles*, cuando la realización de uno no afecta a la de otro (baño en un embalse de aprovechamiento hidroeléctrico).
- b) *Complementarios*, cuando la realización de uno depende de la del otro (embalse que alimenta central hidroeléctrica).
- c) *Alternativos o incompatibles*, cuando la realización de uno supone un impedimento para el otro (embalse de regadíos y abastecimiento)

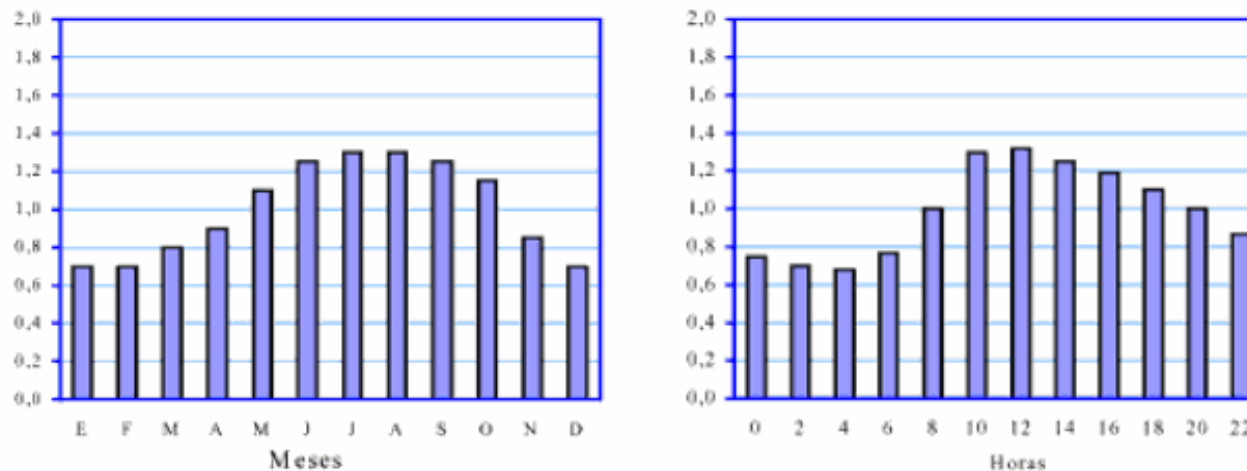


2. USOS DOMÉSTICOS. DOTACIÓN

Se entiende por uso doméstico del agua la utilización de recursos hidráulicos para atender las necesidades de abastecimiento de la población.

Una de las características de este uso es la variabilidad temporal, tanto estacional como horaria (ver figura).

Otra característica singular de este uso es la elevada calidad exigida en comparación con otros usos, así como una garantía muy alta (alto nivel de seguridad en el suministro).



Variabilidad temporal de las demandas domésticas en % (Benet y Ferrer, 1992)



Consumos urbanos

El consumo teórico del núcleo de población vendrá dado por:

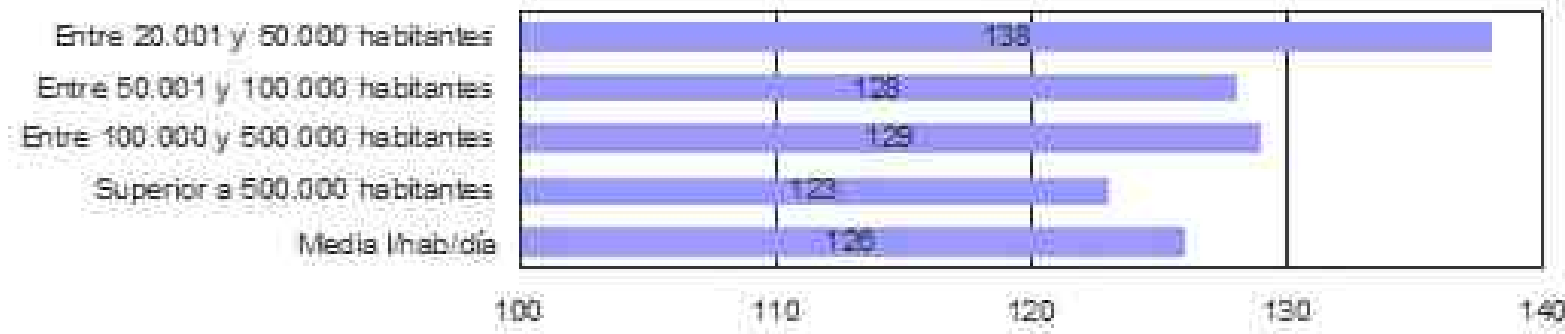
$$C_t = P_t \times D_t$$

C_t = consumo en m³/día

P_t = población en habitantes

D_t = dotación en m³/hab·día

Con datos reales de población y consumo se podrá obtener la dotación real, mientras que las dotaciones para diferentes escenarios requerirán unas hipótesis de consumo y cálculo de poblaciones.



Consumo doméstico de agua en España por tamaño de población en litros/hab/día (AEAS, 2012)



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua



Poblaciones

- 1) Población en el año actual → Para determinar la población urbana en el año actual se pueden consultar las estadísticas que al respecto elabora el Instituto Nacional de Estadística (INE, www.ine.es).

En el caso de necesitar información de núcleos poblacionales de tamaño inferior al del municipio, pueden consultarse los datos que, al respecto, debe disponer el correspondiente ayuntamiento o el nomenclátor del INE.

Población a 1-5-1996			
Fuente: Renovación del Padrón Municipal de Habitantes a 1-5-1996			
Provincia : 05 - Avila			
	Total	Varones	Mujeres
Total provincial	169342	85007	84335
A			
	Total	Varones	Mujeres
Adanero	332	179	153
Adrada (La)	2003	1039	964
Albornos	276	145	131
Aldeanueva de Santa Cruz	193	103	90
Aldeaseca	362	183	179
Aldehuela (La)	291	141	150
Amavida	203	101	102
Arenal (El)	1109	530	579
Arenas de San Pedro	6609	3257	3352
Arevalillo	152	77	75
Arévalo	7359	3556	3803
Aveinte	153	80	73
Avellaneda	43	20	23
Avila	47187	22703	24484

Población a fecha 1/5/1996 de algunos municipios de Ávila (datos INE)



2) Población en el año horizonte → Para calcular la población en el año horizonte se pueden utilizar los siguientes métodos:

a) **Método aritmético o lineal** → El modelo aritmético o de crecimiento lineal supone que el aumento de la población es constante e independiente del tamaño de ésta.

$$\frac{dP}{dt} = K_a \quad \int_{P_1}^{P_2} dP = K_a \int_{t_1}^{t_2} dt \quad P_2 - P_1 = K_a (t_2 - t_1)$$

P_1 y P_2 son los valores estadísticos de población en los tiempos t_1 y t_2 , con lo cual la estimación de la población para un tiempo futuro t vendrá dada por la expresión, siendo K_a la constante aritmética de crecimiento:

$$P = P_2 + \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} (t - t_2)$$

Este tipo de crecimiento solo es valido para cortos espacios de tiempo y rara vez se da el caso de una población que presente este patrón.



b) **Método logarítmico** → Consiste en considerar que el aumento de población es proporcional al tamaño de ésta.

$$\frac{dP}{dt} = K_g P \quad \int_{P_1}^{P_2} \frac{dP}{P} = K_g \int_{t_1}^{t_2} dt \quad \text{Ln}P_2 - \text{Ln}P_1 = K_g (t_2 - t_1)$$

P_1 y P_2 son los valores estadísticos de población en los tiempos t_1 y t_2 , con lo cual la estimación de la población para un tiempo futuro t vendrá dada por la siguiente expresión, siendo K_g la constante geométrica de crecimiento:

$$\text{Ln}P = \text{Ln}P_2 + \frac{\text{Ln}P_2 - \text{Ln}P_1}{t_2 - t_1} (t_2 - t_1) \quad P = P_2 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\left(\frac{t-t_2}{t_2-t_1} \right)}$$

Este tipo de crecimiento no es válido para largos periodos y suele ajustar mejor que el método aritmético. Se aplica la formula considerando los censos de población en pequeños intervalos de tiempo a fin de comprobar la tendencia del ritmo de crecimiento.



c) **Modelo geométrico o de la tasa de crecimiento** → Este modelo considera para iguales periodos de tiempo el mismo porcentaje de incremento de la población, es decir, un crecimiento de la población de tipo exponencial. Para el calculo de este incremento se utiliza la formula del interés compuesto.

$$P = P_a (1 + \alpha)^n$$

$$\alpha = \left(\sqrt[n]{\frac{P}{P_a}} \right) - 1$$

Siendo P_a la población actual, P la población en el año horizonte, α la tasa de crecimiento y n el número de años entre el actual y el horizonte.

El cálculo del incremento de crecimiento requiere el conocimiento de, al menos, tres censos en espacios de tiempo relativamente cortos, a fin de obtener un valor promedio de esta tasa.



d) **Modelo MOPU** → Se trata del modelo empleado en sus estudios por el antiguo Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

Este modelo toma como base las poblaciones del último censo realizado (P_a) y las de los censos de 10 y 20 años antes (P_{a-10} y P_{a-20}), calculando las tasas de crecimiento anual acumulativo correspondientes a los intervalos entre cada uno de estos censos y el último realizado.

$$P_a = P_{a-10} \cdot (1 + \beta)^{10} \text{ deduciéndose } \beta$$

$$P_a = P_{a-20} \cdot (1 + \gamma)^{20} \text{ deduciéndose } \gamma$$

Como tasa de crecimiento aplicable se adoptará un valor de:

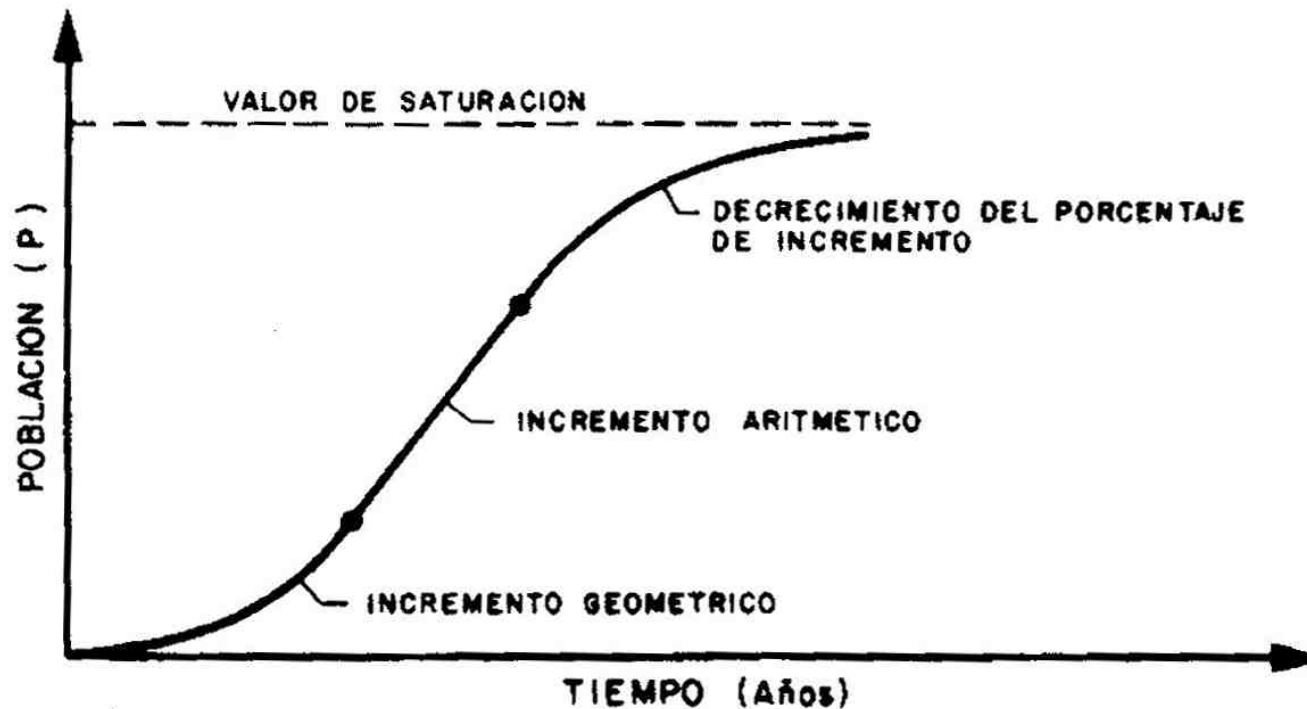
$$\alpha = (2\beta + \gamma) / 3$$

estimándose la población futura mediante la fórmula del modelo geométrico:

$$P = P_a (1 + \alpha)^n$$



e) **Método de la curva logística** → En la realidad, la experiencia demuestra que los modelos vistos anteriormente no se ajustan para períodos de tiempo largos, sino que el modelo de crecimiento de la población es una síntesis de los anteriores



Modelo de la curva logística (Hernández, 2000)



Según este método, las poblaciones evolucionarían combinando los métodos anteriores, siendo lo más habitual la siguiente secuencia:

- a) Una primera etapa desarrollada de acuerdo a un modelo geométrico
- b) Posteriormente se sigue un modelo aritmético
- c) Por último, tras un decrecimiento del porcentaje de incremento, la población tiende a alcanzar un valor de saturación.

El mencionado valor de saturación (S) es el valor asintótico al que tiende la curva logística y se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{2P_0P_1P_2 - P_1^2(P_0 + P_2)}{P_0P_2 - P_1^2}$$

Para el cálculo del valor asintótico se toman tres poblaciones a tres tiempos diferentes (P_0, P_1, P_2) tomándose como P_2 la población obtenida del último censo.



ABASTECIMIENTO DE AGUAS



Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua

f) **Modelo de semejanza de poblaciones** → Este modelo calcularía la población del año horizonte asimilando su evolución a la de ciudades de características similares a la de estudio que ya hayan pasado por su estado de evolución demográfica. Se utiliza para periodos largos de tiempo.

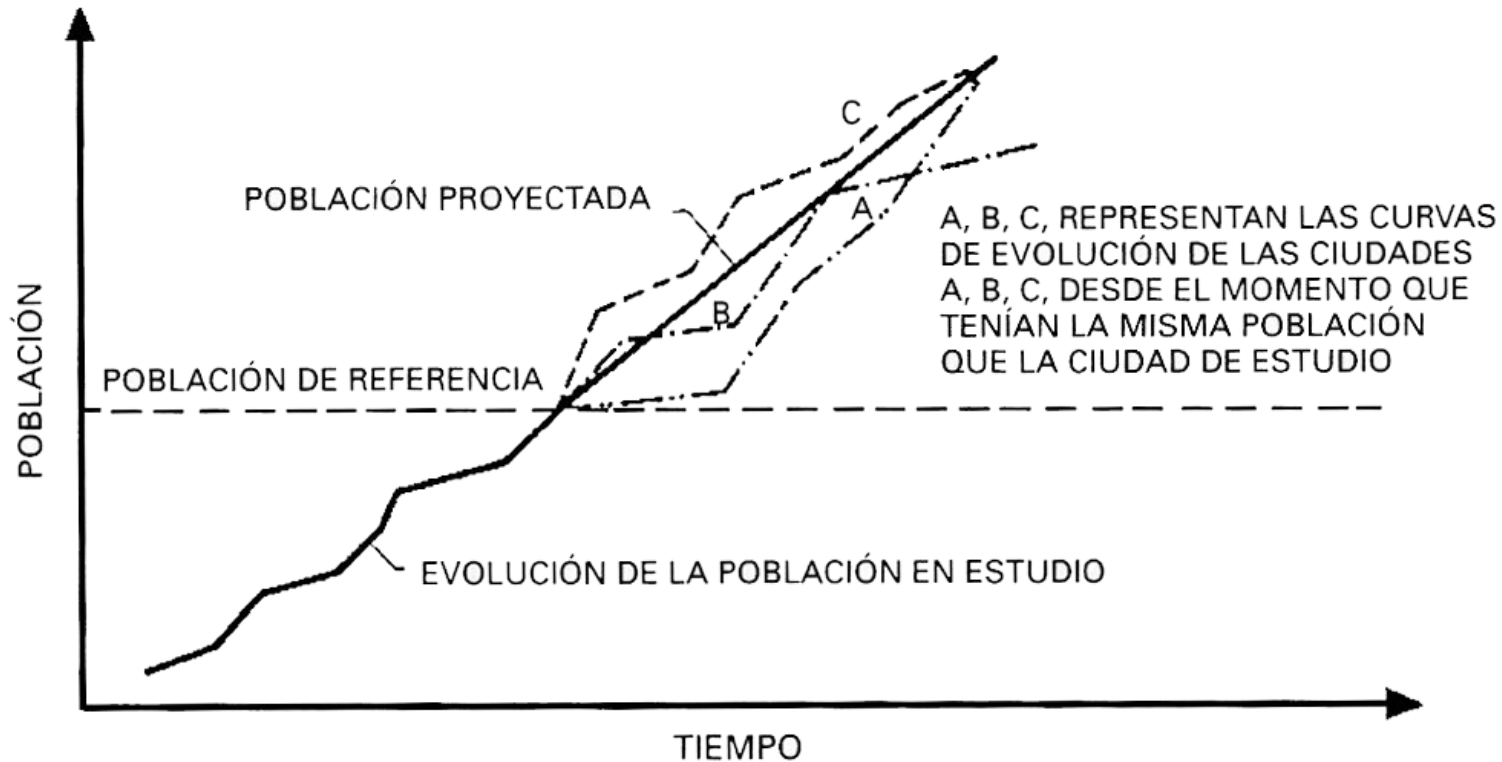


Gráfico del modelo de semejanza de poblaciones (Hernández, 2000)



Dotación

Se define la dotación como el volumen medio diario de agua a suministrar por cada habitante.

Se expresa habitualmente en litros por habitante y día, variando fundamentalmente en función del número de habitantes y del nivel socioeconómico.

No obstante, otros factores de los que dependen las dotaciones de agua para abastecimientos urbanos pueden ser los siguientes:

- La forma de urbanización y el tamaño de la ciudad
- La importancia de las actividades industriales y comerciales en el interior del núcleo urbano
- Las condiciones climáticas
- La calidad del agua (a mayor calidad, mayor consumo)
- El régimen tarifario empleado
- El estado de la red de abastecimiento y saneamiento



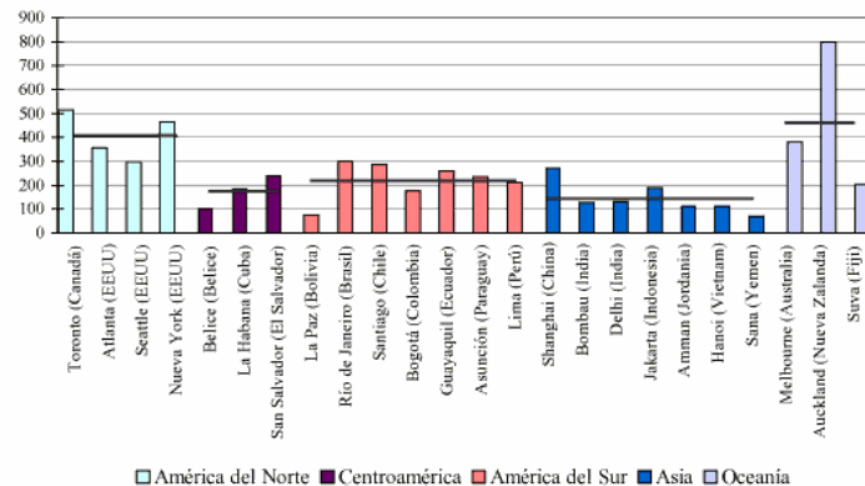
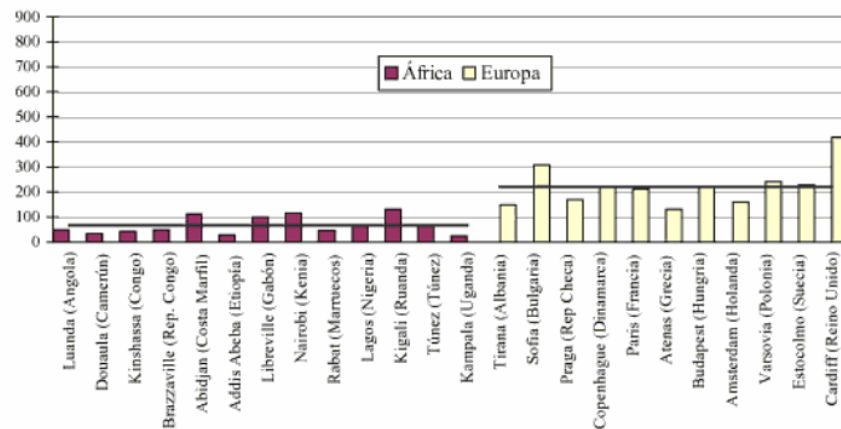
ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua



En cualquier caso, en España las dotaciones brutas urbanas oscilan habitualmente entre los 150 y los 500 litros/hab/día (tanto para el año actual como para el año horizonte).

En otros países como Estados Unidos las dotaciones son mayores (200 a 1.500 litros/hab/día) debido al diferente estilo de vida, basado en la baja densidad urbana de sus poblaciones o la mayor superficie de zonas ajardinadas.



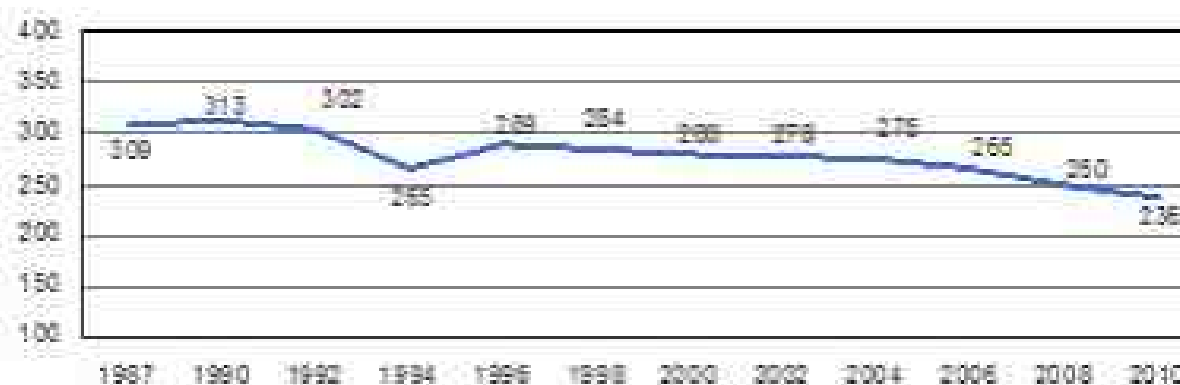


ABASTECIMIENTO DE AGUAS



Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua

En las siguientes gráficas se indican la distribución de usos en función del tamaño de la población (en %) y la evolución de la dotación media en España en los últimos años en litros por habitante/día (AEAS, 2012):





ABASTECIMIENTO DE AGUAS



Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua

En general, pueden adoptarse como dotaciones medias de abastecimiento urbano las contenidas en las *Normas para la redacción de proyectos de abastecimiento y saneamiento* (MOPU, 1976) o las que figuran en la OM del 24 de septiembre de 1992 (MOPU) sobre *Recomendaciones Técnicas Complementarias para la elaboración de los PHC intercomunitarias*.

Población (n° hab.)	Dotaciones urbanas según usos (l/(hab·día))				
	Domésticos	Industriales	Servicios	Fugas	TOTAL
<1.000	60	5	10	25	100
1.000-6.000	70	30	25	25	150
6.000-12.000	90	50	35	25	200
12.000-50.000	110	70	35	25	250
50.000-250.000	125	100	50	25	300
>250.000	165	150	60	25	400

Dotaciones distribuidas por usos en función de la población (MOPU, 1976)

Dotaciones en función del nivel de actividad industrial/comercial en función de la población (segundo horizonte, año 2012; MOPU, 1992)

Población (n° hab.)	Dotaciones (l/(hab·día))		
	Actividad comercial/industrial		
	Alta	Media	Baja
<10.000	280	250	220
10.000-50.000	310	280	250
50.000-250.000	360	330	300
>250.000	410	380	350



3. VARIACIONES DE CONSUMO

El modelo anteriormente expuesto (consumo = población x dotación) da un valor que debe considerarse como un consumo medio a lo largo del año.

Sin embargo, en la práctica este consumo no se produce de forma regular, sino que en determinados momentos conocidos como puntas, el consumo de la población será mayor y en otros, notablemente inferior al medio, puesto que las condiciones climáticas, los días y horarios de trabajo etc., tienden a causar amplias variaciones en el consumo de agua.

Es habitual que, durante la semana, el domingo se produzca el consumo más bajo, o que en los meses de verano se genere un consumo medio superior al promedio anual. La semana de máximo consumo se producirá, con frecuencia, en tiempo caluroso y ciertos días superarán a otros en cuanto a demanda de agua.

A través del día también se producen puntas de demanda, comenzando por la mañana al inicio las actividades, con otra punta por la tarde cuando éstas finalizan, registrándose los valores mínimos de consumo sobre las 4 de la madrugada correspondiente a las mínimas actividades de la noche.



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

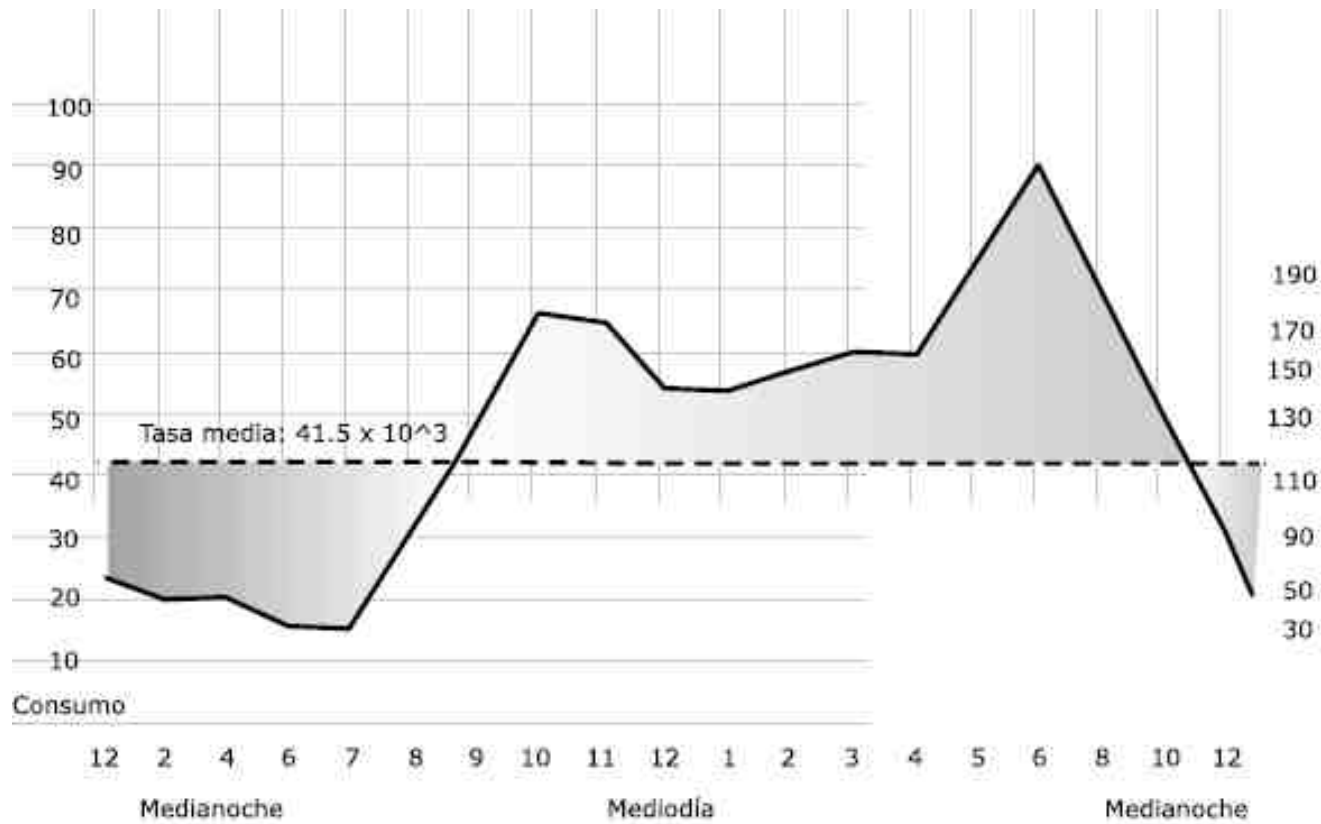
Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua



EJEMPLO

EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DIARIO

Sheboygan, 50.000 hab. (Wisconsin, EE. UU.)





EJEMPLO

EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DIARIO

Madrid, 7 de julio de 2010



Semifinales del Mundial Sudáfrica 2010 (España – Alemania)



4. OTROS USOS DEL AGUA

Uso industrial

Se entiende por uso industrial aquel que realizan aquellas industrias que, por su singularidad, tamaño y suministro (generalmente individualizado), deben analizarse de forma separada de los usos domésticos antes mencionados.

Se trata, por tanto, de grandes fábricas, polígonos industriales o industrias específicas como las centrales térmicas o nucleares.

Los consumos de pequeñas industrias situadas en los núcleos urbanos se computan dentro de los usos domésticos del agua.

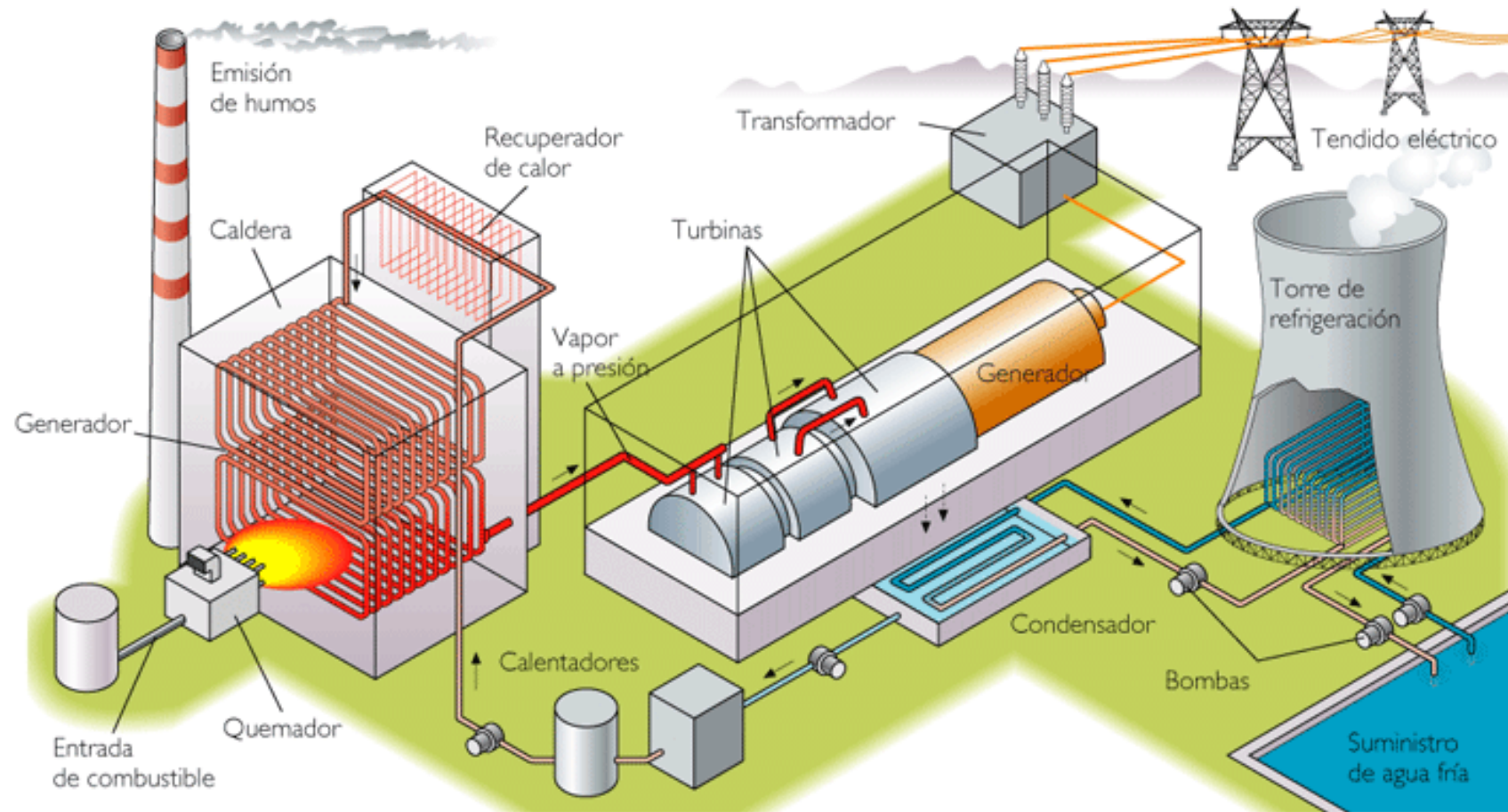
El uso industrial es, en general, un uso consuntivo y prioritario, exceptuando el agua de refrigeración en circuito abierto de determinadas industrias (centrales térmicas y nucleares) siendo, junto con el agrícola, el más predominante a nivel mundial.

El principal problema de este uso es la contaminación (tanto por elementos contaminantes como por temperatura en el caso del agua de refrigeración), debiéndose realizar un tratamiento adecuado de los vertidos generados.



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua



Esquema de una central térmica



Por el contrario, y a diferencia de lo que ocurría con las aguas de uso doméstico, la calidad que se exige a las aguas para el uso industrial suele ser menor (salvo en industrias específicas, como la alimentaria, que requiere agua potable).

Las industrias consumen agua, fundamentalmente para los siguientes fines:

- a) Materia prima en procesos de fabricación (industrias alimentarias)
- b) Modo de transporte (minería, industrias papeleras...)
- c) Elementos de transferencia de calor (calentamiento, enfriamiento)
- d) Contenedor de vertidos industriales

La cantidad de agua empleada varía, no sólo de un sector a otro, sino también de la técnica empleada para fabricar un mismo producto.

En general, el coste del recurso suele suponer una parte poco importante del coste total de producción (ver tabla):

<i>Sector</i>	<i>% Coste</i>
Farmacéutico	0.6 - 1
Químico	0.5 - 1.5
Mataderos	2.5 - 4
Bebidas	0.8
Textil	3.5 - 6
Lácteos	3

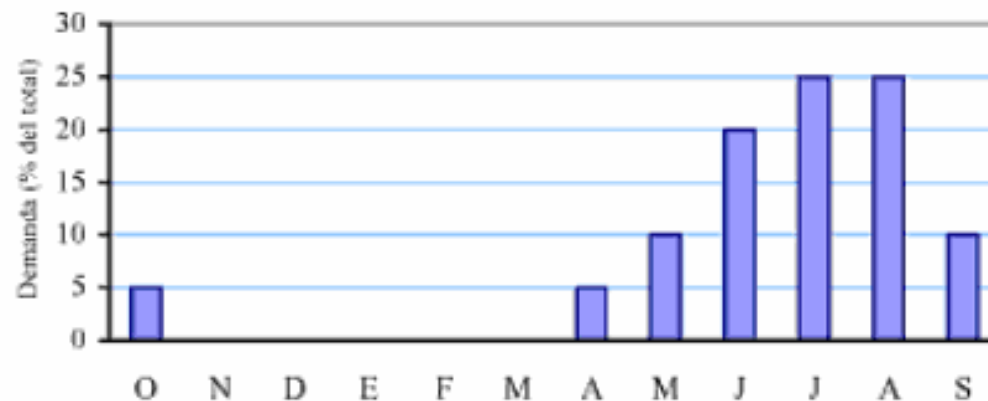


Uso agrícola

Se entiende por uso agrícola del agua la utilización del recurso hídrico para satisfacer los déficits de la evapotranspiración de los cultivos.

Estas necesidades de los cultivos, en principio, podrían ser satisfechas por las precipitaciones naturales, pero en nuestro país, debido al irregular régimen hídrico, es obligada la aportación de agua suplementaria surgiendo de esta forma la necesidad del regadío.

Es, por tanto, una demanda variable a lo largo del año, con una distribución mensual en tanto por ciento como se indica en la siguiente figura:



Distribución media a lo largo del año de la demanda de riego (Balairón, 2002)



El regadío es el mayor demandante y consumidor de agua, tanto a nivel nacional como mundial. Además, en España, las zonas con mejores aptitudes naturales para la agricultura son las que disponen de menos recursos hídricos, dando lugar a un conflicto permanente para la satisfacción de las demandas necesarias.

El uso agrícola es uno de los usos consuntivos por excelencia, teniendo gran importancia el problema de los retornos o consumos de agua. Debido a las grandes cantidades que se manejan, a las pérdidas por infiltración en el terreno o a la ineficiencia de muchas redes de riego, el valor de los retornos de agua es mucho menor que en cualquier otro uso, llegando en ocasiones al 10 – 20% del volumen de agua suministrada. Este problema podría solucionarse mediante un uso más eficiente del recurso (programas de modernización del regadío, ahorro de agua...).

Las dotaciones de riego dependerán de muchos factores, entre ellos las condiciones climáticas de la zona, las características del suelo, el tipo de cultivo y el método de riego empleado.

Respecto a la calidad de agua empleada en los regadíos, cabe indicar que no toda debe ser, ni mucho menos, potable, aunque sí tiene que cumplir una serie de propiedades físicas, químicas, bacteriológicas y biológicas.



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua



EJEMPLO

CAMPOS DE ARROZ

Calasparra (Murcia)





Otros usos

Además de los usos ya mencionados, existen otros posibles usos como son:

- 1) Uso recreativo → Referido a los aprovechamientos que tienen por objeto la satisfacción de los requerimientos de ocio en cualquiera de sus facetas. Son de carácter secundario.

Dentro de estos usos hay que destacar el uso del agua para baño y, por su importancia creciente, el riego para campos de golf.

- a) El uso para baño no requiere la extracción del recurso de su emplazamiento, planteando únicamente exigencias en cuanto a calidad del agua y niveles disponibles.
- b) El uso del agua para riego de campos de golf presenta el problema de la cantidad de recurso consumido (7 l/m^2 con 200 riegos al año) lo que supone para un campo de 18 hoyos (50 has) un volumen de $0,7 \text{ hm}^3/\text{año}$, que equivale al consumo de 10.000 personas, lo que aconseja la utilización y el desarrollo de técnicas de reutilización de aguas residuales para satisfacer esta demanda.



EJEMPLO

PISCINA NATURAL

Arenas de San Pedro (Ávila)





- 2) Navegación fluvial → Cuantitativamente, de muy poca importancia en España, limitándose prácticamente al río Guadalquivir, desde Sevilla a su desembocadura.

No obstante, a lo largo de la historia ha habido varios intentos de utilizar los recursos hídricos de la península con este fin, como el intento de hacer navegable el Tajo desde Aranjuez hasta Lisboa (siglo XVI) o la construcción del Canal de Castilla (siglo XVIII).

En general, la navegación puede realizarse por el propio río o por un canal expresamente construido para tal fin, siendo cuantitativamente un uso no consuntivo, pero que puede alterar la calidad de las aguas.

- 3) Acuicultura → Es el aprovechamiento de recursos hídricos con destino al abastecimiento de las instalaciones de cría y engorde de especies animales acuáticas.

Este uso garantiza el retorno de prácticamente todo el agua detraída, teniendo como inconvenientes los grandes volúmenes demandados y la posible infección del río con enfermedades de la población piscícola almacenada.



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua



EJEMPLO

CANAL DE CASTILLA

Villaumbrales (Valladolid)





ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua



EJEMPLO

ESCLUSAS DEL CANAL DE CASTILLA

Frómista (Palencia)





EJEMPLO

PISCIFACTORÍA EN EL RÍO CINCA

Artasona (Huesca)





- 4) Uso medioambiental → Definido mediante la figura del caudal ecológico, que es el necesario para mantener el funcionamiento, composición y estructura del ecosistema fluvial que ese cauce contiene en condiciones naturales.

Es evidente que existe una gama amplia de caudales circulantes que son ecológicos para un determinado cauce, así que podríamos diferenciar entre unos extremos máximos y otros mínimos (los más habituales). De la misma forma, deberíamos diferenciar entre los caudales ecológicos de las diferentes épocas del año, ya que las exigencias de hábitat y de caudales circulantes por parte del ecosistema no son las mismas a lo largo de las diferentes estaciones.

A la hora de determinar los caudales ecológicos existen dos técnicas principales:

- a) Métodos que se basan en datos históricos sobre los estiajes que de forma natural han ocurrido.
- b) Métodos basados en las pautas de variación del hábitat acuático con los caudales circulantes.



5. ORIGEN DEL AGUA PARA ABASTECIMIENTO

El origen del agua para abastecimiento podemos clasificarlo en dos tipos de fuentes: convencionales y no convencionales.





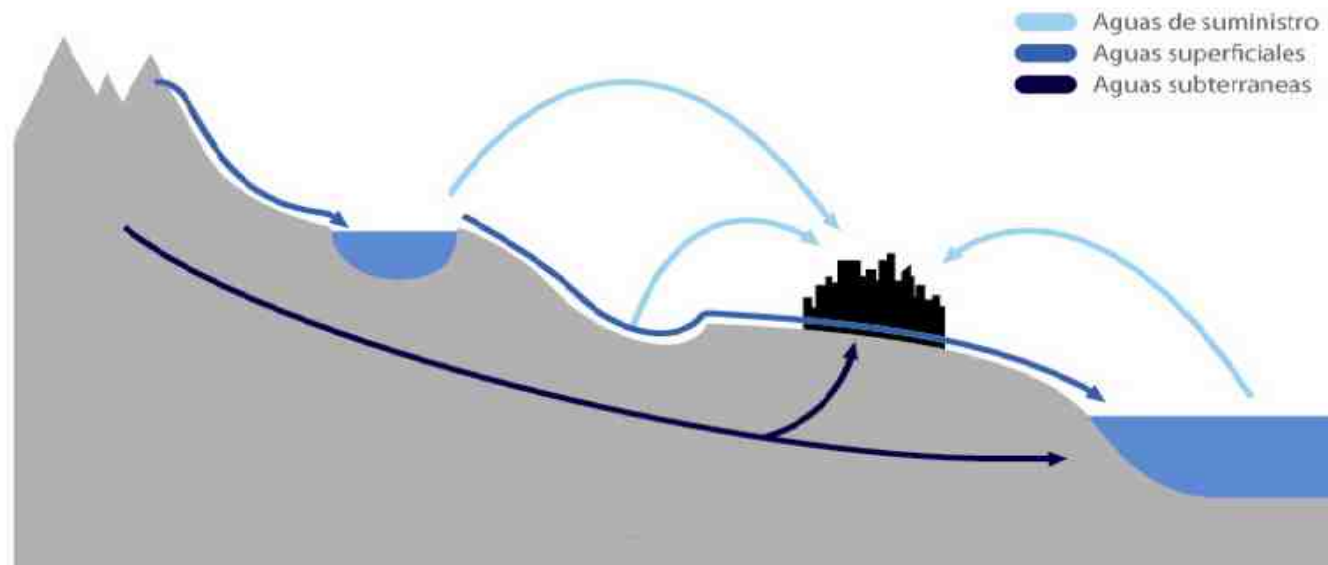
ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua



Las fuentes convencionales presentan las siguientes características:

- 1) Aguas superficiales → Caudales y propiedades fisicoquímicas variables a escala estacional; mayor susceptibilidad a la contaminación; menores costes operativos y mayores costes de tratamiento.
- 2) Aguas subterráneas → Caudales y propiedades fisicoquímicas constantes en el tiempo; menor riesgo de contaminación; mayores costes de operación y menores costes de tratamiento.



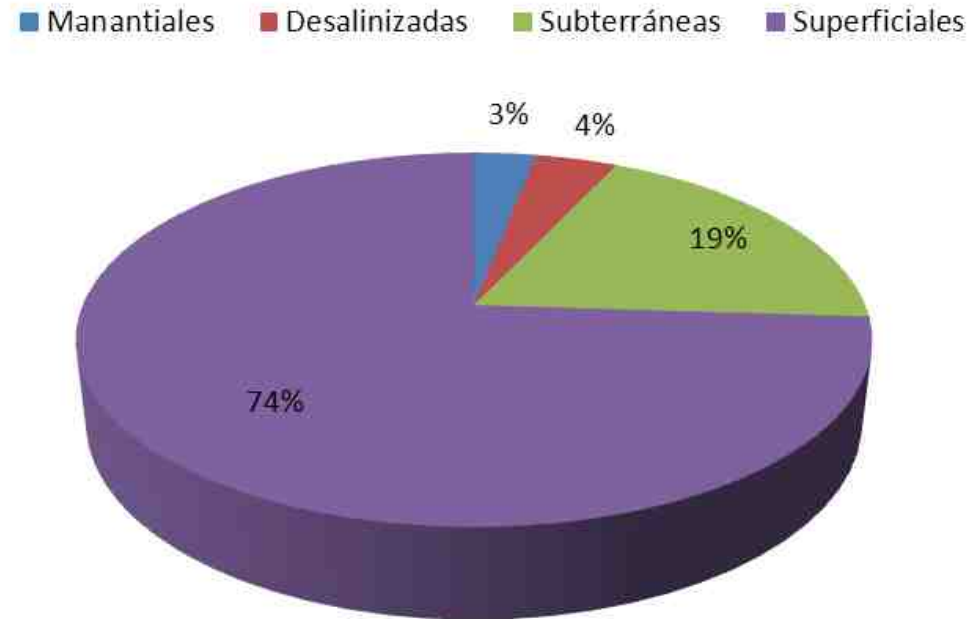


ABASTECIMIENTO DE AGUAS



Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua

De acuerdo con la XI *Encuesta de Suministro de Agua Potable y Saneamiento en España* (AEAS y AGA, 2010), los orígenes del agua utilizada para suministro urbano de las diferentes poblaciones se pueden clasificar según lo indicado en la figura.



Como puede observarse, las captaciones tienen fundamentalmente un origen superficial (74%) seguido de las aguas procedentes del subsuelo (aguas subterráneas y manantiales).

Es de destacar el aumento progresivo del agua desalada como recurso, alcanzando en la actualidad el 4% del total, si bien en determinadas zonas es uno de los recursos más importantes (Canarias, más del 50% y Baleares el 25%)

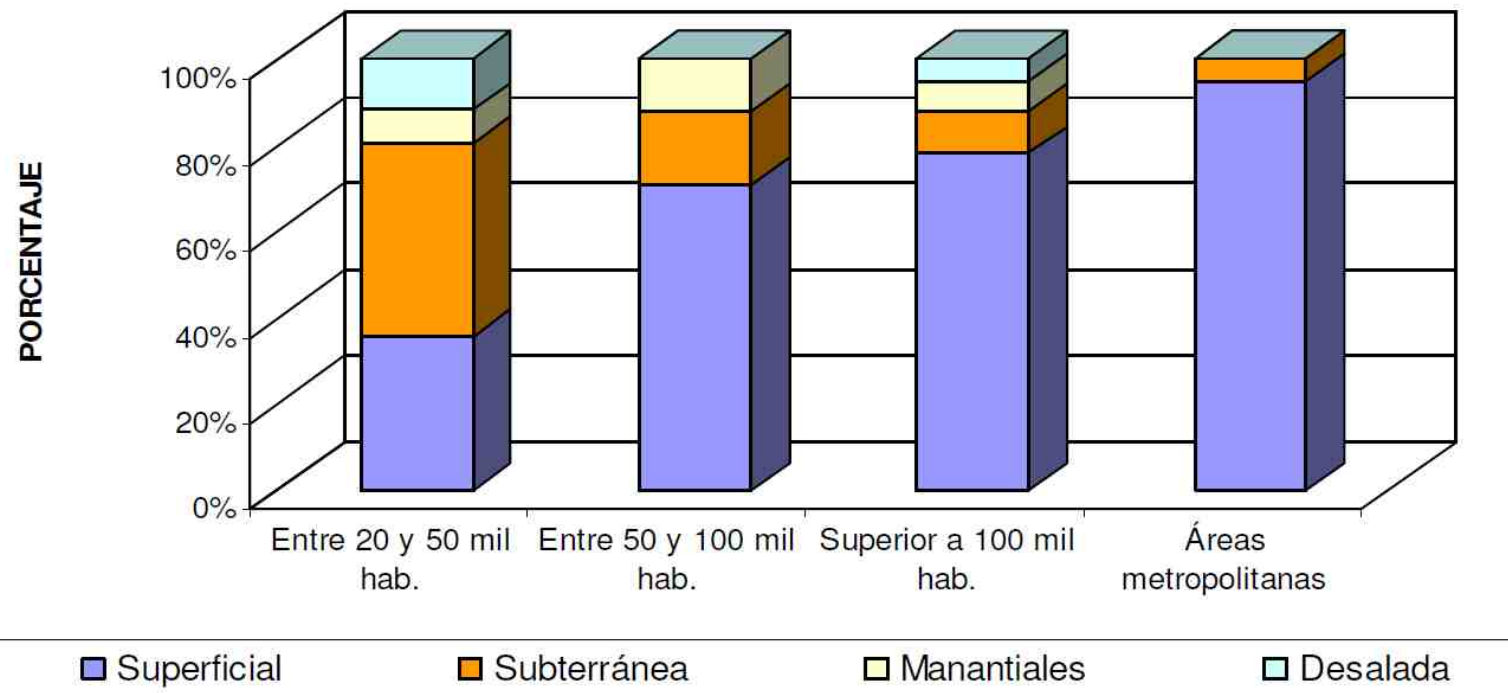


ABASTECIMIENTO DE AGUAS



Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua

No obstante, el origen del agua presenta notables diferencias en función del tamaño de la población a abastecer. En el caso de las poblaciones más pequeñas, el agua subterránea supone la principal fuente de suministro, mientras que a medida que aumenta el tamaño de la población crece la importancia de las aguas superficiales (AEAS y AGA, 2010).





5. GARANTÍA DE SUMINISTRO

El concepto de garantía (G) hace referencia a la capacidad de un sistema de abastecimiento de satisfacer ciertas demandas en un momento dado mediante los recursos hídricos disponibles.

La insatisfacción de dichas demandas da lugar a una situación de fallo que se ha de describir y cuantificar de alguna forma: frecuencia de presentación, duración del periodo de fallo, déficit ocasionado, etc. Los índices de garantía más comunes se agrupan según tres características básicas:

- 1) Índices basados en la ocurrencia de fallos → Es el índice más utilizado.
Define la garantía como la probabilidad de que el sistema se halle en una situación satisfactoria para atender la demanda.

n = número de días en un periodo de tiempo

n_f = número de días del periodo considerado en los que la fuente de suministro no satisface las necesidades de abastecimiento o demanda (en cantidad o calidad)

$$P_f = \frac{n_f}{n}$$

$$G = 1 - P_f$$



2) Índices basados en la duración de los fallos → Se definen en función de la garantía temporal, que es la fracción del periodo de operación durante el cual la demanda ha sido plenamente satisfecha, o bien en función del concepto de resiliencia, que indica la rapidez con que el sistema se recupera una vez que el fallo se ha producido.

Este índice permite tener en cuenta si los fallos se concentran en un determinado periodo de tiempo.

3) Índices basados en la severidad de los fallos → Estos índices permiten describir el tamaño o la magnitud de los fallos.

- El más sencillo es el déficit que hay entre la demanda y el suministro.
- Otro es el déficit medio, que se define como el cociente entre la suma de los déficits que se producen durante un determinado periodo de tiempo y el número de déficits.
- Un índice muy utilizado es la garantía volumétrica, que representa la fracción de la demanda total que se satisface durante un cierto periodo de tiempo.



7. BIBLIOGRAFÍA

AEAS y AGA. *Encuesta de suministro de agua potable y saneamiento en España*. 11ª ed. Madrid, 2010.

BALAIRÓN PÉREZ, L. *Gestión de recursos hídricos*. 2ª ed. Barcelona: Ediciones UPC, 2002. 492 p. ISBN: 978-84-8301-626-8

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

MURILLO DÍAZ, J.M. et al. *Desarrollo sostenible, uso conjunto y gestión integral de recursos hídricos*. Madrid: IGME, 2010. 398 p. ISBN: 978-84-96979-40-6



REFERENCIA DE IMÁGENES

DIAPOSITIVA PORTADA

[Imagen tomada de] “Water security index” [Blog] *Seismologik* [en línea]. 24 de junio de 2010. Disponible en: <<http://www.freshnews.in/wp-content/uploads/2008/12/city-water-supply.jpg>>. [Consulta: 25 de abril de 2011]

DIAPOSITIVA página 5

“Valores de la eficiencia en los usos consuntivos del agua”. En: BALAIRÓN PÉREZ, L. *Gestión de recursos hídricos*. 2ª ed. Barcelona: Ediciones UPC, 2002. 492 p. ISBN: 978-84-8301-626-8. Página 75

DIAPOSITIVA página 6

“Coeficientes de retorno según el tipo de demanda”. En: BALAIRÓN PÉREZ, L. *Gestión de recursos hídricos*. 2ª ed. Barcelona: Ediciones UPC, 2002. 492 p. ISBN: 978-84-8301-626-8. Página 75

DIAPOSITIVA página 9

“Variabilidad temporal de las demandas domésticas en % (Benet y Ferrer, 1992)”. En: BALAIRÓN PÉREZ, L. *Gestión de recursos hídricos*. 2ª ed. Barcelona: Ediciones UPC, 2002. 492 p. ISBN: 978-84-8301-626-8. Página 89

DIAPOSITIVA página 10

[Imagen tomada de] “Encuesta 2012 de Suministro de Agua Potable y Saneamiento en España”. *iAgua* [en línea]. 29 de junio de 2012. Disponible en: <<http://www.iagua.es/sites/default/files/images/encuesta%20aeas%203.jpg>>. [Consulta: 13 de mayo de 2015]



DIPOSITIVA página 11

“Población de algunos municipios de Ávila a fecha 1-5-1996 (datos INE)”. En: BALAIRÓN PÉREZ, L. *Gestión de recursos hídricos*. 2ª ed. Barcelona: Ediciones UPC, 2002. 492 p. ISBN: 978-84-8301-626-8. Página 90

DIPOSITIVA página 16

“Modelo de la curva logística”. En: 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. Página 377

DIPOSITIVA página 18

“Gráfico del modelo de semejanza de poblaciones”. En: 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. Página 378

DIPOSITIVA página 20

“Dotaciones domésticas en el mundo, en l/hab/día (UNESCO, 2000)”. En: BALAIRÓN PÉREZ, L. *Gestión de recursos hídricos*. 2ª ed. Barcelona: Ediciones UPC, 2002. 492 p. ISBN: 978-84-8301-626-8. Página 99

DIPOSITIVA página 21

[Imagen tomada de] “Encuesta 2012 de Suministro de Agua Potable y Saneamiento en España”. *iAgua* [en línea]. 29 de junio de 2012. Disponible en: < <http://www.iagua.es/sites/default/files/images/encuesta%20aeas%201.jpg> >. [Consulta: 13 de mayo de 2015]



ABASTECIMIENTO DE AGUAS



Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua

[Imagen tomada de] “Encuesta 2012 de Suministro de Agua Potable y Saneamiento en España”. *iAgua* [en línea]. 9 de junio de 2010. Disponible en: <<http://www.iagua.es/sites/default/files/images/encuesta%20aeas%202.jpg>>. [Consulta: 13 de mayo de 2015]

DIPOSITIVA página 22

“Dotaciones distribuidas por usos en función de la población”. En: MOPU. *Normas para la redacción de proyectos de abastecimiento y saneamiento*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1976.

“Dotaciones en función del nivel de actividad industrial/comercial en función de la población”. En: MOPU. *Recomendaciones Técnicas Complementarias para la elaboración de los PHC intercomunitarias*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1992.

DIPOSITIVA página 24

“Variación del consumo de agua durante el día en Sheboygan (Wis) E.U.” [Imagen tomada de] LEONARDO FRANCO, F. “Acueductos y alcantarillados. La dotación”. *Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales* [en línea]. Disponible en: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080004/contenido/Capitulo_4/Pages/caudales_continuacion2.htm>. [Consulta: 22 de mayo de 2011]

DIPOSITIVA página 25

[Imagen tomada de] “El consumo de agua se dispara un 26% en el descanso del España-Alemania, según el Canal de Isabel II”. *msn. Deportes* [en línea]. 8 de julio de 2010. Disponible en: <http://img.europapress.net/fotoweb/fotonoticia_20100708145828_500.jpg>. [Consulta: 22 de mayo de 2011]



DIPOSITIVA página 27

“Central térmica” [Imagen tomada de] “Las centrales térmicas de combustibles fósiles”. *Kalipedia* [en línea]. Disponible en:

<http://www.kalipedia.com/kalipediamedia/cienciasnaturales/media/200709/24/fisicayquimica/20070924klpcnafyq_73.Ees.SCO.png>. [Consulta: 22 de mayo de 2011]

DIPOSITIVA página 29

“Distribución media a lo largo del año de la demanda de riego”. BALAIRÓN PÉREZ, L. *Gestión de recursos hídricos*. 2ª ed. Barcelona: Ediciones UPC, 2002. 492 p. ISBN: 978-84-8301-626-8. Página 123

DIPOSITIVA página 31

“Trabajadores en los campos de arroz de Calasparra” [Imagen tomada de] FLORES ARROYUELO, F. “La organización del territorio: las comarcas. El Noroeste”. *Atlas Global de la Región de Murcia* [en línea]. Disponible en:

<http://www.atlasdemurcia.com/contenido/Capitulo%20IV/EI%20noroeste_Dir/EI%20noroeste_Pictur e 19.jpg>. [Consulta: 22 de mayo de 2011]

DIPOSITIVA página 33

“Piscina natural de Arenas de San Pedro” [Imagen tomada de] RIQUELME, A. *Flickr* [en línea]. 19 de agosto de 2007. Disponible en: <<http://www.flickr.com/photos/ismana/1289727292/>>. [Consulta: 22 de mayo de 2011]



DIAPPOSITIVA página 35

[Imagen tomada de] “El Plan de Excelencia Turística del Canal de Castilla aprueba invertir 1,37 millones en 2007”. *Diputación de Valladolid. Prensa y comunicación* [en línea]. 8 de enero de 2007. Disponible en: <http://www.diputaciondevalladolid.es/imagenes/img_not_prensa/2007/enero/plan_excelencia_turistica_canal_castillaG.jpg>. [Consulta: 22 de mayo de 2011]

DIAPPOSITIVA página 36

“Esclusas del Canal de Castilla (sXIX)” [Imagen tomada de] SIEIRO, C. “Fromista. Camino de Santiago”. *Panoramio* [en línea]. 17 de mayo de 2007. Disponible en: <<http://static.panoramio.com/photos/original/2266133.jpg>>. [Consulta: 22 de mayo de 2011]

DIAPPOSITIVA página 37

“Foto aérea de la piscifactoría de truchas del Cinca y meandros del río” [Imagen tomada de] “Un día con la cuadrilla de Estada 2/2” [*Blog*] *El rincón de Artasona* [en línea]. 18 de abril de 2009. Disponible en: <<http://www.artasona.com/2009/04/un-dia-con-la-cuadrilla-de-estada-22.html>>. [Consulta: 22 de mayo de 2011]

DIAPPOSITIVA página 40

“Costes de producción orientativos” [Imagen tomada de] “Captación de agua para abastecimiento” [en línea]. Disponible en: <http://www.ugr.es/~iagua/LICOM_archivos/Tema_AC1.pdf>. [Consulta: 19 de febrero de 2013]



ABASTECIMIENTO DE AGUAS



Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua

DIPOSITIVA página 42

“Origen del agua según el tamaño de la población” [Imagen tomada de] “Captación de agua para abastecimiento” [en línea]. Disponible en: <http://www.ugr.es/~iagua/LICOM_archivos/Tema_AC1.pdf>. [Consulta: 19 de febrero de 2013]

DIPOSITIVA página 45

“Vaso de agua y no vaso con agua” [Imagen tomada de] “Vaso de agua”. *Generación* [en línea]. Disponible en: <<http://www.generacion.com/usuarios/variados/imagenes/959.jpg>>. [Consulta: 13 de junio de 2011]

“View of the Roman bridge and the city of Córdoba” [Imagen tomada de] “Córdoba, Andalusia”. *Wikipedia, la enciclopedia libre* [en línea]. 1 de julio de 2015. Disponible en: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bb/Roman_Bridge%2C_C%C3%B3rdoba%2C_Espana.jpg/800px-Roman_Bridge%2C_C%C3%B3rdoba%2C_Espana.jpg>. [Consulta: 15 de mayo de 2015]

DIPOSITIVA página 49

“Vista panorámica de Bembibre.” [Imagen tomada de] “Bembibre”. *Wikipedia, la enciclopedia libre* [en línea]. 22 de mayo de 2015. Disponible en: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c1/Bembibre.JPG/800px-Bembibre.JPG>>. [Consulta: 15 de mayo de 2015]