6. EJERCICIOS

EJERCICIO 1.1. Partiendo de los datos de población de la ciudad de Córdoba hasta los años 90 determinar mediante los métodos aritmético, logarítmico, geométrico y de la curva logística, la previsión de población que podía establecerse hasta el año horizonte 2010 y compararlos con los resultados reales.

1900	58.725
1910	66.831
1920	73.710
1930	103.106
1940	143.296
1950	165.403
1960	198.148
1970	235.632
1980	284.737
1990	310.488

Tanto en la aplicación del método aritmético como en el caso del método logarítmico, se considerarán P_1 y P_2 como los valores de población en los tiempos t_1 (1980) y t_2 (1990)

a) Método aritmético

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

t_1	t_2	t	P_1	P_2	P
1980	1990	**2000**	284737	310488	**336239**
1980	1990	**2010**	284737	310488	**361990**

b) Método logarítmico

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

t_1	t_2	t	P_1	P_2	P
1980	1990	**2000**	284737	310488	**338568**
1980	1990	**2010**	284737	310488	**369187**

c) *Método geométrico*

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

1960	198148
1970	235632
1980	284737
1990	310488

α_1	0.0175
α_2	0.0191
α_3	0.0087

α	0.0151

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

t_0	t	P_0	P
1990	**2000**	310488	**360668**
1990	**2010**	310488	**418957**

d) *Curva logística* → *Se toman tres poblaciones a tres tiempos diferentes(P_0, P_1, P_2) tomándose como P_2 la población obtenida del último censo (1990)*

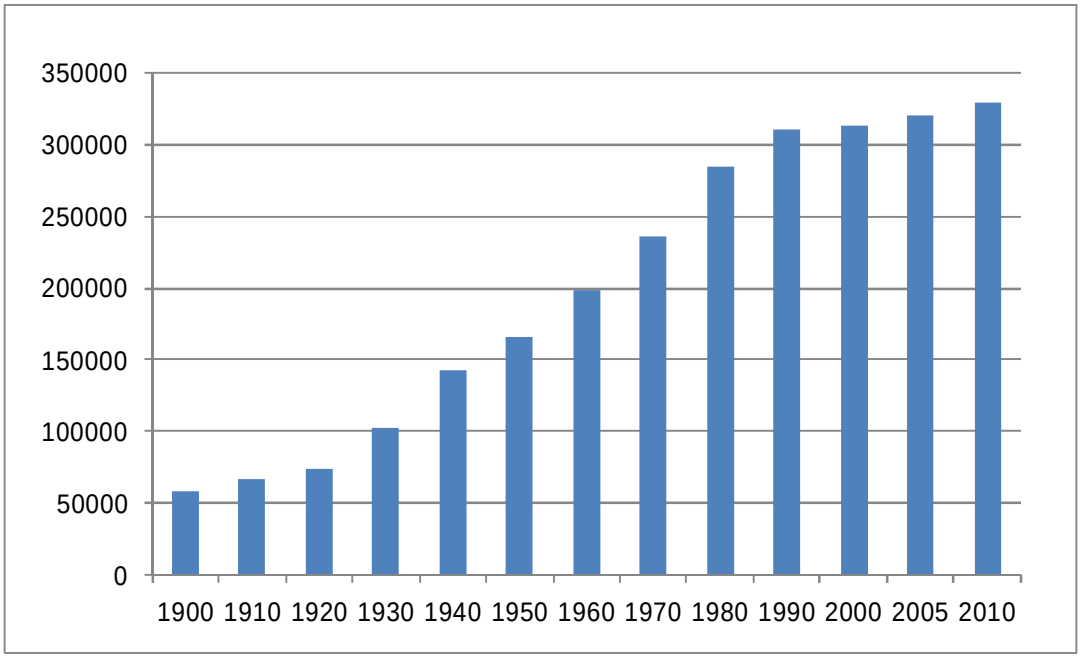
$$S = \frac{2P_0P_1P_2 - P_1^2(P_0 + P_2)}{P_0P_2 - P_1^2}$$

S	330231

	M arit	M log	M tasa crec	M curva log
2000	336239	338568	360668	330231
2010	361990	369187	418957	

Finalmente, comparamos los resultados obtenidos con los valores reales de población de Córdoba en los últimos años:

1900	58725
1910	66831
1920	73710
1930	103106
1940	143296
1950	165403
1960	198148
1970	235632
1980	284737
1990	310488
2000	314034
2005	321164
2010	328547



EJERCICIO 1.2. Realizar un análisis de la demanda de agua potable existente en la actualidad y la asociada a los horizontes futuros en las poblaciones de Bembibre y San Román de Bembibre (Comarca del Bierzo, León).

El diseño del sistema de abastecimiento debe efectuarse para un horizonte de 25 años, con los siguientes horizontes temporales:

1) *Actual* → Población del último censo (año 2007).
2) *Horizonte 2008* → Población estimada en el año de realización del estudio, coincidente con el primer horizonte del Plan Hidrológico del Norte I.
3) *Horizonte 2018* → Horizonte intermedio adoptado con objeto de poder efectuar un análisis y revisión de lo establecido en el segundo horizonte del Plan Hidrológico del Norte I.
4) *Horizonte 2033* → Población en un horizonte de 25 años.

La determinación de la demanda en un año horizonte para una determinada población comprende los siguientes puntos:

1) Recopilación de los datos de población existentes en el censo de poblaciones, en los padrones municipales, en el Instituto Nacional de Estadística (nomenclátor o relación de unidades poblacionales, series históricas de población, etc.) u otras fuentes que pudiesen aportar una información complementaria actualizada.

2) A partir de la información obtenida y analizando las series históricas de datos, se establecerá un modelo de crecimiento de la población, que permita estimar el número de habitantes de cada una de las unidades de población en los horizontes futuros.

   Para ello, se debe obtener la tasa de crecimiento anual siguiendo las *"Normas para la Redacción de Proyectos de Abastecimiento de Agua y Saneamiento de Poblaciones*" del M.O.P. (1976).

3) Por último, se procederá a la estimación de dotaciones urbanas de agua potable en cada horizonte que, junto con la prognosis de población efectuada, permitirá determinar los caudales de agua potable demandados para uso urbano e industrial en las unidades de población analizadas.

a) ESTUDIO DE LAS PROYECCIONES DE POBLACIÓN Y DE LA DEMANDA URBANA DE AGUA POTABLE

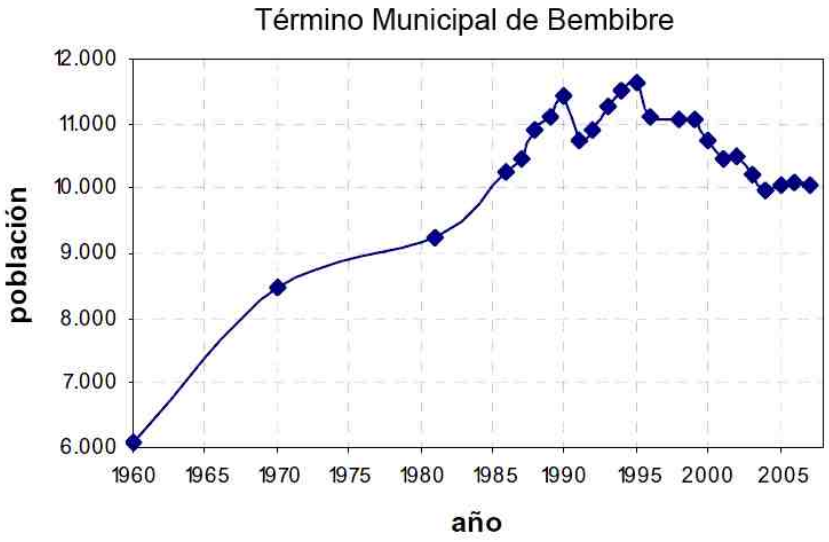
Con objeto de efectuar un análisis de las poblaciones objeto de nuestro estudio (Bembibre y San Román de Bembibre) se han recopilado los datos demográficos y de población de las mismas disponibles en el Instituto Nacional de Estadística (INE).

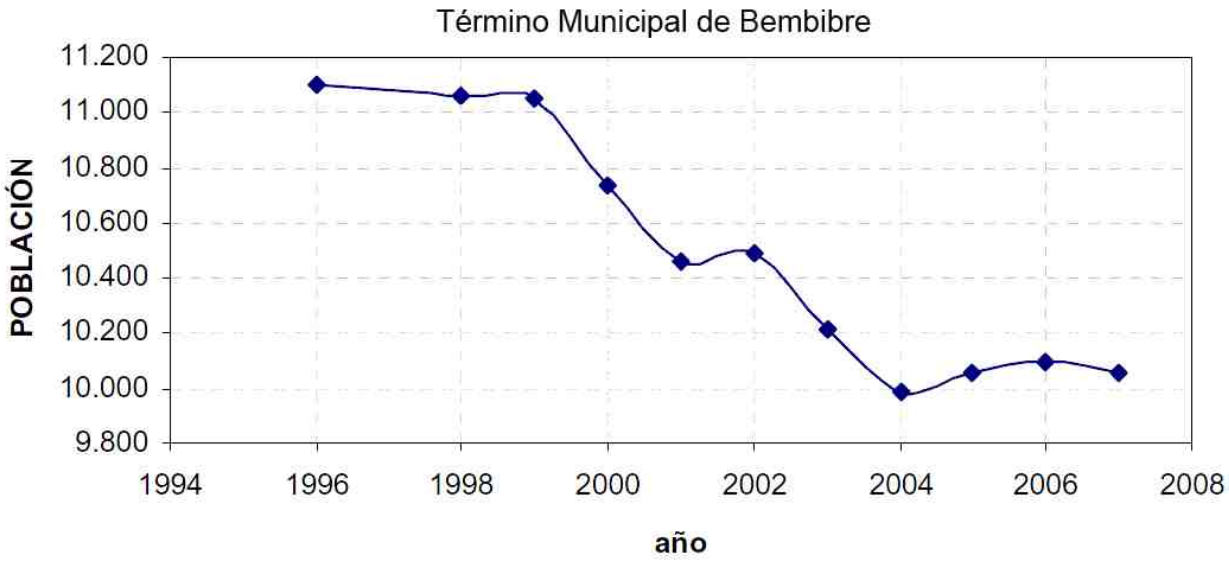
Ambas poblaciones pertenecen al término municipal de Bembibre (León).

El análisis poblacional del término municipal de Bembibre pone de manifiesto un aumento de población importante a lo largo de la segunda mitad del siglo XX hasta mediados de los años 90, donde se invierte esta tendencia.

Durante el período de 1995 a 2007, la población del término municipal de Bembibre presenta una tendencia decreciente con etapas de descenso continuo y algún repunte moderado, que ha supuesto una reducción de unos1.600 habitantes en este período.

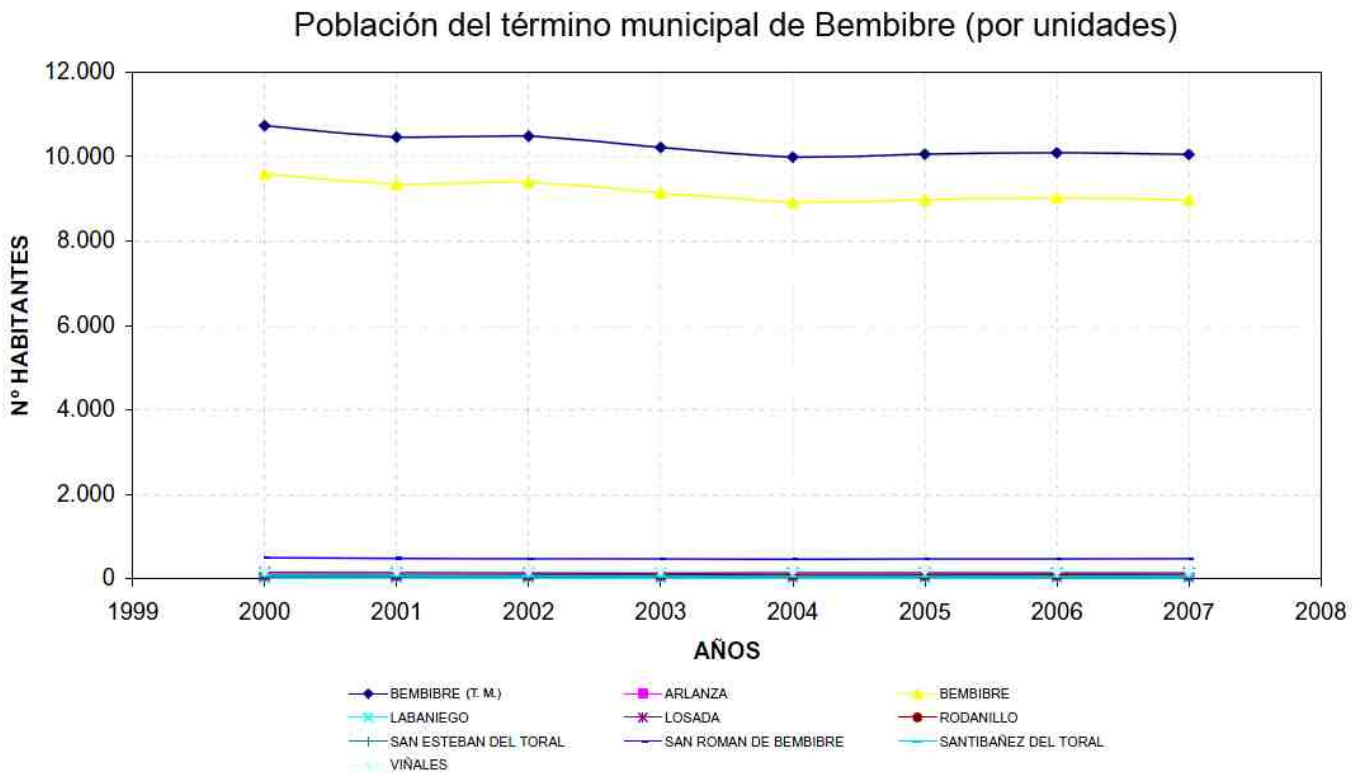
Esta tendencia se da en la práctica totalidad de las unidades de población del término municipal de Bembibre, según los datos disponibles del nomenclátor (desde el año 2000 a 2007).


Término Municipal de Bembibre
12.000
11.000
10.000
9.000
8.000
7.000
6.000
población
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
año

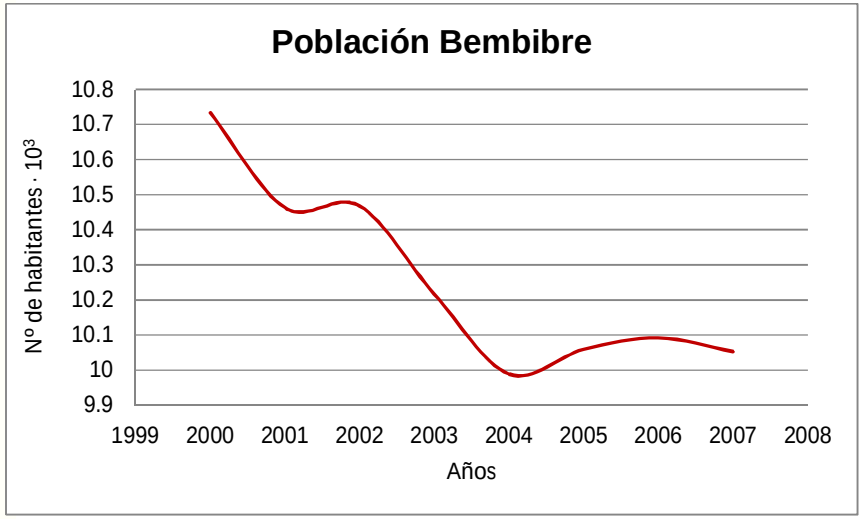

Término Municipal de Bembibre
11.200
11.000
10.800
10.600
10.400
10.200
10.000
9.800
POBLACIÓN
1994
1996
1998
2000
2002
2004
2006
2008
año

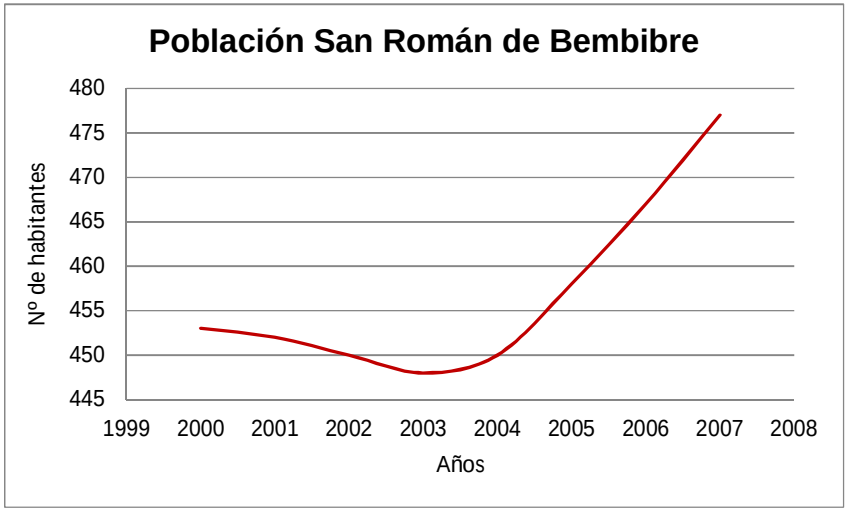
ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 1. Evaluación de las necesidades de agua



Población / año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
T. M. Bembibre	**10.734**	**10.463**	**10.468**	**10.217**	**9.989**	**10.059**	**10.092**	**10.053**
Bembibre	9.587	9.348	9.394	9.139	8.924	8.980	9.019	8.977
San Román de Bembibre	453	452	450	448	450	458	467	477


Población Bembibre
Nº de habitantes · 10³
10.8
10.7
10.6
10.5
10.4
10.3
10.2
10.1
10
9.9
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Años


Población San Román de Bembibre
Nº de habitantes
480
475
470
465
460
455
450
445
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Años

A partir de los datos censales de población recopilados se debe optar por un método que nos permita determinar la población en los horizontes definidos.

En este caso seguiremos el modelo de la tasa de crecimiento, para lo cual es necesario obtener el valor de dicha tasa (α)

$$P = P_a \cdot (1+\alpha)^t \qquad \alpha = \left(\frac{P}{P_a}\right)^{1/t} - 1$$

A la hora de calcular la tasa de crecimiento se deben hacer una serie de consideraciones (criterio del proyectista):

- En las unidades de población con tasas de crecimiento negativas a lo largo de todo el rango de datos analizados, se elegirá una tasa de crecimiento nula (0%), con objeto de efectuar una estimación de población del lado de la seguridad.

- En aquellas poblaciones en las que se alternen períodos con tasas de crecimiento negativas y tasas de crecimiento positivas, se adoptará una tasa de crecimiento de la población que represente lo más fielmente posible el comportamiento que ésta ha experimentado en los últimos años.

Para ello, en las prognosis de población, se utilizará una tasa de crecimiento promedio de las registradas en los últimos 8 años. Si dicha tasa resultase negativa se adoptaría una tasa de crecimiento nula por coherencia con el criterio anterior.

	α_7	α_6	α_5	α_4	α_3	α_2	α_1	Promedio	Adoptado (%)
T. M. Bembibre	**-0.025**	**0.000**	**-0.024**	**-0.022**	**0.007**	**0.003**	**-0.004**	**-0.0092**	**0,00**
Bembibre	-0.025	0.005	-0.027	-0.024	0.006	0.004	-0.005	-0.0092	0,00
San Román de Bembibre	-0.002	-0.004	-0.004	0.004	0.018	0.020	0.021	0.0075	0,75

La población para los distintos horizontes se ha calculado utilizando las tasas de crecimiento definidas en el cuadro anterior.

	Prognosis de población municipal				
	Población actual (habs) año 2007	Tasa de crecimiento (tanto x uno)	Población horizonte (habs) año 2008	Población horizonte (habs) año 2018	Población horizonte (habs) año 2033
T. M. Bembibre	**10.053**	**0,0000**	**10.053**	**10.053**	**10.053**
Bembibre	8.977	0,0000	8.977	8.977	8.977
San Román de Bembibre	477	0,0075	481	518	580

En lo que respecta al estudio de los valores de dotación a emplear para la estimación de la demanda urbana, se realizará un doble análisis, considerándose tanto las referencias de dotaciones para abastecimiento urbano indicadas por el *Plan Hidrológico del Norte I* (1998), como los valores recogidos en las "*Normas para la Redacción de Proyectos de Abastecimiento de Agua y Saneamiento de Poblaciones*" (1976).

POBLACIÓN ABASTECIDA POR EL SISTEMA (Municipio, Area Metropolitana,etc.)	SEGÚN PLAN HIDROLÓGICO DE CUENCA			SEGÚN NORMAS REDACCIÓN PROYECTOS ABASTECIMIENTO (1976)	DOTACIÓN ASIGNADA		
	Actividad industrial y comercial l/hab-día			l/hab-día	Actividad industrial y comercial l/hab-día		
	Alta	Media	Baja		Alta	Media	Baja
PRIMER HORIZONTE PHC (año 2008)							
Menos de 1.000 habitantes	210	195	180	100	210	195	180
De 6.000 a 10.000 habitantes	270	240	210	200	270	240	210
De 10.000 a 12.000 habitantes	300	270	240	200	300	270	240
SEGUNDO HORIZONTE PHC (año 2018)							
Menos de 1.000 habitantes	230	220	205	122	230	220	205
De 6.000 a 10.000 habitantes	280	250	220	244	280	250	244
De 10.000 a 12.000 habitantes	310	280	250	244	310	280	250
HORIZONTE 25 años (año 2033)							
Menos de 1.000 habitantes	264	264	249	164	264	264	249
De 6.000 a 10.000 habitantes	296	266	236	328	328	328	328
De 10.000 a 12.000 habitantes	326	296	266	328	328	328	328

En el PHC se establecen unos límites máximos de dotación en función de la actividad industrial que desarrolle la población permanente del municipio.

Dada la incertidumbre que entraña la estimación de la población estacional en esta zona se han adoptando los valores más conservadores para estar del lado de la seguridad, suponiendo una actividad industrial y comercial alta.

En las "*Normas para la Redacción de Proyectos de Abastecimiento de Agua y Saneamiento de Poblaciones*" (1976) lo que se indica son las dotaciones para el primer año de servicio (en este caso, el año 2008) y se consideraría un aumento anual acumulativo del 2% de la dotación asignada.

Por tanto, los valores asumidos para cada uno de los horizontes adoptados son los siguientes:

	Prognosis dotación		
	Dotación l/hab-dia año 2008	**Dotación horiz l/hab-dia año 2018**	**Dotación horiz l/hab-dia año 2033**
T. M. Bembibre	**300**	**310**	**328**
Bembibre	270	280	328
San Román de Bembibre	210	230	264

Por tanto, la demanda urbana (o consumo) de agua vendrá dado por el producto de la población que será abastecida por la correspondiente dotación unitaria en cada uno de los horizontes estudiados.

	DEMANDA URBANA			
	Año 2008			
	Población año 2008 (habs)	Dotación año 2008 (l/hab-d)	Demanda urbana año 2008 (m^3/d)	Demanda urbana año 2008 (hm^3/año)
T. M. Bembibre	**10.053**	**300**	**3.015,9**	**1,10**
Bembibre	8.977	270	2.423,8	0,88
San Román de Bembibre	481	210	101	0,03
	Año 2018			
	Población año 2018 (habs)	Dotación año 2018 (l/hab-d)	Demanda urbana año 2018 (m^3/d)	Demanda urbana año 2018 (hm^3/año)
T. M. Bembibre	**10.053**	**310**	**3.116,4**	**1,13**
Bembibre	8.977	280	2.513,6	0,91
San Román de Bembibre	518	230	119,1	0,04
	Año 2033			
	Población año 2033 (habs)	Dotación año 2033 (l/hab-d)	Demanda urbana año 2033 (m^3/d)	Demanda urbana año 2033 (hm^3/año)
T. M. Bembibre	**10.053**	**328**	**3.297,4**	**1,20**
Bembibre	8.977	328	2.944,4	1,07
San Román de Bembibre	580	264	153,1	0,05

b) ESTUDIO DE LA DEMANDA INDUSTRIAL DE AGUA POTABLE

Las *"Normas para la Redacción de Proyectos de Abastecimiento de Agua y Saneamiento de Poblaciones"* (1976) establecen que en aquellos casos en que no se conoce el consumo de las industrias de la población objeto del estudio, puede adoptarse una dotación de 1,5 l/s·ha de superficie industrial.

Por su parte, los rangos manejados por la Confederación Hidrográfica del Norte suelen situarse en una dotación aproximada entre 1 y 1,5 l/s·ha.

Dado que esta es una zona donde no hay excesivo desarrollo industrial, se ha decidido adoptar una dotación de cálculo de 1 l/s-ha para cada una de las unidades poblacionales del término municipal de Bembibre.

Con estas premisas, se ha estimado la demanda industrial de agua como el producto de la superficie industrial estimada a abastecer por la correspondiente dotación unitaria en cada uno de los horizontes, obteniéndose los resultados que se presentan en las tablas siguientes.

La información de las superficies se puede obtener del planeamiento del municipio (en este caso del municipio de Bembibre) o bien solicitando dicha información directamente al propio ayuntamiento.

Por tanto, la demanda industrial de agua vendrá dada por el producto de la superficie industrial que será abastecida por la correspondiente dotación unitaria en cada uno de los horizontes estudiados.

	DEMANDA INDUSTRIAL			
	Año 2008			
	Superfcie indust año 2008 (m^2)	Dotación indust año 2008 (l/s-ha)	Demanda indust año 2008 (m^3/d)	Demanda indust año 2008 (hm^3/año)
T. M. Bembibre	**339.983,00**	**1,00**	**2.937,45**	**1,07**
Bembibre	0,00	1,00	0,00	0,00
San Román de Bembibre	339.983,00	1,00	2.937,45	1,07
	Año 2018			
	Superfcie indust año 2018 (m^2)	Dotación indust año 2018 (l/s-ha)	Demanda indust año 2018 (m^3/d)	Demanda indust año 2018 (hm^3/año)
T. M. Bembibre	**339.983,0**	**1,00**	**2.937,45**	**1,07**
Bembibre	0,00	1,00	0,00	0,00
San Román de Bembibre	339.983,00	1,00	2.937,45	1,07
	Año 2033			
	Superfcie indust año 2033 (m^2)	Dotación indust año 2033 (l/s-ha)	Demanda indust año 2033 (m^3/d)	Demanda indust año 2033 (hm^3/año)
T. M. Bembibre	**484.983,00**	**1,00**	**4.190,25**	**1,53**
Bembibre	0,00	1,00	0,00	0,00
San Román de Bembibre	484.983,00	1,00	4.190,25	1,53

Por tanto, las demandas totales obtenidas en Bembibre y San Román de Bembibre para cada uno de los horizontes estudiados serán las siguientes:

	DEMANDA TOTAL			
	Año 2008			
	Demanda urbana año 2008 (m^3/d)	Demanda indust año 2008 (m^3/d)	Demanda total año 2008 (m^3/d)	Demanda total año 2008 ($hm^3/año$)
T. M. Bembibre	**3.015,90**	**2.937,45**	**5.953,35**	**2,17**
Bembibre	2.423,80	0,00	2.423.80	0,88
San Román de Bembibre	101	2.937,45	3.038,45	1,10
	Año 2018			
	Demanda urbana año 2018 (m^3/d)	Demanda indust año 2018 (m^3/d)	Demanda total año 2018 (m^3/d)	Demanda total año 2018 ($hm^3/año$)
T. M. Bembibre	**3.116,40**	**2.937,45**	**6.053,85**	**2,20**
Bembibre	2.513,60	0,00	2.513.60	0,91
San Román de Bembibre	119,10	2.937,45	3.056,55	1,11
	Año 2033			
	Demanda urbana año 2033 (m^3/d)	Demanda indust año 2033 (m^3/d)	Demanda total año 2033 (m^3/d)	Demanda total año 2033 ($hm^3/año$)
T. M. Bembibre	**3.297,40**	**4.190,25**	**7.487,65**	**2,73**
Bembibre	2.944,40	0,00	2.944.40	1,07
San Román de Bembibre	153,10	4.190,25	4.343,35	1,58

EJERCICIO 1.3. Realizar un análisis de la demanda de agua potable necesaria para el desarrollo del sector "Llanos del Alamillo" del Plan General de Ordenación Municipal (PGOM) de Mazarrón.

Dicho sector se encuentra situado al este del puerto de Mazarrón, con una superficie aproximada de 247 Has. El PGOM contempla un uso global residencial con una edificabilidad total de 473.935 m^2 de la cual se habrá de destinar un 75% a uso residencial y un 25% a uso turístico de alojamiento. El horizonte de desarrollo del plan es el año 2023.

Para realizar el análisis de la demanda se seguirán las indicaciones recogidas en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura (Orden del 13 de agosto de 1999).

Determinar un análisis de la demanda en los posibles horizontes intermedios a considerar en el desarrollo del PGOM:

1) *Horizonte 2008* (fecha de aprobación del plan)
2) *Horizonte 2013*
3) *Horizonte 2018*

En la determinación de la demanda, según lo indicado, se debe diferenciar entre la componente residencial y la componente turística.

1) *Componente residencial de la demanda*

La edificabilidad residencial máxima será de 355.452 m^2 (75% del total de la edificabilidad). Si suponemos un valor de 100 m^2 construidos por vivienda, el número de viviendas a considerar será de 3.554. Para el número de habitantes por vivienda, supondremos una media de 3,5.

En cuanto a la distribución de viviendas por uso, de acuerdo al último censo oficial de viviendas del municipio de Mazarrón (INE, 2001) se tiene la siguiente distribución:

	Nº viviendas	%
Viviendas convencionales (ocupación permanente)	6.831	30,3
Viviendas secundarias y vacías (ocupación temporal)	15.703	69,7
TOTAL VIVIENDAS	**22.534**	

En el caso de viviendas secundarias, se estima una ocupación media del 40% y una distribución por tipologías del 80% para apartamentos y del 20% para chalés.

2) *Componente turística de la demanda*

La edificabilidad turística máxima será de 118.483 m^2 (25% del total de la edificabilidad). Si suponemos un valor de 100 m^2 construidos por unidad de alojamiento turístico (promedio entre superficie construida de habitaciones de hotel y apartamentos) el número de unidades de alojamiento turístico será de 1.185 distribuidas en un 50% entre hoteles y apartamentos.

El ratio adoptado de habitantes por unidad de alojamiento turístico será de 2 por habitación de hotel y 3,5 por unidad de apartamento.

A partir de los datos oficiales de ocupación media de los establecimientos hoteleros de la Región de Murcia (INE, 2007) se ha considerado una ocupación prevista para los establecimientos turísticos del orden del 60%.

El siguiente paso consiste en establecer una dotación de referencia según lo establecido en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura (Orden del 13 de agosto de 1999) donde se indica que para abastecimiento urbano, industrial y de servicios:

"Los parámetros de dotaciones y poblaciones adoptados para la determinación de las demandas futuras para usos urbanos e industriales consideran la evolución previsible de la población servida ordinaria y estacional, y las actuaciones de mejora de las redes y disminución de pérdidas previsibles a medio y largo plazo".

Dotaciones de referencia (l/hab-día)	Actividad industrial		
	Alta	Media	Baja
Población permanente			
Menos de 10.000	280	250	220
Entre 10.000 y 50.000	310	280	250
De 50.000 a 250.000	360	330	300
Más de 250.000	410	380	350
Población estacional			
Camping	120	-	-
Hotel	240	-	-
Apartamento	150	-	-
Chalé	350	-	-

De acuerdo a las determinaciones del PHC y dado que la población de Mazarrón está en torno a los 35.000 habitantes, la dotación de referencia para la población permanente será de 250 l/hab-día al considerarse una zona de actividad industrial baja.

En el caso de la población estacional, la dotación de referencia para los apartamentos será de 150 l/hab-día, para los chalés de 350 l/hab-día y en el caso de los hoteles de 240 l/hab-día.

A partir de los datos anteriores podemos calcular la demanda total de agua potable que resultará del pleno desarrollo del proyecto (año 2023):

Demanda residencial permanente

$$(3.554 \cdot 0{,}3)\ viviend\ \ perm \cdot 3{,}5 \frac{hab}{vivienda} \cdot 250 \frac{litros}{hab - día} \cdot 365 \frac{días}{año} = 0{,}34 \frac{hm^3}{año}$$

Demanda residencial ocasional

$$3.554\ \ viviendas\ \ \cdot 0{,}7 = 2.487{,}8\ \ viviendas\ \ ocasionales$$

$$2.487{,}8\ \ viviendas\ \ ocasionales \cdot 0{,}8 = 1.990{,}24\ \ apartamentos$$

$$2.487{,}8\ \ viviendas\ \ ocasionales \cdot 0{,}2 = 497{,}56\ \ chalés$$

$$1.990{,}24\ \ apart \cdot 3{,}5 \frac{hab}{vivienda} \cdot 150 \frac{litros}{hab - día} \cdot 365 \frac{días}{año} \cdot 0{,}4 = 0{,}152 \frac{hm^3}{año}$$

$$497{,}56\ \ chalés \cdot 3{,}5 \frac{hab}{vivienda} \cdot 350 \frac{litros}{hab - día} \cdot 365 \frac{días}{año} \cdot 0{,}4 = 0{,}088 \frac{hm^3}{año}$$

$$0{,}152\frac{hm^3}{año}+0{,}088\frac{hm^3}{año}=0{,}24\frac{hm^3}{año}$$

Demanda turística

$$1.185\ unidades\cdot 0{,}5=592{,}5\ apartamentos$$

$$1.185\ unidades\cdot 0{,}5=592{,}5\ habitaciones\ hotel$$

$$592{,}5\ apart\cdot 3{,}5\frac{hab}{vivienda}\cdot 150\frac{litros}{hab-día}\cdot 365\frac{días}{año}\cdot 0{,}6=0{,}068\frac{hm^3}{año}$$

$$592{,}5\ hab\ hotel\cdot 2\frac{hab}{vivienda}\cdot 240\frac{litros}{hab-día}\cdot 365\frac{días}{año}\cdot 0{,}6=0{,}062\frac{hm^3}{año}$$

$$0{,}068\frac{hm^3}{año}+0{,}062\frac{hm^3}{año}=0{,}13\frac{hm^3}{año}$$

La demanda total será, por tanto:

$$0{,}34\frac{hm^3}{año}+0{,}24\frac{hm^3}{año}+0{,}13\frac{hm^3}{año}=0{,}71\frac{hm^3}{año}$$

Si se conociera el calendario previsto para el desarrollo del área a desarrollar, sería posible distribuir temporalmente la demanda de agua para cada horizonte planteado:

Año	Viviendas terminadas (acumuladas)	Demanda residencial (hm^3/año)	Unidades alojamiento turístico (acumuladas)	Demanda turística (hm^3/año)	DEMANDA TOTAL (hm^3/año)
2008	0	0	0	0	**0**
2013	790	0,13	300	0,03	**0,16**
2018	2.165	0,35	700	0,08	**0,43**
2023	3.554	0,58	1.185	0,13	**0,71**