

**ACTUACIONES DE USO CONJUNTO Y RECARGA
ARTIFICIAL ENCAMINADAS A MEJORAR LA GESTIÓN
MEDIOAMBIENTAL Y EL USO SOSTENIBLE
DE LOS ACUÍFEROS LIGADOS A LA ARTERIA
TRANSVERSAL DE LA ISLA DE MALLORCA**



**DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD CINCO DEL CONVENIO ESPECÍFICO
ENTRE EL IGME Y EL GOBIERNO BALEAR SOBRE INVESTIGACION
EN AGUAS SUBTERRÁNEAS: PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA LA
“ELABORACIÓN DE UN MODELO PARA LA SIMULACIÓN DE LA
GESTIÓN CONJUNTA DEL SISTEMA HÍDRICO DE ABASTECIMIENTO
A LA CIUDAD DE PALMA DE MALLORCA”**

Diciembre de 2008





INFORME	Identificación: H6/002/09
	Fecha: Diciembre 2008
TÍTULO DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD CINCO DEL CONVENIO ESPECÍFICO ENTRE EL IGME Y EL GOBIERNO BALEAR SOBRE INVESTIGACION EN AGUAS SUBTERRÁNEAS: <i>Prescripciones Técnicas para la "Elaboración de un Modelo para la Simulación de la Gestión Conjunta del Sistema Hídrico de Abastecimiento a la ciudad de Palma de Mallorca"</i>	
PROYECTO ACTUACIONES DE USO CONJUNTO Y RECARGA ARTIFICIAL ENCAMINADAS A MEJORAR LA GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL Y EL USO SOSTENIBLE DE LOS ACUÍFEROS LIGADOS A LA ARTERIA TRANSVERSAL DE LA ISLA DE MALLORCA	
RESUMEN Se presentan los trabajos previos necesarios para construir un modelo para la simulación conjunta del sistema de abastecimiento a Palma de Mallorca, que sirva al organismo de planificación hidráulica de les Illes Balears como herramienta para la gestión conjunta de los recursos hídricos disponibles, convencionales y no convencionales. Se estructuran las fases del trabajo que será necesario abordar en el futuro modelo, estableciendo qué elementos de demanda existen, qué fuentes de agua deben integrarse en el modelo, las relaciones entre los distintos elementos a considerar en el esquema de gestión y las reglas de operación necesarias, así como la estructura de los datos necesarios y la forma de presentación de los resultados.	
Revisión Nombre: José Manuel Murillo Unidad: Dpto. Investigación y Prospectiva Geocientífica Fecha: Diciembre 2008	Autores: Juan Antonio Navarro Iáñez Responsable: José Antonio de la Orden Gómez

Este informe ha sido elaborado dentro del Convenio de colaboración suscrito entre el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y el Gobierno Balear, para el estudio de las aguas subterráneas en el archipiélago balear cuyo seguimiento administrativo realizan D^a Rosa María Mateos (IGME) y D. Alfredo Barón (Gobierno Balear). El informe se integra dentro del proyecto titulado "ACTUACIONES DE USO CONJUNTO Y RECARGA ARTIFICIAL ENCAMINADAS A MEJORAR LA GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL Y EL USO SOSTENIBLE DE LOS ACUÍFEROS LIGADOS A LA ARTERIA TRANSVERSAL DE LA ISLA DE MALLORCA". Los trabajos realizados han sido dirigidos por D. José Antonio de la Orden (IGME) y D. José Manuel Murillo Díaz (IGME).

La elaboración del informe ha corrido a cargo de D. Juan Antonio Navarro Iáñez, bajo la forma de asistencia técnica dirigida y supervisada por los directores de los trabajos, D. José Antonio de la Orden (IGME) y D. José Manuel Murillo Díaz (IGME).

*Prescripciones Técnicas para la "Elaboración de un Modelo para la
Simulación de la Gestión Conjunta del Sistema Hídrico de
Abastecimiento a la ciudad de Palma de Mallorca"*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. ANTECEDENTES	4
2. OBJETIVOS	8
3. METODOLOGÍA	10
3.1. PLANTEAMIENTO GENERAL	10
3.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	11
3.3. DEMANDAS DE LA CIUDAD DE PALMA	14
3.4. ELABORACIÓN DEL ESQUEMA TOPOLÓGICO	15
3.5. RESTITUCIÓN AL RÉGIMEN NATURAL	16
3.6. INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS	19
3.6.1 INFRAESTRUCTURAS DE REGULACIÓN SUPERFICIAL (EMBALSES)	20
3.6.2 INFRAESTRUCTURAS DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS	21
3.6.3 INFRAESTRUCTURAS DE DESALACIÓN-DESALOBRACIÓN (IDAM)	25
3.6.4 INFRAESTRUCTURAS DE POTABILIZACIÓN (ETAP)	26
3.6.5 INFRAESTRUCTURAS DE CONDUCCIÓN	26
3.6.6 INFRAESTRUCTURAS DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS	27
3.7. CAUDALES ECOLÓGICOS Y RESTRICCIONES AMBIENTALES	28
3.8. SITUACIONES DE SEQUÍA	30
3.9. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN	31
3.10. SIMULACIÓN DE ESCENARIOS	34
3.11. APLICACIÓN DE CRITERIOS ECONÓMICOS	36
4. INFORMES	36
5. PRECIOS Y MEDICIONES	37
5.1. ACTIVIDADES	37
5.2. EQUIPO TÉCNICO	39
6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	40
6.1. PRECIOS UNITARIOS	42
6.2. MEDICIONES	43
6.3. PRESUPUESTO	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de las principales infraestructuras hidráulicas implicadas en el abastecimiento a la ciudad de Palma	7
Figura 2. Esquema metodológico	11
Figura 3. Red de afloramientos superficiales de la Consejería de Medio Ambiente	17
Figura 4. Unidades Hidrogeológicas implicadas en el abastecimiento a la ciudad de Palma	19
Figura 5. Mapa de afloramientos permeables Unidades Hidrogeológicas implicadas en el abastecimiento a Palma	24
Figura 6. Ecotipos de ríos definidos en las masas de agua superficial implicadas en el sistema de abastecimiento a la ciudad de Palma	28
Figura 7. Cronograma de Actividades para la "Elaboración de un Modelo para la Simulación de la Gestión Conjunta del Sistema Hídrico de Abastecimiento a la ciudad de Palma de Mallorca"	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Origen del agua para abastecimiento a la ciudad de Palma	7
Tabla 2. Características de los embalses de Baleares	20
Tabla 3. Caudales ambientales en masas de agua subterránea	29

1. ANTECEDENTES

El sistema de explotación de recursos hídricos que constituye el abastecimiento a la ciudad de Palma de Mallorca es un caso paradigmático de aprovechamiento integral de recursos hídricos convencionales (superficiales y subterráneos) y no convencionales (aguas desaladas), en el que es posible mejorar la eficiencia del sistema si se aplican técnicas de gestión conjunta, que deriven en unos criterios de operación concretos, y siempre que la decisión sobre la explotación del sistema resida en un única entidad de gestión.

Actualmente, el abastecimiento a Palma de Mallorca se lleva a efecto utilizando diferentes fuentes de suministro, recayendo la labor de gestión de las infraestructuras hidráulicas en la empresa **EMAYA** (Empresa Municipal d'Aigües i Clavegueram S.A.) y en la Agencia Balear del Agua y la Calidad Ambiental –**ABAQUA**- (Consejería de Medio Ambiente del Govern de les Illes Balears).

Si bien, la gestión que estas instituciones ejercen sobre los recursos hídricos empleados en la satisfacción de la demanda urbana de Palma de Mallorca debe someterse a las directrices fijadas por el nuevo **Plan Hidrológico de las Islas Baleares** (PHIB), que contempla la elaboración de un Programa de Medidas concretas y una Evaluación Ambiental Estratégica (AEA) para el conjunto de las actuaciones hidráulicas previstas en los Programas de Actuación y de Infraestructuras definidas en el ámbito del PHIB.

El abastecimiento a Palma de Mallorca se enmarca dentro de la Unidad de Demanda A (Palma) definida en el PHIB, al que se asigna una demanda de 69 hm³/a y que incluye los términos municipales de Palma, Calviá, Andratx, Marratxí, Llubí, Alaró, Consell, Binissalem, Lloseta, Sineu, Sencelles y Muro. De los habitantes de Mallorca, el 55 % se concentra en la Bahía de Palma, con 375.048 habitantes en Palma de Mallorca. Las tasas de crecimiento de la población de los últimos años oscilan entre el 2,9 % y el 4,75 %. El desarrollo socioeconómico se fundamenta en el sector servicios, que representa el 72,1 % del PIB y un porcentaje similar de ocupación de la población activa, estimándose la participación del turismo en el sector en el 80 %. El crecimiento

espectacular del turismo balear ha generado desequilibrios territoriales, tanto por la actividad misma, como por el ámbito en el que se desarrolla. Baleares cuenta, además, con una importante población inmigrante (entre residencial y laboral) que supone el 16,8 % de la población total, superando la media estatal, que se sitúa en el 9,3 %. Todos estos factores socioeconómicos condicionan en sobremanera las características de la demanda urbana de la ciudad de Palma de Mallorca.

Las fuentes de suministro para satisfacer la demanda urbana de Palma de Mallorca proceden de los siguientes elementos hidráulicos:

- Embalses de Gorg Blau y Cúber, que gestiona EMAYA.
- Captaciones de aguas subterráneas:
 - Manantial de Sa Costera (MASb¹ Sa Costera -18.06-M2-).
 - Pozo de Sa Marineta (MASb Llubí -18.11-M2-), que gestiona ABAQUA, situado en el término municipal de Llubí, donde el agua extraída se destina a partes iguales entre Calvià y Palma de Mallorca.
 - Captaciones de S'Estremera (MASb Bunyola -18.08-M1-).
 - Manantial Font de la Vila (MASb Esporles -18.07-M1-).
- Desaladora Badia de Palma, que gestiona ABAQUA.
- Desalobrador de Son Tugores, que gestiona EMAYA y que toma recursos salobres subterráneos de Pont d'Inca y Na Burguesa (MAS 18.13-M1 – La Vileta y MASb Palmanova -18.13-M2-).
- Estación de Tratamiento de Agua Potable de Lloseta, que gestiona EMAYA para el tratamiento de las aguas procedentes de los embalses de Gorg Blau y Cúber.



¹ Masa de Agua Subterránea

Estas infraestructuras de regulación, captación, desalación y potabilización se enmarcan dentro de la denominada Arteria Transversal de Mallorca, la cual interconecta las principales infraestructuras hidráulicas de la isla de Mallorca. Esta macroinfraestructura se compone de las siguientes infraestructuras de conducción:

- Conducción que transporta los recursos regulados por los embalses de la Sierra de Tramontana (Cúber y Gorg Blau) a la ciudad de Palma.
- Conducción Llubí-Palma o trasvase de Sa Marineta, que permite transportar aguas captadas en el acuífero de Inca-Sa Pobla, y más concretamente en la MASb Llubí (18.11-M2), hasta Palma y viceversa.
- Conducción del trasvase de Sa Costera, que conduce las aguas captadas en el manantial de Sa Costera hasta Palma, con un ramal que permite la recarga artificial del acuífero de S'Estremera (MASb Bunyola 18.08-M1)

Estas infraestructuras se complementan con las siguientes conducciones:

- Conducción desde la captación de Font de la Vila a los depósitos de Son Tugores. Los derechos sobre la Font de la Vila fueron adquiridos por el ayuntamiento de Palma en 1913.
- Conducción desde las captaciones de S'Estremera a los depósitos de Son Tugores, que comenzaron a funcionar en 1974.

Asimismo, en el acuífero de S'Estremera existe una infraestructura de recarga artificial en la que se emplean como aguas de recarga excedentes de diversa procedencia (embalses Gorg Blau y Cúbert, trasvase de Sa Costera, trasvase de Sa Marineta y aguas residuales tratadas).

En la Tabla 1 se detallan las aportaciones de agua para el abastecimiento a la ciudad de Palma, en el año 2006, de las diferentes fuentes de suministro de donde se abastece, con un total de 50,27 hm³.

En el abastecimiento a la ciudad de Palma se incluye la dotación para el polígono industrial de Son Castelló.

FUENTES DE SUMINISTRO	Año 2006 hm ³ /a
Embalses	6,19
Pozos S'Estremera	5,37
Pozos Pont d'Inca y Na Burguesa	7,67 ^(a)
Fonts de La Vila y Na Pere	7,58
Pozos de la Marineta de Llubí	5,38
Desaladora	18,08
TOTAL	50,27

^(a) Producción de la planta desalobradoradora de Son Tugores con agua procedente de estos pozos (extracción de 10,14 hm³/a y rechazo de 2,47 hm³/a)

Tabla 1. Origen del agua para abastecimiento a la ciudad de Palma

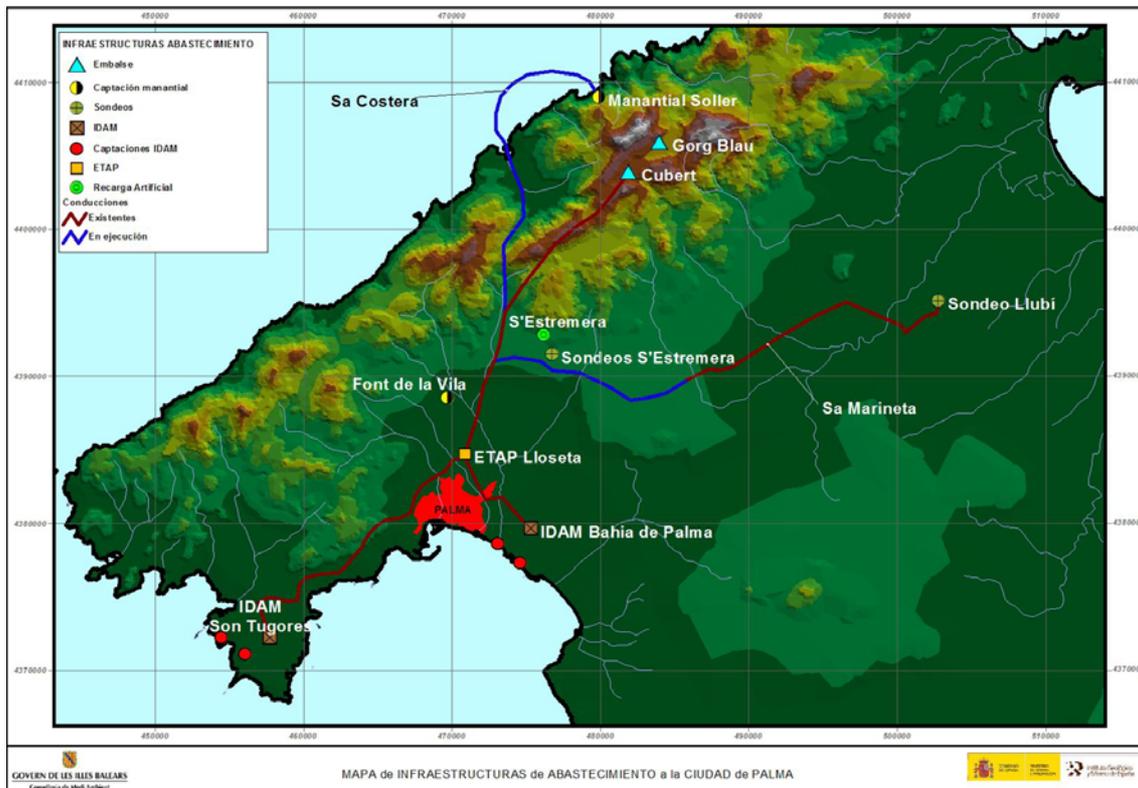


Figura 1. Esquema de las principales infraestructuras hidráulicas implicadas en el abastecimiento a la ciudad de Palma

2. OBJETIVOS

Considerando las diversas infraestructuras de captación, regulación, conducción, potabilización, desalación-desalobración y recarga artificial existentes en el entramado hidráulico que constituyen el sistema hídrico de abastecimiento a la ciudad de Palma, se pretende construir un **modelo para la simulación de la gestión conjunta del sistema de abastecimiento a la ciudad de Palma de Mallorca**.

El objetivo principal de este modelo de simulación es dotar al organismo de planificación hidráulica del Govern de les Illes Balears de una herramienta para la gestión integrada de los recursos hídricos disponibles (convencionales y no convencionales), con la finalidad de establecer pautas de gestión conjunta que permitan aumentar la eficiencia del sistema y simular diferentes escenarios de gestión.

Esta herramienta de simulación debe permitir incorporar las actuaciones hidráulicas de diversa índole que puedan plantearse durante el desarrollo y aplicación del Plan Hidrológico de la Demarcación de Baleares (PHDB), que está en fase de elaboración, así como analizar la eficiencia de las nuevas infraestructuras hidráulicas que se prevén en el Programa de Actuación e Infraestructuras que acompaña al PHDB.

Por tanto, el desarrollo de la herramienta para la simulación de la gestión conjunta del sistema de explotación de abastecimiento a la ciudad de Palma constituye una actuación más dentro del marco de desarrollo del PHDB, instrumento básico para la ordenación de los recursos hídricos y la consecución de los objetivos previstos por la Directiva Marco del Agua (DMA-Directiva 2000/60/CE) para la demarcación hidrográfica Baleares.

Asimismo, la herramienta a desarrollar debe contemplar las conclusiones que se obtengan del Plan Especial ante Situaciones de alerta y eventual sequía de la demarcación Baleares (PESDB), documento en fase de elaboración, cuyo objetivo es minimizar los impactos ambientales, económicos y sociales de eventuales situaciones de sequía, así como mejorar la gestión del recurso hídrico durante las situaciones de escasez.

Asimismo, la herramienta para la simulación conjunta a desarrollar, no sólo debe contemplar aspectos relativos a la optimización en el uso de las infraestructuras hidráulicas, sino que también, debe permitir analizar los condicionantes ecológicos derivados de la consecución de un buen estado ecológico en aquellas masas de agua superficial (cauces –torrentes- y zonas húmedas) y subterránea implicadas en el entramado de abastecimiento.

En particular, deberán considerarse las siguientes masas de agua:

Masas de Agua Superficial (Torrentes) -MASt:

- Relacionados con los embalses de Cúber y Gorg Blau
- Relacionados con las descarga de S'Estremera, Sa Costera y Font de la Vila

Masas de Agua Superficial (Zonas Húmedas) –MASH-:

- Prat de la Font de la Vila

Masas de Agua Subterránea -MASb-:

- MASb² Sa Costera -18.06-M2-
- MASb Llubí -18.11-M2-
- MASb Bunyola -18.08-M1-
- MASb Esporles -18.07-M1-
- MASb Penyaflor (18.09.M2)
- MASb Santa Ponça (18.12.M3)

² Masa de Agua Subterránea

3. METODOLOGÍA

La metodología a emplear para desarrollar una herramienta que permita la simulación conjunta del sistema hídrico de abastecimiento a la ciudad de Palma debe dar respuesta a los siguientes aspectos:

- Trazado del **esquema topológico**, donde se incluyan todos los elementos que configuran el sistema de abastecimiento y las relaciones que se mantienen entre ellos.
- Caracterización de cada uno de los **elementos del sistema de abastecimiento** descritos en el esquema topológico, segregando entre:
 - Recursos hídricos
 - Demandas
 - Infraestructuras
- Concreción de las **reglas de operación** entre las diferentes infraestructuras implicadas.
- Cuantificación de las **restricciones ambientales** (mantenimiento de caudales ecológicos y/o alimentación a zonas húmedas).
- Establecimiento de las **reglas de explotación** del sistema en situaciones de emergencia (sequías).

3.1. Planteamiento general

Un modelo para la simulación de la gestión conjunta de un sistema de explotación de recursos hídricos, con las características específicas que presenta el sistema de abastecimiento a la ciudad de Palma, en el que se imbrican diferentes fuentes de suministro (recursos convencionales –aguas superficiales y subterráneas- y no convencionales –aguas desaladas-) e infraestructuras que son gestionadas por diversas instituciones, exige un trabajo previo de documentación muy exigente, que permita trazar con la mayor exactitud el Esquema Topológico que relaciona los diferentes elementos del sistema y obtener todos aquellos datos que serán necesarios para alimentar la herramienta de simulación.

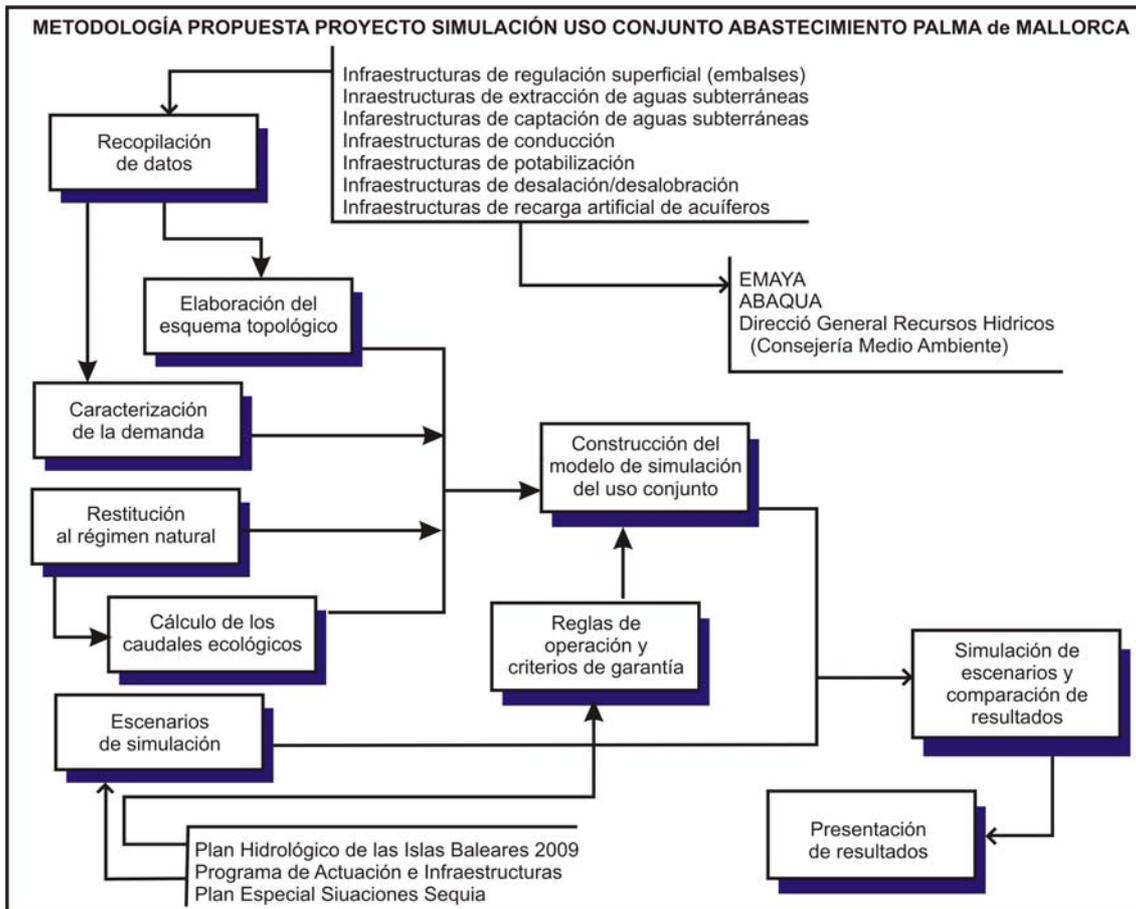


Figura 2. Esquema metodológico

Considerando lo anteriormente expuesto, la metodología a emplear para el desarrollo de un modelo de simulación de la gestión conjunta se articulará en función los aspectos que se desglosan a continuación.

3.2. Recopilación de información

Se procederá a la recopilación de información referente a los siguientes elementos:

- Series de parámetros hidroclimatológicos (precipitación media mensual y temperatura media mensual) en las estaciones del INM para el periodo 1951-2008 (57 años) que permitan desarrollar cálculos hidrológicos en la cuencas de recepción de los embalse implicados en el sistema de abastecimiento a Palma y

- en las áreas de recarga (infiltración agua de lluvia) de las masas de agua subterránea que sirven de fuente de suministro para el abastecimiento a Palma.
- Infraestructuras de regulación superficial (embalses de Gorg Blau y Cúber). Los datos a recopilar corresponden a los siguientes: curvas de embalse (relación entre cota topográfica y el volumen de embalse y la superficie de lámina de agua); cota de nivel normal de embalse; volumen de resguardo; capacidad del aliviadero; cotas topográficas a las que se sitúan las tomas; y balance de agua mensual desde el inicio de la puesta en servicio de las obras (entradas, vertidos, evaporación, pérdidas por infiltración y demandas servidas). En el caso de que existan pérdidas por infiltración en el vaso del embalse o cimientos de la presa, se buscará una relación entre la cota topográfica de la lámina de agua en el embalse y el volumen de pérdidas.
 - Infraestructuras de captación de aguas subterráneas para el abastecimiento a Palma. En referencia a obras hidráulicas para la captación de manantiales, consiguiendo información sobre las características constructivas de las mismas; la existencia de elementos de control de caudales (descripción y características); series mensuales de caudales de descarga y series mensuales de caudales captados (derivados para el abastecimiento a Palma).
 - Infraestructuras de extracción de aguas subterráneas para el abastecimiento a Palma. Se obtendrán datos sobre los acuíferos y MASb captadas, las características constructivas de los sondeos, sistemas de control piezométricos y de caudales, caudales bombeados mensuales y evolución piezométrica.
 - Información hidrogeológica relativa a las masas de agua subterránea implicadas en el abastecimiento a Palma. Elaborando información relativa a cartografía hidrogeológica, modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico, balances hidrogeológicos, datos foronómicos (descargas naturales), datos de extracciones (ubicación de los puntos de extracción más significativos) y datos de redes de control piezométrico.
 - Series foronómicas en cauces de la red de control de que dispone el Govern Balear, en aquellas estaciones relacionadas con el sistema de abastecimiento a Palma. Se obtendrán las series diarias y mensuales para los periodos de funcionamiento de las estaciones.
 - Características de las conducciones implicadas en el abastecimiento a Palma. Se obtendrán datos específicos sobre los elementos hidráulicos de que se

componen las distintas infraestructuras de conducción, de la capacidad de transporte y de las pérdidas. También se obtendrán datos relativos a las infraestructuras de conducción en proyecto (elementos hidráulicos y capacidad de transporte).

- Características de las infraestructuras de potabilización. Se obtendrán datos relativos a las Estaciones de Tratamiento de Aguas Potables (ETAP), indicando las características básicas (ubicación, organismo gestor y elementos de que dispone), el origen de las aguas que acceden a la ETAP y su capacidad de tratamiento. Si existen proyectos para su ampliación también se recogerá información al respecto. También se obtendrán datos relativos a las infraestructuras de potabilización en proyecto (ubicación dentro del entramado hidráulico y capacidad de tratamiento prevista).
- Características de las infraestructuras de desalobración-desalación. Se obtendrán datos relativos a las Instalaciones de Desalación de aguas salobres y marinas (IDAM) en funcionamiento, indicando las características básicas (ubicación, organismo gestor y elementos de que dispone), el origen de las aguas salobres o salinas, los elementos de captación (características y capacidad de captación) y su capacidad de desalobración-desalación. Si existen proyectos para su ampliación también se recogerá información al respecto. Se obtendrán datos relativos a las infraestructuras de desalobración-desalación en proyecto (ubicación dentro del entramado hidráulico y capacidad de tratamiento prevista).
- Características de las infraestructuras de recarga artificial. Se obtendrán datos de las infraestructuras de recarga artificial existentes indicando un esquema general de la planta de recarga artificial, la procedencia del agua utilizada en la recarga (discriminando volúmenes mensuales según procedencia), descripción de los procedimientos de pre-tratamiento, descripción de las instalaciones de recarga (equipamientos y características) y descripción de las instalaciones de control. Se realizará una valoración hidrogeológica de la recarga artificial (respuesta hidrodinámica del acuífero receptor de la recarga artificial).

Se elaborará un plano detallado de infraestructuras, donde se indique la ubicación de las mismas, sus características esenciales y las relaciones hidráulicas existentes entre ellas. En este plano se incluirán las infraestructuras en proyecto.

3.3. Demandas de la ciudad de Palma

Se obtendrán las series mensuales de aportaciones que registra el sistema de abastecimiento desde las diferentes fuentes de suministro. Para ello será necesario contactar con los diferentes organismos que intervienen en la gestión de las infraestructuras de abastecimiento a la ciudad de Palma (EMAYA -Empresa Municipal d'Aigües i Clavegueram S.A.; Agencia Balear del Agua y la Calidad Ambiental – ABAQUA-; y la Dirección General de Recursos Hídricos de de la Consejería de Medio Ambiente del Govern de les Illes Balears).

Será necesario recopilar el máximo número de datos (longitud de las series), al objeto de analizar cómo ha evolucionado la demanda en alta en la ciudad de Palma de Mallorca, datos que han de servir para establecer una prognosis de la evolución futura, de acuerdo con las previsiones que se fijan en el Plan Hidrológico de las Islas Baleares (2009) para esta demanda y siguiendo los métodos de cálculo para la estimación de la evolución de la demanda urbana que se consideran en la Instrucción de Planificación Hidrológica (ORDEN ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación).

Con las series de datos de caudales mensuales aportados al sistema de abastecimiento a Palma se fijará la demanda mensual a considerar en el modelo de gestión. Para ello se realizará un análisis estadístico de los datos que contemple los siguientes procedimientos:

- Cálculo de los valores promedio y máximos mensuales de aportación de caudales de abastecimiento en alta en conjunto y segregados por fuentes de suministro.
- La demanda mensual actual se fijará considerando el reparto mensual correspondiente a los datos promedios mensuales obtenidos del análisis de las series completas de suministro en alta y la demanda anual máxima registrada en los últimos 5 años. Se generará una serie de datos de suministro en alta máximos mensuales promediados que será la que se empleará en el modelo de simulación de la gestión conjunta.

- Se realizará una prognosis de la evolución de la demanda anual para los horizontes 2015 y 2020. Una vez estimados los volúmenes anuales de suministro en alta precisos para estos horizontes, se les aplicará la misma distribución mensual considerada para el cálculo de la demanda mensual.

En el análisis de la demanda se pondrá atención al hecho de la estacionalidad de la demanda, derivada de las actividades socioeconómicas principales de la isla de Mallorca (turismo).

3.4. Elaboración del esquema topológico

Considerando toda la información recopilada sobre masas de agua (superficiales y subterráneas), zonas de protección ambiental (cauces y zonas húmedas) e infraestructuras (regulación, captación y extracción de aguas subterráneas, conducción, potabilización, desalobración-desalación y recarga artificial) se elaborará un esquema que resuma las relaciones hidrológicas e hidráulicas que se verifican entre los diferentes elementos que constituyen el sistema hídrico de abastecimiento a la ciudad de Palma de Mallorca.

Este esquema topológico constituye la referencia que ha de servir para construir el modelo para la simulación de la gestión conjunta, por lo que deben quedar suficientemente clarificados los diferentes elementos que intervienen y la vinculación que existe entre ellos.

En su elaboración se utilizará una nomenclatura suficientemente reveladora de los elementos a que se hacen referencia, así como una sistemática adecuada en la elección de los sistemas de representación de las infraestructuras y de las relaciones existentes entre éstas.

En este esquema deberán quedar expresadas las infraestructuras que gestiona cada uno de los organismos o entes administrativos que intervienen en el sistema de explotación de abastecimiento.

3.5. Restitución al régimen natural

Utilizando un modelo Precipitación-Escorrentía se generarán las series de escorrentía correspondiente al régimen natural para las masas de agua (superficiales y subterráneas) implicadas. Las series generadas deberán abarcar el periodo 1951-2008 (57 años) con un paso de tiempo mensual.

El modelo P-E que se emplee debe considerar la significativa importancia que presentan las aguas subterráneas en el abastecimiento a Palma de Mallorca, por lo que debe permitir segregar las componentes superficial y subterránea de la escorrentía total. Es recomendable aplicar modelos P-E de parámetros agregados, de forma que la calibración de las series generadas impliquen un número limitado de parámetros.

Para la calibración de las series generadas se utilizarán las series foronómicas (red de aforos de la Consejería de Medio Ambiente –Figura 3-) e hidrométricas (medidas de aforos en manantiales o grupo de manantiales) existentes, siempre que se verifique que las mismas corresponde a un régimen natural, o bien, siempre que sea factible su restitución al régimen natural.

En ocasiones los datos de entradas al embalse pueden ser de utilidad para la calibración de los parámetros del modelo agregado P-E, si bien para los embalses de Gorg Blau y Cúbert, la cuenca de recepción resulta poco significativa para el conjunto de la zona objeto de estudio.



Figura 3. Red de aforos superficiales de la Consejería de Medio Ambiente

Considerando el régimen hidrogeológico característico de los acuíferos implicados en el abastecimiento a Palma y el funcionamiento torrencial de los cauces, sería conveniente analizar las variables hidrometeorológicas con paso de tiempo diario, a pesar que en los modelos de simulación de la gestión conjunta se emplea un paso de tiempo mensual. Por otra parte, es conveniente utilizar un periodo de cálculo temporal suficientemente amplio que asegure que se consideran todas las situaciones hidrológicas acaecidas en el sistema de explotación (sobre todo episodios de sequía continuada, situación en la que el sistema está sometido a un mayor estrés hídrico). Teniendo en cuentas estas premisas, se analizará la serie de precipitación mensual de estaciones completas existentes en la isla de Mallorca, para el periodo 1941-2008, y se

asegurará que el periodo de simulación seleccionado comprenda un periodo de intensa sequía.

La restitución al régimen natural de la escorrentía total en las masas de agua implicadas (masas de agua superficial y subterránea) conlleva la aplicación de las siguientes tareas:

- Delimitación de la cuenca vertiente correspondiente a las masas de agua superficial implicadas o cuencas hidrológicas de los torrentes. Para ello se utilizarán mapas a escala 1:10.000 o de menor detalle, que permitan una delimitación precisa de las cuencas de recepción hidrológica.
- Cartografía geológica detallada de los afloramientos permeables, correspondientes a las formaciones geológicas acuíferas que definen las masas de agua subterráneas implicadas en el abastecimiento a Palma:
 - MASb Esporles (18.07.M1)
 - MASb Bunyola (18.08.M1)
 - MASb Penyaflor (18.09.M2)
 - MASb Sa Costera (18.06.M2)
 - MASb Llubí (18.11.M2)
 - MASb Santa Ponça (18.12.M3)
- Selección de las estaciones meteorológicas de referencia y obtención de las series temporales completas correspondientes a las variables hidrometeorológicas precipitación y temperatura a nivel diario, utilizando para ellos las técnicas habitualmente empleadas en hidrología para la restitución de series temporales.
- Obtención de las series de aportación y evapotranspiración diarias por masas de agua superficial y masas de agua subterránea (afloramientos permeables que correspondan a área de recarga de las MASb implicadas en el abastecimiento a la ciudad de Palma).
- Aplicación del método P-E a nivel diario y obtención de las series de escorrentía superficial estricta, infiltración en áreas permeables y escorrentía subterránea.

- Proceso de calibración de parámetros atendiendo a los datos registrados en las estaciones de aforos y control hidrométrico, verificando previamente que se trata de registros correspondientes al régimen natural.
- Generación de las series temporales diarias y mensuales agregadas de escorrentía superficial estricta, infiltración en áreas permeables y escorrentía subterránea correspondientes al régimen hidrológico natural en cuencas de recepción de masas de agua superficial y masas de agua subterránea implicadas en el sistema de explotación de abastecimiento a Palma.

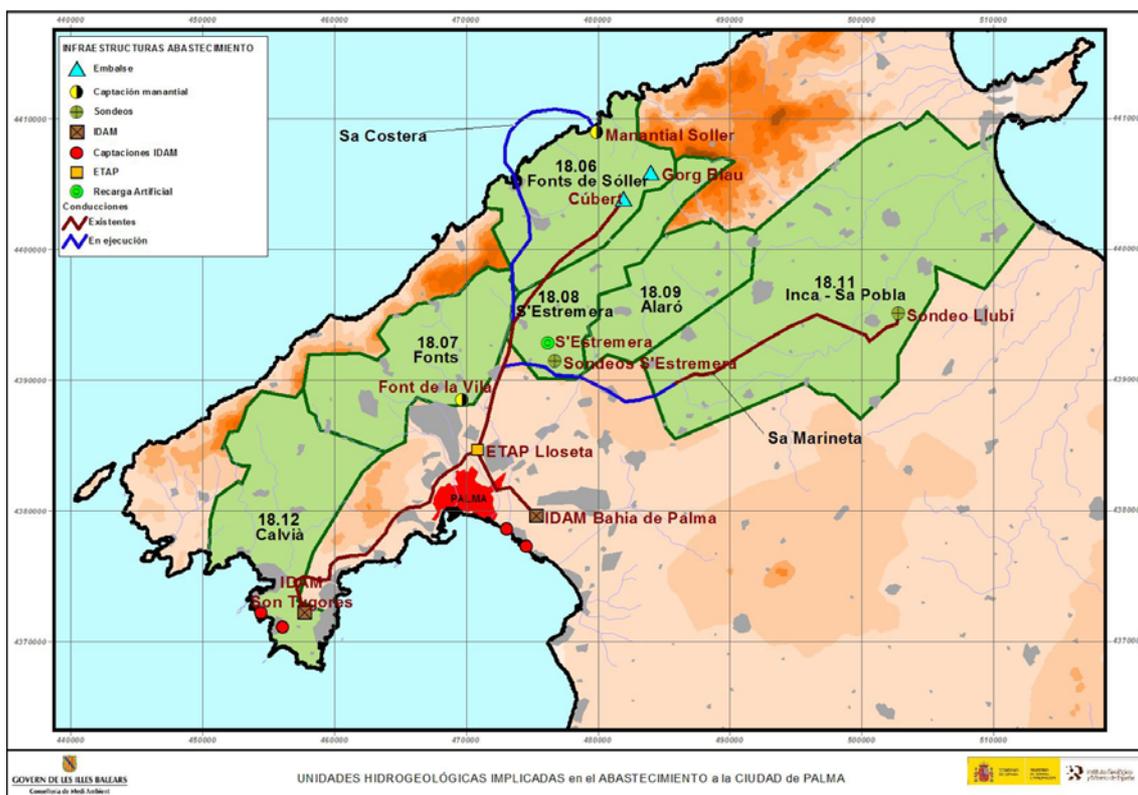


Figura 4. Unidades Hidrogeológicas implicadas en el abastecimiento a la ciudad de Palma

3.6. Infraestructuras hidráulicas

Se caracterizarán las diferentes infraestructuras hidráulicas que intervienen en el sistema de abastecimiento a la ciudad de Palma. Asimismo, se caracterizarán las infraestructuras que están en fase de ejecución o en proyecto.

3.6.1 Infraestructuras de regulación superficial (embalses)

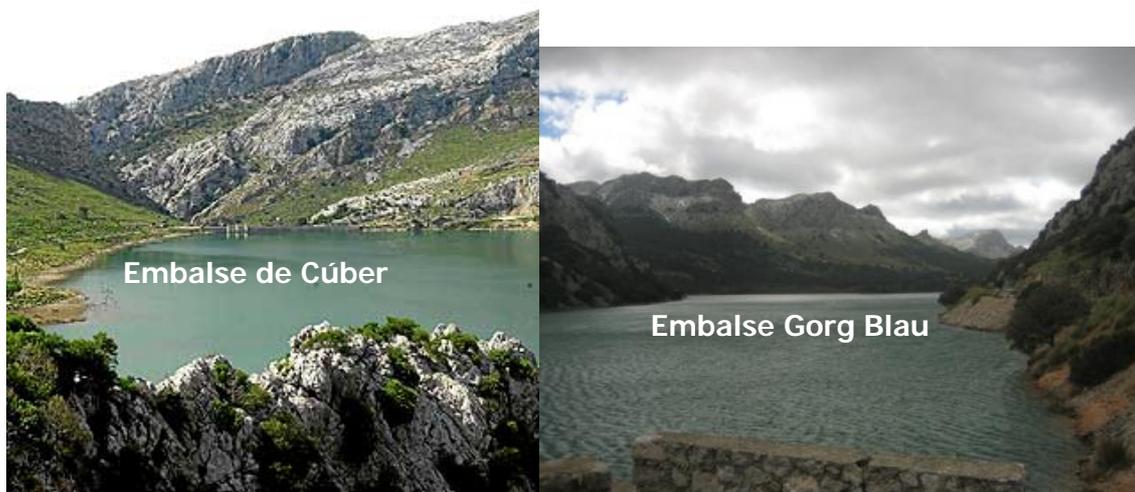
Actualmente existente dos (2) embalses implicados en el abastecimiento a Palma de Mallorca: Gorg Blau y Cúbert, gestionados por EMAYA.

Estos embalses están situados en la Sierra de Tramuntana y entraron en servicio en 1971. Son embalses de regulación de limitada capacidad de almacenamiento: Gorg Blau 6,92 hm³ y Cúber 4,5 hm³.

Nombre	Altura (m)	Longitud coronación (m)	Capacidad (hm ³)	Superficie (ha)
Gorg Blau	50	45	6,92	60
Cúber	23	200	4,50	59

Tabla 2. Características de los embalses de Baleares

Ambos embalses se sitúan sobre torrentes estacionales y dado el régimen irregular de las precipitaciones, la regulación conjunta media en los últimos años no supera los 7 hm³/año.



Se analizarán los balances de agua diarios que se registran en los embalses, al objeto de caracterizar la aportación que registran y la evolución registrada de los caudales enviados para el abastecimiento a la ciudad de Palma. En función de estos datos se realizará un análisis de la regulación del embalse.

Se obtendrán las series de evaporación que se registren en el embalse y tras un análisis exhaustivo de las mismas, se obtendrá una evolución promedio mensual de evaporación en lámina de agua libre en ambos embalses.

También se elaborarán las curvas características de los embalses, estableciendo las ecuaciones que relacionan el volumen de almacenamiento y la superficie de lámina de agua con la cota o altura de lámina de agua en el embalse.

Asimismo, se recopilará información sobre el diagnóstico que se haya formulado sobre los problemas de funcionamiento que presentan los embalses (filtraciones, aterramiento, inestabilidades, etc.). En el supuesto de que existan filtraciones (pérdidas en el vaso del embalse o a través del cimiento de la presa) de cierta relevancia se procederá a su cuantificación y caracterización, estableciendo, en la medida de lo posible, la relación que existe entre el volumen de pérdidas y la altura de lámina de agua en el embalse.

3.6.2 Infraestructuras de aprovechamiento de recursos hídricos subterráneos

Gran parte de los recursos empleados en satisfacer la demanda urbana de la ciudad de Palma provienen de captaciones directa en manantiales o extracciones en sondeos. Actualmente se aprovechan recursos subterráneos procedentes de las siguientes captaciones y extracciones:

- La Font de la Vila, manantial vinculado a la descarga natural de la masa de agua subterránea 18.07.M1-Esporles (UH 18.07-Fonts). Este manantial que presenta una descarga promedio anual de 9 hm³, fue incorporado al abastecimiento a Palma en 1913. Posteriormente, en 1932, se construyeron los depósitos de Son Tugores.
- Sondeos de S'Estremera, extracciones en la masa de agua subterránea 18.08.M1-Bunyola (UH 18.08 S'Estremera). Desde mediados de la década de 1970 se explotan los recursos subterráneos de este sistema hidrogeológico para complementar el abastecimiento a Palma. Las extracciones, que se llevan a efecto mediante una serie de sondeos en un promedio anual de 2,5 hm³, han

provocado un descenso continuado en los niveles piezométricos (la profundidad del nivel piezométrico ha pasado de los 40-50 m, al inicio de la explotación, a los 150 m en el periodo 1994-1997 y los 170 m en 2001-2002). Estos descensos tan pronunciados han propiciado el planteamiento de proyectos de recarga artificial con recursos excedentarios de diversa procedencia, utilizando esta masa de agua subterránea como un embalse subterráneo.

- Sondeos de Penyaflor, a través de los cuales se extraen recursos de la masa de agua subterránea 18.09.M2-Penyaflor (UH 18.09-Alaró), provocando un vaciado en este sistema hidrogeológico. Estos sondeos de abastecimiento a Palma (son Perot Fiol, can Negret y Borneta) bombean un promedio anual de 5,42 hm³.
- Sondeo de LLubí, extracción en la masa de agua subterránea 18.11.M2-Llubí (UH 18.11 Inca-Sa Pobra) desde la que se abastece a la ciudad de Palma a través del trasvase de Sa Marineta (conducción reversible que permite enviar recursos hídricos desde el principal sistema hidrogeológico de la isla de Mallorca –UH 18.11 Inca-Sa Pobra- a la ciudad de Palma y viceversa –desde Palma al Llano de Inca-). En esta masa de agua subterránea se cuantifica un volumen promedio anual de extracciones de 13,8 hm³.
- Extracciones de aguas salobres de Santa Ponça-El Toro en la masa de agua subterránea 18.12.M3-Santa Ponça (UH 18.12 Calviá), que constituyen la alimentación de la planta de desalación de Son Tugores. Los bombeos en esta masa de agua subterránea se cifran en un promedio anual de 0,9 hm³.
- Manantial de Sóller (manantial Sa Costera), captación del manantial de Sa Costera, descarga natural de la masa de agua subterránea 18.06.M2-Sa Costera (UH 18.06 Font de Sóller). La descarga natural por manantiales en esta masa de agua subterránea se fija en un promedio anual de 9,85 hm³. Esta surgencia se incluirá en el sistema de abastecimiento a Palma a través del travase de Sa Costera, que permitirá enviar recursos para recarga artificial en S'Estremera (masa de agua subterránea 18.08.M1-Bunyola), utilizando esta masa de agua subterránea como un embalse de regulación subterráneo.

Atendiendo a los puntos de suministro implicados en el abastecimiento a la ciudad de Palma, en el modelo de simulación de la gestión conjunta a desarrollar deberán considerarse las siguientes masas de agua subterránea:

- MASb Esporles (18.07.M1)

- MASb Bunyola (18.08.M1)
- MASb Penyaflor (18.09.M2)
- MASb Sa Costera (18.06.M2)
- MASb Llubí (18.11.M2)
- MASb Santa Ponça (18.12.M3)

Para la integración de estas masas de agua subterránea en el modelo de gestión conjunta será necesario desarrollar modelos de simulación del funcionamiento hidrogeológico que atenderán a los siguientes criterios:

- **MASb Sa Costera (18.06.M2) y MASb Esporles (18.07.M1)** se simularán aplicando un modelo pluricelular englobado (modelo distribuido de parámetros agregados), calculando los parámetros de simulación (coeficientes de reparto de acciones elementales y parámetros de agotamiento), considerando que responde a sistemas hidrogeológicos de funcionamiento lineal y que, por tanto, se puede aplicar el principio de superposición. Para calibrar los parámetros de simulación se tendrán en cuenta los datos de caudales drenados por los manantiales, utilizando para ello los datos que se obtengan del abastecimiento a Palma (Font de la Vila) y los datos de aforos registrados en las estaciones B053-Sa Costera y B003-Torrent Gros. El tratamiento de los datos para el cálculo de los parámetros de agotamiento y coeficientes de reparto será diario.
- **MASb Bunyola (18.08.M1) y MASb Penyaflor (18.09.M2)**. El intensivo aprovechamiento de los recursos subterráneos de estas masas de agua subterránea ha provocado descensos muy acusados de los niveles piezométricos (se han provocado descensos piezométricos de casi un 50% del espesor saturado), circunstancia que dificulta la integración de estos sistemas hidrogeológicos en un modelo de uso conjunto, ya que no se comportan como sistemas lineales. No obstante, en atención a la importancia estratégica que presentan estas masas de agua subterránea se plantea la posibilidad de su simulación mediante un modelo de autovalores simplificado, fundamentado en un modelo de parámetros distribuidos calibrado en régimen transitorio (modelo numérico en diferencias finitas), considerando, además, que el principal uso de las aguas subterráneas en estas masas de agua subterránea lo constituye el abastecimiento urbano a la ciudad de Palma. Para el desarrollo de los modelos

será necesario considerar los bombeos registrados en el conjunto de sondeos de S'Estremera y Penyaflor a nivel mensual, ya que este será el paso de tiempo a emplear en los modelos de simulación, que han de calibrarse utilizando los datos de las series piezométricas existentes. En la MASb 18.08.M1, además, se deberá simular la respuesta hidrodinámica de la recarga artificial que se efectúa desde el año 2002.

- **MASb LLubí (18.11.M2).** Esta masa de agua subterránea deberá simularse mediante un modelo de autovalores basado en un modelo de parámetros distribuidos calibrado en régimen transitorio (modelo numérico en diferencias finitas). El modelo numérico deberá considerar los bombeos que soporta esta MASb, además de la recarga por retornos de riegos y apoyarse en un modelo conceptual de flujo sólido. El paso de tiempo será mensual.
- **MASb Santa Ponça (18.12.M3).** El aprovechamiento de recursos subterráneos que se efectúa en esta MASb para suministrar aguas salobres a la desalobradoradora de Son Tugores se simulará mediante un modelo simple tipo depósito, dadas las características de la captación.

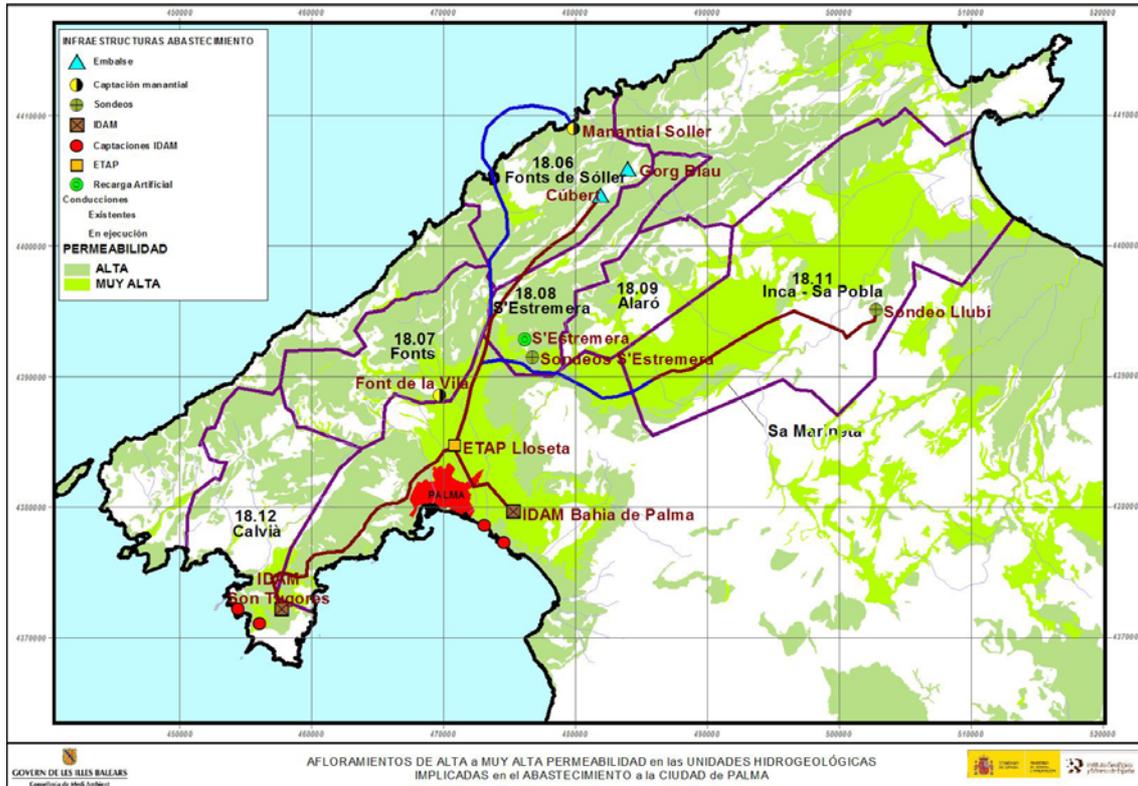


Figura 5. Mapa de afloramientos permeables Unidades Hidrogeológicas implicadas en el abastecimiento a Palma

3.6.3 Infraestructuras de desalación-desalobración (IDAM)

Desde el año 1995 la desalación de aguas salobres y saladas tiene una especial significación en el abastecimiento a la ciudad de Palma, ya que el aprovechamiento de aguas subterráneas se presenta como insostenible en algunas de las masas de agua subterráneas integradas en el sistema de explotación (Bunyola y Penyaflor).

El entramado hidráulico del abastecimiento a Palma dispone de dos plantas desaladoras:

- La Planta Potabilizadora de agua salobre de Son Tugores, instalación inaugurada en abril de 1995. Realizada con una tecnología de ósmosis inversa, dispone de una capacidad de producción media de 47.000 m³/día con salinidad de agua producto inferior a 0,5 g/l, a partir de las captaciones de aguas salobres captadas en la masa de agua subterránea de Santa Ponça (18.12.M3), que aportan un agua salobre con salinidades variables entre 2 y 10 g/l. El coste del tratamiento de potabilización es de unos 0,2 € por m³ de agua producida, con un consumo medio de 2,2 kw/m³.
- La Desaladora Bahía de Palma, gestionada por la Agencia Balear de l'Aigua i de la Qualitat Ambiental entró en funcionamiento en 1999, dispone de una capacidad de producción media de 64.800 m³/d y toma agua salada marina.

La inclusión de las plantas de desalación-desalobración en el modelo de simulación del uso conjunto del abastecimiento a la ciudad de Palma se realizará a modo de aportación intermedia, considerando, tanto la capacidad de producción de aguas desaladas diaria como los valores de producción mensuales realmente conseguidos, al objeto de disponer de datos para constatar los resultados del modelo de simulación en lo referente a la aportación de aguas desaladas para el abastecimiento a Palma.

En la simulación de las plantas desalobradoras-desaladoras será necesario considerar el condicionante que supone en la producción de aguas desaladas las características constructivas de las mismas, en cuanto al número de módulos de producción de aguas desaladas de que disponen las plantas, circunstancias que obligan a una producción mínima y/o determinada.

3.6.4 Infraestructuras de potabilización (ETAP)

La Estación de Tratamiento de Agua Potable de Lloseta entró en funcionamiento en 1973 y trata agua bruta procedente de los dos embalses que gestiona EMAYA (Cúber y Gorg Blau). Esta agua recibe un tratamiento que la hace apta para el consumo humano. La ubicación de la ETAP de Lloseta permite el abastecimiento a la ciudad de Palma sin necesidad de ser bombeada.

Esta infraestructura debe ser incluida en el esquema de simulación de la gestión conjunta considerando su capacidad de tratamiento diario y las producciones de aguas potables mensuales obtenidas desde su entrada en funcionamiento, de forma que sea factible comparar los resultados ofrecidos por el modelo de simulación y las series de producción reales, ya que en muchas ocasiones los problemas de abastecimiento que presentan algunos sistemas son función de la limitación que imponen las plantas potabilizadoras.

3.6.5 Infraestructuras de conducción

Resulta de vital importancia para una correcta construcción del modelo de simulación de la gestión conjunta la toma de datos exhaustivos sobre las conducciones en cuanto a la capacidad transporte y una valoración de las pérdidas.

Estos datos deben ser integrados en el sistema de simulación, imponiendo las restricciones de caudal correspondientes a la capacidad de transporte de que disponen e incluyendo elementos que permitan detraer de las mismas las pérdidas.

Las principales conducciones a considerar en el sistema de abastecimiento a la ciudad de Palma corresponden a las siguientes:

- Conducción desde los embalses de Gorg Blau y Cúbert a la ETAP de Lloseta.
- Conducción desde la Font de la Vila al depósito de Son Tugores.
- Conducción desde la desalobradora de Son Tugores.
- Conducción desde la desaladora de Bahía de Palma.

- Conducción desde los sondeos de S'Estremera.
- Conducción reversible del trasvase de Sa Marienta.
- Conducción del trasvase de Sa Costera.
- Conducción a las instalaciones de recarga artificial de S'Estremera.

El sistema de simulación de la gestión conjunta debe responder fielmente al entramado hidráulico de conducciones.

3.6.6 Infraestructuras de recarga artificial de acuíferos

La utilización de sistemas hidrogeológicos como embalses de regulación subterráneos, mediante la implantación de instalaciones de recarga artificial, constituye un elemento esencial en el sistema de abastecimiento a Palma, tanto por la necesidad de recuperar ciertas masas de agua subterránea que han sido intensamente explotadas, como por la posibilidad de incrementar la capacidad de regulación del sistema almacenando excedentes invernales.

En particular, en el modelo de simulación de la gestión conjunta se considerará el sistema de recarga artificial del acuífero de S'Estremera (masa de agua subterránea 18.08.M1 Bunyola), que viene funcionando desde 1996, regulando recursos excedentarios de los embalses de Gorg Blay y Cúbert, con un promedio anual de 1 hm³.

Para ello, se considerarán las series de datos correspondiente a los datos diarios de caudales recargados, así como la procedencia de estas aguas de recarga. En las instalaciones de recarga se incluirán como condicionantes la capacidad de las infraestructuras de transporte de las aguas excedentarias y de las propias instalaciones de recarga artificial.

En el modelo de simulación del uso conjunto se incluirá la posibilidad de recarga artificial del embalse subterráneo de S'Estremera con recursos excedentarios del trasvase de Sa Costera.

3.7. Caudales ecológicos y restricciones ambientales

El modelo de simulación de la gestión conjunta que se construya deberá considerar las restricciones ambientales que se derivan del mantenimiento de caudales ecológicos en cursos fluviales, de la alimentación a humedales y del mantenimiento de descargas subterráneas al mar.

En la definición de los caudales ecológicos en cauces fluviales es necesario considerar que la escorrentía superficial es de tipo torrencial en la mayor parte de los cauces, por lo que, según el Plan Hidrológico de las Islas Baleares (PHIB), en estos casos no tiene sentido hablar de caudales mínimos ecológicos. Sin embargo, si es necesario considerar ciertos caudales necesarios para el mantenimiento de las zonas húmedas existentes, así como para evitar fenómenos de intrusión marina.



Figura 6. Ecotipos de ríos definidos en las masas de agua superficial implicadas en el sistema de abastecimiento a la ciudad de Palma

Respecto a los caudales ecológicos en obras de regulación superficial (embalses), el Plan Hidrológico de las Islas Baleares indica que estos embalses están situados en cabecera de sus respectivos torrentes, y en servicio desde 1971, por lo que no tiene sentido fijar caudales ecológicos o caudales mínimos asociados a estos embalses.

En el modelo de simulación de la gestión conjunta se tendrán en consideración los apuntes que se hacen respecto a los objetivos medioambientales en el PHIB para alcanzar el buen estado de todos los ecosistemas acuáticos, donde se especifica la alimentación actual de los principales humedales procedentes de cada una de las masas de agua subterránea de su cuenca de alimentación y también la mínima exigida para garantizar su mantenimiento. A este respecto, el PHIB indica los caudales ambientales a reservar en las MASb implicadas en el sistema de abastecimiento a la ciudad de Palma, para la alimentación a humedales (Tabla 3).

Masa de agua subterránea	Masa de agua superficial	Alimentación anual ambiental (hm ³)
18.07.M1 Esporles	MA 31 Prat de la Font de la Vila	1,63
18.11.M2 Llubí	MA 01 Albufera de Mallorca	0,69

Tabla 3. Caudales ambientales en masas de agua subterránea

Además, en el PHIB se expresa la necesidad de mantener una restricción en la explotación de masas de agua subterránea costeras derivada de mantener un flujo mínimo de agua al mar con el fin de contrarrestar la intrusión salina. Este flujo tiene pues la consideración de un verdadero caudal ecológico o ambiental de las masas de agua subterránea para garantizar el buen estado químico de sus aguas. Estos caudales mínimos han sido evaluados en el PHIB provisionalmente para cada una de las masas de agua subterránea afectadas. A este respecto, de las masas de agua subterráneas costeras implicadas en el abastecimiento a la ciudad de Palma es necesario considerar la MASb 18.12-M3 Santa Ponça, donde se fija una salida subterránea mínima de 2,80 hm³/a.

En la consideración de los caudales ecológicos o demandas ambientales en el sistema de simulación del uso conjunto, se considerará lo explicitado en el PHIB respecto a que

los caudales ecológicos no tienen el carácter de uso, pero si deben considerarse una restricción que se imponga con carácter general al sistema de explotación, aplicándose a los caudales medioambientales la regla sobre supremacía del uso para abastecimiento de poblaciones recogida en la Ley de Aguas.

Respecto a los métodos a emplear para el cálculo de los caudales ecológicos se distinguirá entre los siguientes aspectos:

- Cauces receptores de la descarga subterránea de masas de agua subterránea implicadas en el abastecimiento a Palma, como es el caso de la masa de agua superficial 31 Prat de la Font de la Vila o el cauce receptor de la descarga de las Fuentes de Sóller (Sa Costera), se utilizarán métodos hidrológicos y de simulación del hábitat.
- Humedales cuya alimentación depende de la descarga subterránea, como acontece con la masa de agua superficial 01 Albufera de Mallorca en relación a la MASb 18.11.M2 Llubí, se utilizarán los modelos numéricos de simulación del flujo subterráneo a desarrollar.
- Descarga subterránea al mar, como acontece con la MASb 18.12-M3 Santa Ponça, en este caso se emplearán métodos basados en el balance hidrogeológico, respetando los caudales de salidas al mar fijados por el PHIB.

3.8. Situaciones de sequía

La ocurrencia de episodios de sequías de cierta relevancia en la zona ámbito de estudio, obliga a considerar en la simulación de la gestión conjunta estas situaciones extremas, mediante un sistema de indicadores de alarma.

Estos indicadores de alarma se definirán de acuerdo con los indicadores y las medidas que se establecen en el PHIB para remediar situaciones de sequía y que quedan explícitamente recogidos en el "Plan especial de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía (PES)".

En cualquier caso, en el modelo de simulación de la gestión conjunta se considerará que en periodos de sequía el abastecimiento público es prioritario, incluso frente a los requerimientos medioambientales.

3.9. Construcción del modelo de simulación

Partiendo del esquema topológico se construirá el modelo de simulación de la gestión conjunta correspondiente al sistema de abastecimiento a la ciudad de Palma.

Para la construcción del modelo de simulación será necesario fijar las reglas de operación entre los diferentes elementos de regulación, los criterios de garantía que se analizarán para valorar los escenarios de gestión y la prioridad en el uso de los recursos hídricos.

Las reglas de operación entre los elementos de regulación (superficial y subterráneo) deben responder a varios aspectos:

- El PHIB-2009 prevé una asignación de reservas para dotar el abastecimiento en las masas de agua subterránea que intervienen en el suministro a Palma, de manera que en la MASb 18.06-M2-Sa Costera se reservan para abastecimiento 9,85 hm³/a; en la 18.08-M1-Bunyola 4,00 hm³/a; en la 18.09-M2-Penyaflor 4,00 hm³/a y en la 18.11-M2-Llubí 7,35 hm³/a. En resumen, resultan un total de 25,2 hm³/a de reserva para abastecimiento urbano en las masas de agua subterránea implicadas en el abastecimiento a la ciudad de Palma. Indicar que en 2006 se suministró a Palma un total de 26 hm³ de aguas subterráneas, pero aún no había entrado en funcionamiento el trasvase de Sa Costera.
- El PHIB-2009 establece que los recursos superficiales disponibles en los embalses de Gorg Blau y Cúber, así como los procedentes del manantial de Sa Costera, se asignan al abastecimiento de Palma de Mallorca.
- En el sistema de abastecimiento a Palma existe una política de gestión coordinada de uso de los recursos superficiales regulados mediante los embalses Gorg Blay y Cúber y los recursos subterráneos captados en manantiales y bombeados mediante sondeos, de manera que las masas de

agua subterránea no se utilizan como una fuente de recurso alternativa a los embalses, sino que el suministro procedente de estos embalses subterráneos está integrado en el sistema. De hecho los datos de abastecimiento a Palma indican que casi un 52% del volumen ofertado por las fuentes de suministro proceden de masas de agua subterránea.

- El sistema se dota en un 36% de recursos procedentes de desaladoras-desalobradoras, lo cual tiene una relevancia especial, ya que la producción de aguas desaladas para el suministro a Palma está muy condicionada por el régimen de funcionamiento que presentan estas plantas (ósmosis inversa).

Los criterios de garantía que deberán ser utilizados en el modelo para la simulación de la gestión conjunta deberán ajustarse a la Instrucción de Planificación (Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica -BOE de 22 de septiembre de 2008-).

Asimismo, se tendrá en consideración que el PHIB-2009 establece, para todo el territorio de la demarcación hidrográfica Baleares y para los distintos usos, el orden de prioridad siguiente:

- a) Abastecimiento de la población residente y estacional, incluyendo las instalaciones industriales de bajo consumo conectadas a las redes municipales.
- b) Usos agropecuarios, excluyendo los regadíos salvo en fincas con caserío habitado en las que se podrá atender regadíos de hasta 0,2 ha.
- c) Regadíos y restantes usos agrarios incluyendo agrojardinería.
- d) Usos industriales no incluidos en el apartado a).
- e) Usos recreativos.
- f) Recarga artificial de acuíferos.
- g) Acuicultura.
- h) Restantes aprovechamientos.

Asimismo, es necesario considerar que en el abastecimiento a Palma intervienen varios agentes (EMAYA y ABAQUA). EMAYA gestiona las fuentes de recursos convencionales (aguas superficiales procedentes de embalses y aguas subterráneas captadas en manantiales o extraídas mediante sondeos); mientras que ABAQUA gestiona las

fuentes de suministro no convencionales (aguas desaladas). Esta gestión compartida de las fuentes de suministro que dotan al sistema de abastecimiento será preciso considerarla en el sistema de simulación de la gestión.

Para el desarrollo del modelo de simulación de la gestión conjunta será necesario disponer de una herramienta informática que permita:

- La representación de un sistema de recursos hídricos complejo, como es el asociado al abastecimiento a la ciudad de Palma, permitiendo la simulación de las relaciones río-acuífero, la consideración de embalses superficiales y subterráneos y otra serie de elementos que intervienen en la gestión hídrica, tales como aportaciones, demandas (consuntivas y no consuntivas, así como consumos y retornos), caudales ecológicos, conducciones (canalizaciones y cauces de diferente forma de funcionamiento -gravedad, diferencia de potencial, etc.-), bombeos adicionales, dispositivos de recarga artificial y desaladoras.
- La simulación se efectuará con paso de tiempo mensual, calculando el flujo en los subsistemas superficiales mediante la aplicación de la ecuación de conservación del balance, mientras que para los subsistemas subterráneos el flujo se simulará mediante modelos específicos.
- La optimización de las diferentes alternativas de gestión que se han planteado en el sistema de abastecimiento a Palma, ofreciendo resultados en forma de garantía en la satisfacción de la demanda, que permita valorar cuál de las alternativas resulta la más satisfactoria.
- La inclusión de criterios para la priorización en la satisfacción de las demandas (ecológicas y urbanas), así como para establecer reglas de operación en sistemas de regulación superficial.
- La determinación de las capacidades de conducciones y de instalaciones de bombeo necesarias para alcanzar unos determinados niveles de demanda y garantía.

- La actualización de las series de datos del sistema (series temporales de aportaciones y demandas).
- La integración de los acuíferos en el sistema de gestión mediante la simulación del funcionamiento de los mismos bajo las diferentes alternativas de modelización propuestas, que van desde los sistemas más simples (tipo depósito) hasta los más complejos (parámetros distribuidos -> método de autovalores), pasando por modelos intermedios (unicelulares englobados y pluricelulares englobados).
- La simulación de diferentes esquemas de utilización conjunta de recursos hídricos, que pueden aplicarse y desarrollarse en las cuencas objeto de estudio, tales como:
 - Relación río-acuífero.
 - Recarga artificial (almacenamiento de aguas excedentarias, aguas residuales depuradas o aguas desaladas, como tecnología para la mejora de la calidad y/o la mitigación de los descensos piezométricos causados por la sobreexplotación).
 - Regulación de manantiales o drenajes de origen kárstico.
- La presentación de los resultados mediante la evolución de todas las variables de interés, incluso garantías, a nivel mensual y a nivel anual, presentando valores medios para el periodo de simulación.

3.10. Simulación de escenarios

Una vez construido el modelo que permita simular la gestión conjunta del sistema de explotación de recursos hídricos correspondiente al abastecimiento a Palma, se procederá a realizar la simulación y análisis de resultados de los siguientes escenarios de gestión:

- Simulación 1: Estado Actual (situación año 2009), incluyendo el trasvase de Sa Costera. Se formularán varias simulaciones que impliquen:

- Análisis de posibles mejoras en las infraestructuras hidráulicas de conducción, potabilización y/o recarga artificial, para dotar al sistema de una mayor robustez en el suministro de recursos hídricos convencionales.
- Análisis de diferentes alternativas en el funcionamiento de las plantas desalinizadoras, con el objetivo de optimizar el uso de estas instalaciones. Así, se plantearán escenarios de gestión que permitan el almacenamiento en embalses subterráneos de los excedentes de producción que presentan estas plantas desalinizadoras en los periodos de menor consumo, para su uso en los periodos de mayor demanda, al objeto de conseguir una mayor eficiencia continuada en la producción de las desalinizadoras.
- Simulación 2: Aplicando al sistema correspondiente a la Simulación 1 (Estado Actual) el Programa de Objetivos Medioambientales fijado en el PHIB-2009.
- Simulación 3: Implementando en el sistema correspondiente a la Simulación 2 el Programa de Actuación e Infraestructuras del PHDB-2009 (Plan Hidrológico de la Demarcación de Baleares PHDB-2009-Horizontes del Plan 2015), pero considerando las demandas urbanas previstas por el PHIB para el 2015.
- Simulación 4: A partir del sistema correspondiente a la Simulación 3 se modificará el régimen de aportación natural incluyendo el efecto del Cambio Climático, considerando para ello las conclusiones de los estudios que está realizando la Oficina del Canvi Climàtic, en colaboración con la Universitat de les Illes Balears, para predecir la evolución de las variables más influyentes en el clima, como la precipitación y la temperatura, pronosticando los escenarios climáticos más probables hasta el año 2100 en función de las previsiones de emisión de gases de efecto invernadero. En función de estos estudios se ha considerado una disminución de la pluviometría y de los recursos uniforme para todas las islas del 3 % para el año 2021 y del 6 % para el 2027.

El examen de los resultados de los escenarios de la simulación contemplará el análisis comparado de los diferentes criterios de garantía que se empleen, así como las cifras déficit mensual y bimensual, ofreciendo los resultados de manera que sea factible comparar los resultados obtenidos para los diferentes escenarios de gestión.

3.11. Aplicación de criterios económicos

Con el objetivo de incluir en el estudio los planteamientos relativos a las políticas de recuperación de coste que emanan de la DMA (Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas), se llevará a cabo un análisis comparativo costes-garantías del sistema de explotación de recursos hídricos correspondiente al abastecimiento a la ciudad de Palma. Para ello se analizarán los siguientes aspectos:

- Las tarifas del agua de suministro en alta, para cada fuente de suministro por separado, incluyendo todas las infraestructuras hidráulicas contempladas en las simulaciones que se efectúen.
- Los caudales suministrados a las demandas desde las distintas fuentes de suministro del sistema en los escenarios de simulación considerados.
- Los indicadores de garantía que ofrece la herramienta de simulación SIMGES para los mencionados escenarios de simulación analizados.

El análisis comparado costes-garantías se formulará mediante indicadores directos e indirectos que permitan analizar los diferentes escenarios de gestión bajo la óptica dual coste del agua y garantía alcanzada en la satisfacción de la demanda.

4. INFORMES

Toda la información recopilada y analizada durante la ejecución del presente estudio, así como los trabajos desarrollados y resultados obtenidos deberán ser incluidos, de forma ordenada en una serie de documentos que quedarán estructurados en: Memoria Técnica, Anejos y Planos.

Los documentos cartográficos que se entreguen deberán ser compatibles con los sistemas informáticos de la Dirección General de Recursos Hídricos de la Consejería de Medio Ambiente del Govern de les Illes Balears.

5. PRECIOS Y MEDICIONES

A continuación se desglosa el presupuesto de ejecución por contrata para el desarrollo del estudio para la "Elaboración de un Modelo para la Simulación de la Gestión Conjunta del Sistema Hídrico de Abastecimiento a la ciudad de Palma de Mallorca".

5.1. ACTIVIDADES

Considerando las tareas a desarrollar para desarrollar el estudio para la "Elaboración de un Modelo para la Simulación de la Gestión Conjunta del Sistema Hídrico de Abastecimiento a la ciudad de Palma de Mallorca", se establecen las siguientes actividades:

- **Recopilación, análisis y tratamiento de información**, que deberá estructurarse de acuerdo a los siguientes contenidos:
 - Recopilación, análisis y tratamiento de información hidroclimatológica.
 - Recopilación, análisis y tratamiento de información foronómica.
 - Recopilación, análisis y tratamiento sobre infraestructuras hidráulicas de regulación, conducción, potabilizadoras y desaladoras.
 - Recopilación, análisis y tratamiento de información hidrogeológica.
 - Recopilación, análisis y tratamiento de información sobre infraestructura de captación y extracción de aguas subterráneas y de recarga artificial de masas de agua subterránea.
 - Recopilación, análisis y tratamiento de información sobre demandas a la ciudad de Palma, según fuentes de suministro.
- **Cálculo de la demanda en alta** de la ciudad de Palma.
- **Elaboración del esquema topológico** del sistema de explotación del abastecimiento a la ciudad de Palma.
- **Restitución al régimen natural del sistema hidrológico** definido por las masas de agua superficiales y subterráneas implicadas en el sistema de explotación del abastecimiento a la ciudad de Palma. Esta actividad queda estructurada en función de los siguientes contenidos:
 - Tratamiento de datos hidrometeorológicos (completado de series).

- Cálculos hidrometeorológicos previos (precipitación y evapotranspiración).
- Aplicación del modelo precipitación-escorrentía (modelo de parámetros agregados).
- Obtención de las series temporales de escorrentía directa e infiltración en afloramientos permeables de masas de agua subterránea, calibradas con datos foronómicos y/o hidrométricos.
- **Elaboración de modelos matemáticos** para la simulación de masas de agua subterránea, fundamentados en el desarrollo de las siguientes tareas:
 - Elaboración de modelos conceptuales sólidos.
 - Obtención de series temporales necesarias para construir el modelo numérico en régimen transitorio (recarga, retornos riegos, bombeos, datos piezométricos e hidrométricos, etc.).
 - Desarrollo del modelo numérico.
 - Calibración en régimen transitorio utilizando series piezométricas y/o hidrométricas.
 - Los modelos numéricos de simulación de masas de agua subterránea a desarrollar corresponden a:
 - Modelo pluricelular englobado de la masa 18.06.M2-Sa Costera.
 - Modelo pluricelular englobado de la masa 18.07.M1-Esporles.
 - Modelo de autovalores basado en un modelo calibrado en régimen transitorio en diferencias finitas de la masa 18.08.M1-Bunyola.
 - Modelo de autovalores basado en un modelo calibrado en régimen transitorio en diferencias finitas de la masa 18.09.M2-Penyaflor.
 - Modelo de autovalores basado en un modelo calibrado en régimen transitorio en diferencias finitas de la masa 18.11.M2-Llubí.
 - Modelo tipo depósito para la masa 18.12.M3-Santa Ponça.
- **Cálculo de los caudales ecológicos** en masas de agua superficial relacionadas con la descarga de masas de agua subterránea. Estos cálculos conllevan los siguientes trabajos:
 - Aplicación de métodos de cálculos hidrológicos o de simulación del hábitat para el cálculo del régimen de caudales ecológicos en la masa de agua superficial Prat de la Font de la Vila y en la masa de agua superficial que recoge la descarga del manantial Sa Costera.

- Evaluación de la descarga al humedal que constituye la Albufera de Mallorca desde la masa de agua subterránea 18.11.M2-Llubí mediante el modelo de autovalores.
- **Elaboración del modelo de simulación de la gestión conjunta**, implementando los elementos incluidos en el esquema topológico, los modelos numéricos de las masas de agua subterráneas, los caudales ecológicos, los indicadores de alarma, los criterios de explotación de las infraestructuras hidráulicas y los criterios de garantía y prioridad en el abastecimiento.
- **Simulación de escenarios de gestión**, reproduciendo la situación actual, la futura derivada del Programa de Actuación e Infraestructuras del PHDB-2009, la futura derivada de la aplicación del programa de objetivos medioambientales fijado en el PHIB-2009 y la condicionada por la modificación en los recursos disponibles como consecuencia del cambio climático.
- **Aplicación de criterios económicos en el análisis de la gestión conjunta**, mediante el análisis comparado de los resultados de simulación considerando indicadores de garantía específicos del abastecimiento urbano y criterios económicos (coste del agua en alta según fuentes de suministro).
- **Elaboración del Informe Final**, donde se recojan todos los datos y resultados que se deriven de la ejecución de la asistencia técnica, estructurados en tres documentos: Memoria, Anejos y Planos.

5.2. EQUIPO TÉCNICO

El equipo técnico a conformar para el correcto desarrollo de los trabajos debe estar configurado por los siguientes profesionales:

- Delegado del Consultor (DC), Técnico Superior con mas de 15 años de experiencia acreditada en el desarrollo de estudios y proyectos de planificación y gestión de recursos hídricos.
- 1 Experto en Modelos de Simulación de Uso Conjunto (ExU), Técnico Superior con mas de 15 años de experiencia acreditada en el desarrollo de estudios y proyectos de Uso Conjunto.

- 1 Experto en Modelos Matemáticos de Hidrología e Hidrogeología (ExM), Técnico Superior con más de 10 años de experiencia.
- 1 Experto en Cálculo de Caudales Ecológicos (ExQ), Técnico Superior con más de 5 años de experiencia.
- 2 Técnicos Hidrogeólogos (TaH), Hidrogeólogo con más de 5 años de experiencia en trabajos de hidrogeología en campo.
- 1 Especialista en SIG (TsG), con más de 5 años de experiencia en el manejo de herramientas SIG.

6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El plazo de ejecución para los trabajos contemplados en el estudio "Elaboración de un Modelo para la Simulación de la Gestión Conjunta del Sistema Hídrico de Abastecimiento a la ciudad de Palma de Mallorca" supone un total de **12 meses**.

El correspondiente cronograma de actividades se muestra en la Figura 6.

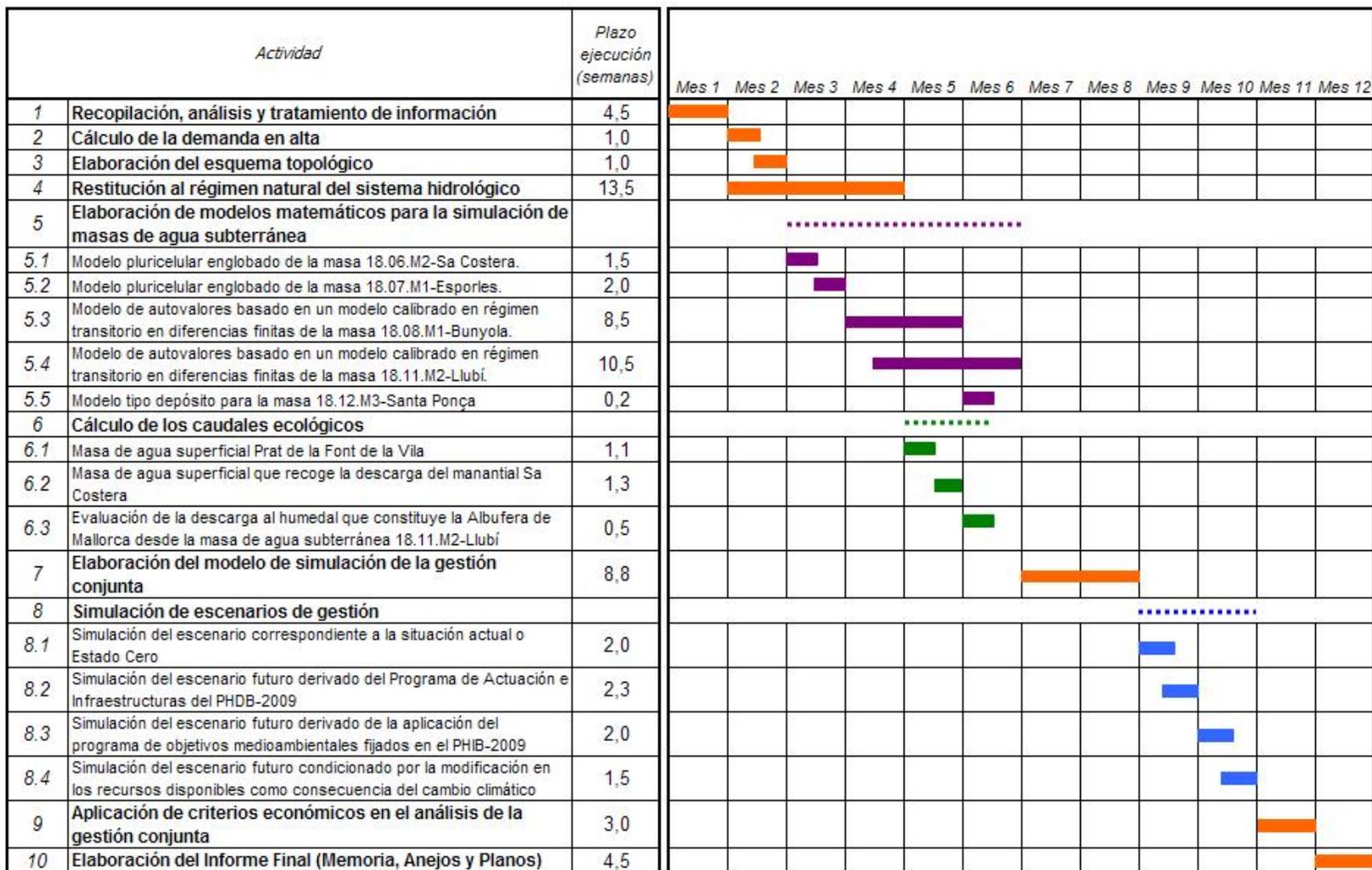


Figura 7. Cronograma de Actividades para la "Elaboración de un Modelo para la Simulación de la Gestión Conjunta del Sistema Hídrico de Abastecimiento a la ciudad de Palma de Mallorca"

6.1. PRECIOS UNITARIOS

A continuación se exponen los precios unitarios que se aplicarán en el cálculo presupuestario.

CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS

<i>Concepto</i>		<i>Unidad de medida</i>	<i>Precio Unitario (€)</i>
Delegado del Consultor	<i>DC</i>	Hora	60
Experto en Modelos de Uso Conjunto	<i>ExU</i>	Hora	55
Experto en Modelos Matemáticos de Hidrología e Hidrogeología	<i>ExM</i>	Hora	50
Experto en Cálculo de Caudales Ecológicos	<i>ExQ</i>	Hora	45
Técnico Hidrogeólogo	<i>TaH</i>	Hora	35
Especialista en SIG	<i>TsG</i>	Hora	30
Dietas y desplazamientos		Unidad	150
Material fungible (equipos de campo)		Unidad	300

6.2. MEDICIONES

CUADRO DE MEDICIONES

<i>Actividad</i>	<i>Conceptos</i>	<i>Unidades</i>
1 Recopilación, análisis y tratamiento de información	<i>DC</i>	30
	<i>ExU</i>	80
	<i>ExM</i>	100
	<i>ExQ</i>	25
	<i>TaH</i>	180
	<i>TsG</i>	85
	<i>Dietas y desp.</i>	15
	<i>Mat.fungible</i>	5
2 Cálculo de la demanda en alta	<i>DC</i>	5
	<i>ExU</i>	30
	<i>ExM</i>	0
	<i>ExQ</i>	0
	<i>TaH</i>	40
	<i>TsG</i>	20
	<i>Dietas y desp.</i>	5
	<i>Mat.fungible</i>	2
3 Elaboración del esquema topológico	<i>DC</i>	2
	<i>ExU</i>	20
	<i>ExM</i>	0
	<i>ExQ</i>	0
	<i>TaH</i>	40
	<i>TsG</i>	10
	<i>Dietas y desp.</i>	0
	<i>Mat.fungible</i>	1
4 Restitución al régimen natural del sistema hidrológico	<i>DC</i>	20
	<i>ExU</i>	0
	<i>ExM</i>	540
	<i>ExQ</i>	0
	<i>TaH</i>	450
	<i>TsG</i>	150
	<i>Dietas y desp.</i>	5
	<i>Mat.fungible</i>	3
5 Elaboración de modelos matemáticos para la simulación de masas de agua subterránea		
5.1 Modelo pluricelular englobado de la masa 18.06.M2-Sa Costera.	<i>DC</i>	5
	<i>ExU</i>	10
	<i>ExM</i>	50
	<i>ExQ</i>	0
	<i>TaH</i>	60
	<i>TsG</i>	5
	<i>Dietas y desp.</i>	1
	<i>Mat.fungible</i>	1

5.2	Modelo pluricelular englobado de la masa 18.07.M1-Esporles.	DC	5
		ExU	15
		ExM	60
		ExQ	0
		TaH	80
		TsG	5
		Dietas y desp.	1
		Mat.fungible	1
5.3	Modelo de autovalores basado en un modelo calibrado en régimen transitorio en diferencias finitas de la masa 18.08.M1-Bunyola.	DC	10
		ExU	60
		ExM	260
		ExQ	0
		TaH	340
		TsG	60
		Dietas y desp.	3
		Mat.fungible	2
5.4	Modelo de autovalores basado en un modelo calibrado en régimen transitorio en diferencias finitas de la masa 18.11.M2-Llubí.	DC	10
		ExU	80
		ExM	300
		ExQ	0
		TaH	420
		TsG	65
		Dietas y desp.	3
		Mat.fungible	2
5.5	Modelo tipo depósito para la masa 18.12.M3-Santa Ponça	DC	0
		ExU	5
		ExM	0
		ExQ	0
		TaH	8
		TsG	0
		Dietas y desp.	0
		Mat.fungible	0
6 Cálculo de los caudales ecológicos			
6.1	Masa de agua superficial Prat de la Font de la Vila	DC	1
		ExU	5
		ExM	10
		ExQ	45
		TaH	40
		TsG	2
		Dietas y desp.	5
		Mat.fungible	5
6.2	Masa de agua superficial que recoge la descarga del manantial Sa Costera	DC	1
		ExU	5
		ExM	10
		ExQ	50
		TaH	45
		TsG	2
		Dietas y desp.	5
		Mat.fungible	5

	DC	0
	ExU	8
	ExM	15
6.3	Evaluación de la descarga al humedal que constituye la Albufera de Mallorca desde la masa de agua subterránea 18.11.M2-Llubí	ExQ 20
	TaH	10
	TsG	1
	Dietas y desp.	1
	Mat.fungible	1
	DC	10
	ExU	350
	ExM	0
7	Elaboración del modelo de simulación de la gestión conjunta	ExQ 0
	TaH	200
	TsG	50
	Dietas y desp.	5
	Mat.fungible	3
8	Simulación de escenarios de gestión	
	DC	2
	ExU	80
	ExM	0
8.1	Simulación del escenario correspondiente a la situación actual o Estado Cero	ExQ 0
	TaH	160
	TsG	5
	Dietas y desp.	1
	Mat.fungible	1
	DC	2
	ExU	60
	ExM	0
8.2	Simulación del escenario futuro derivado del Programa de Actuación e Infraestructuras del PHDB-2009	ExQ 0
	TaH	90
	TsG	10
	Dietas y desp.	2
	Mat.fungible	1
	DC	2
	ExU	50
	ExM	0
8.3	Simulación del escenario futuro derivado de la aplicación del programa de objetivos medioambientales fijados en el PHIB-2009	ExQ 10
	TaH	80
	TsG	10
	Dietas y desp.	1
	Mat.fungible	1
	DC	1
	ExU	20
	ExM	0
8.4	Simulación del escenario futuro condicionado por la modificación en los recursos disponibles como consecuencia del cambio climático	ExQ 0
	TaH	60
	TsG	10
	Dietas y desp.	1
	Mat.fungible	1

9	Aplicación de criterios económicos en el análisis de la gestión conjunta	<i>DC</i>	5
		<i>ExU</i>	120
		<i>ExM</i>	0
		<i>ExQ</i>	0
		<i>TaH</i>	80
		<i>TsG</i>	0
		<i>Dietas y desp.</i>	3
		<i>Mat.fungible</i>	1
10	Elaboración del Informe Final (Memoria, Anejos y Planos)	<i>DC</i>	10
		<i>ExU</i>	160
		<i>ExM</i>	120
		<i>ExQ</i>	80
		<i>TaH</i>	180
		<i>TsG</i>	60
		<i>Dietas y desp.</i>	5
		<i>Mat.fungible</i>	15

6.3. PRESUPUESTO

<i>Actividad</i>	<i>Conceptos</i>	<i>Unidades</i>	<i>Precio Unitario</i>	<i>Presupuesto (€)</i>
1 Recopilación, análisis y tratamiento de información	<i>DC</i>	30	50	1.500
	<i>ExU</i>	80	45	3.600
	<i>ExM</i>	100	40	4.000
	<i>ExQ</i>	25	35	875
	<i>TaH</i>	180	30	5.400
	<i>TsG</i>	85	28	2.380
	<i>Dietas y desp.</i>	15	150	2.250
	<i>Mat.fungible</i>	5	300	1.500
	Suma			21.505
2 Cálculo de la demanda en alta	<i>DC</i>	5	50	250
	<i>ExU</i>	30	45	1.350
	<i>ExM</i>		40	0
	<i>ExQ</i>		35	0
	<i>TaH</i>	40	30	1.200
	<i>TsG</i>	20	28	560
	<i>Dietas y desp.</i>	5	150	750
	<i>Mat.fungible</i>	2	300	600
	Suma			4.710
3 Elaboración del esquema topológico	<i>DC</i>	2	50	100
	<i>ExU</i>	20	45	900
	<i>ExM</i>		40	0
	<i>ExQ</i>		35	0
	<i>TaH</i>	40	30	1.200
	<i>TsG</i>	10	28	280
	<i>Dietas y desp.</i>		150	0
	<i>Mat.fungible</i>	1	300	300
	Suma			2.780
4 Restitución al régimen natural del sistema hidrológico	<i>DC</i>	20	50	1.000
	<i>ExU</i>		45	0
	<i>ExM</i>	540	40	21.600
	<i>ExQ</i>		35	0
	<i>TaH</i>	450	30	13.500
	<i>TsG</i>	150	28	4.200
	<i>Dietas y desp.</i>	5	150	750
	<i>Mat.fungible</i>	3	300	900
	Suma			41.950

5 Elaboración de modelos matemáticos para la simulación de masas de agua subterránea					
5.1	Modelo pluricelular englobado de la masa 18.06.M2-Sa Costera.	DC	5	50	250
		ExU	10	45	450
		ExM	50	40	2.000
		ExQ		35	0
		TaH	60	30	1.800
		TsG	5	28	140
		Dietas y desp.	1	150	150
		Mat.fungible	1	300	300
				Suma	5.090
5.2	Modelo pluricelular englobado de la masa 18.07.M1-Esporles.	DC	5	50	250
		ExU	15	45	675
		ExM	60	40	2.400
		ExQ		35	0
		TaH	80	30	2.400
		TsG	5	28	140
		Dietas y desp.	1	150	150
		Mat.fungible	1	300	300
				Suma	6.315
5.3	Modelo de autovalores basado en un modelo calibrado en régimen transitorio en diferencias finitas de la masa 18.08.M1-Bunyola.	DC	10	50	500
		ExU	60	45	2.700
		ExM	260	40	10.400
		ExQ		35	0
		TaH	340	30	10.200
		TsG	60	28	1.680
		Dietas y desp.	3	150	450
		Mat.fungible	2	300	600
				Suma	26.530
5.4	Modelo de autovalores basado en un modelo calibrado en régimen transitorio en diferencias finitas de la masa 18.11.M2-Llubí.	DC	10	50	500
		ExU	80	45	3.600
		ExM	300	40	12.000
		ExQ		35	0
		TaH	420	30	12.600
		TsG	65	28	1.820
		Dietas y desp.	3	150	450
		Mat.fungible	2	300	600
				Suma	31.570
5.5	Modelo tipo depósito para la masa 18.12.M3-Santa Ponça	DC		50	0
		ExU	5	45	225
		ExM		40	0
		ExQ		35	0
		TaH	8	30	240
		TsG		28	0
		Dietas y desp.		150	0
		Mat.fungible		300	0
				Suma	465

6 Cálculo de los caudales ecológicos					
6.1	Masa de agua superficial Prat de la Font de la Vila	DC	1	50	50
		ExU	5	45	225
		ExM	10	40	400
		ExQ	45	35	1.575
		TaH	40	30	1.200
		TsG	2	28	56
		Dietas y desp.	5	150	750
		Mat.fungible	5	300	1.500
			Suma	5.756	
6.2	Masa de agua superficial que recoge la descarga del manantial Sa Costera	DC	1	50	50
		ExU	5	45	225
		ExM	10	40	400
		ExQ	50	35	1.750
		TaH	45	30	1.350
		TsG	2	28	56
		Dietas y desp.	5	150	750
		Mat.fungible	5	300	1.500
			Suma	6.081	
6.3	Evaluación de la descarga al humedal que constituye la Albufera de Mallorca desde la masa de agua subterránea 18.11.M2-Llubi	DC		50	0
		ExU	8	45	360
		ExM	15	40	600
		ExQ	20	35	700
		TaH	10	30	300
		TsG	1	28	28
		Dietas y desp.	1	150	150
		Mat.fungible	1	300	300
			Suma	2.438	
7	Elaboración del modelo de simulación de la gestión conjunta	DC	10	50	500
		ExU	350	45	15.750
		ExM		40	0
		ExQ		35	0
		TaH	200	30	6.000
		TsG	50	28	1.400
		Dietas y desp.	5	150	750
		Mat.fungible	3	300	900
			Suma	25.300	
8 Simulación de escenarios de gestión					
8.1	Simulación del escenario correspondiente a la situación actual o Estado Cero	DC	2	50	100
		ExU	80	45	3.600
		ExM		40	0
		ExQ		35	0
		TaH	160	30	4.800
		TsG	5	28	140
		Dietas y desp.	1	150	150
		Mat.fungible	1	300	300
			Suma	9.090	

8.2	Simulación del escenario futuro derivado del Programa de Actuación e Infraestructuras del PHDB-2009	DC	2	50	100
		ExU	60	45	2.700
		ExM		40	0
		ExQ		35	0
		TaH	90	30	2.700
		TsG	10	28	280
		Dietas y desp.	2	150	300
		Mat.fungible	1	300	300
		Suma			6.380
8.3	Simulación del escenario futuro derivado de la aplicación del programa de objetivos medioambientales fijados en el PHIB-2009	DC	2	50	100
		ExU	50	45	2.250
		ExM		40	0
		ExQ	10	35	350
		TaH	80	30	2.400
		TsG	10	28	280
		Dietas y desp.	1	150	150
		Mat.fungible	1	300	300
		Suma			5.830
8.4	Simulación del escenario futuro condicionado por la modificación en los recursos disponibles como consecuencia del cambio climático	DC	1	50	50
		ExU	20	45	900
		ExM		40	0
		ExQ		35	0
		TaH	60	30	1.800
		TsG	10	28	280
		Dietas y desp.	1	150	150
		Mat.fungible	1	300	300
		Suma			3.480
9	Aplicación de criterios económicos en el análisis de la gestión conjunta	DC	5	50	250
		ExU	120	45	5.400
		ExM		40	0
		ExQ		35	0
		TaH	80	30	2.400
		TsG		28	0
		Dietas y desp.	3	150	450
		Mat.fungible	1	300	300
		Suma			8.800
10	Elaboración del Informe Final (Memoria, Anejos y Planos)	DC	10	50	500
		ExU	160	45	7.200
		ExM	120	40	4.800
		ExQ	80	35	2.800
		TaH	180	30	5.400
		TsG	60	28	1.680
		Dietas y desp.	5	150	750
		Mat.fungible	15	300	4.500
		Suma			27.630

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

	<i>Actividad</i>	<i>Presupuesto (€)</i>
1	Recopilación, análisis y tratamiento de información	21.505,00
2	Cálculo de la demanda en alta	4.710,00
3	Elaboración del esquema topológico	2.780,00
4	Restitución al régimen natural del sistema hidrológico	41.950,00
5	Elaboración de modelos matemáticos para la simulación de masas de agua subterránea	
5.1	Modelo pluricelular englobado de la masa 18.06.M2-Sa Costera.	5.090,00
5.2	Modelo pluricelular englobado de la masa 18.07.M1-Esporles.	6.315,00
5.3	Modelo de autovalores basado en un modelo calibrado en régimen transitorio en diferencias finitas de la masa 18.08.M1-Bunyola.	26.530,00
5.4	Modelo de autovalores basado en un modelo calibrado en régimen transitorio en diferencias finitas de la masa 18.11.M2-Llubí.	31.570,00
5.5	Modelo tipo depósito para la masa 18.12.M3-Santa Ponça	465,00
6	Cálculo de los caudales ecológicos	
6.1	Masa de agua superficial Prat de la Font de la Vila	5.756,00
6.2	Masa de agua superficial que recoge la descarga del manantial Sa Costera	6.081,00
6.3	Evaluación de la descarga al humedal que constituye la Albufera de Mallorca desde la masa de agua subterránea 18.11.M2-Llubí	2.438,00
7	Elaboración del modelo de simulación de la gestión conjunta	25.300,00
8	Simulación de escenarios de gestión	
8.1	Simulación del escenario correspondiente a la situación actual o Estado Cero	9.090,00
8.2	Simulación del escenario futuro derivado del Programa de Actuación e Infraestructuras del PHDB-2009	6.380,00
8.3	Simulación del escenario futuro derivado de la aplicación del programa de objetivos medioambientales fijados en el PHIB-2009	5.830,00
8.4	Simulación del escenario futuro condicionado por la modificación en los recursos disponibles como consecuencia del cambio climático	3.480,00
9	Aplicación de criterios económicos en el análisis de la gestión conjunta	8.800,00
10	Elaboración del Informe Final (Memoria, Anejos y Planos)	27.630,00

PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL 241.700,00

Gastos Generales (13%) 31.421,00

Beneficio Industrial (6%) 14.502,00

SUMA 287.623,00

IVA (16%) 46.019,68

PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA 333.642,68

DESGLOSE MENSUAL DEL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Total (€)
1 Recopilación, análisis y tratamiento de información	19.193,21	6.397,74											25.590,95
2 Cálculo de la demanda en alta		5.604,90											5.604,90
3 Elaboración del esquema topológico		3.308,20											3.308,20
4 Restitución al régimen natural del sistema hidrológico		12.480,13	24.960,25	12.480,13									49.920,50
5 Elaboración de modelos matemáticos para la simulación de masas de agua subterránea													
5.1 Modelo pluricelular englobado de la masa 18.06.M2-Sa Costera.			6.057,10										6.057,10
5.2 Modelo pluricelular englobado de la masa 18.07.M1-Esporles.			7.514,85										7.514,85
5.3 Modelo de autovalores basado en un modelo calibrado en régimen transitorio en diferencias finitas de la masa 18.08.M1-Bunyola.				15.785,35	15.785,35								31.570,70
5.4 Modelo de autovalores basado en un modelo calibrado en régimen transitorio en diferencias finitas de la masa 18.11.M2-Llubi.				9.392,08	18.784,15	9.392,08							37.568,30
5.5 Modelo tipo depósito para la masa 18.12.M3-Santa Ponça						553,35							553,35
6 Cálculo de los caudales ecológicos													
6.1 Masa de agua superficial Prat de la Font de la Vila					6.849,64								6.849,64
6.2 Masa de agua superficial que recoge la descarga del manantial Sa Costera					7.236,39								7.236,39
6.3 Evaluación de la descarga al humedal que constituye la Albufera de Mallorca desde la masa de agua subterránea 18.11.M2-Llubi						2.901,22							2.901,22
7 Elaboración del modelo de simulación de la gestión conjunta							15.053,50	15.053,50					30.107,00
8 Simulación de escenarios de gestión													
8.1 Simulación del escenario correspondiente a la situación actual o Estado Cero									10.817,10				10.817,10
8.2 Simulación del escenario futuro derivado del Programa de Actuación e Infraestructuras del PHDB-2009									7.592,20				7.592,20
8.3 Simulación del escenario futuro derivado de la aplicación del programa de objetivos medioambientales fijados en el PHIB-2009										6.937,70			6.937,70
8.4 Simulación del escenario futuro condicionado por la modificación en los recursos disponibles como consecuencia del cambio climático										4.141,20			4.141,20
9 Aplicación de criterios económicos en el análisis de la gestión conjunta											10.472,00		10.472,00
10 Elaboración del Informe Final (Memoria, Anejos y Planos)											8.219,93	24.659,78	32.879,70
SUMA	19.193,21	27.790,96	38.532,20	37.657,55	48.655,53	12.846,65	15.053,50	15.053,50	18.409,30	11.078,90	18.691,93	24.659,78	287.623,00
IVA (16%)	3.070,91	4.446,55	6.165,15	6.025,21	7.784,88	2.055,46	2.408,56	2.408,56	2.945,49	1.772,62	2.990,71	3.945,56	46.019,68
PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA	22.264,12	32.237,51	44.697,35	43.682,76	56.440,41	14.902,11	17.462,06	17.462,06	21.354,79	12.851,52	21.682,64	28.605,34	333.642,68

DESGLOSE PRESUPUESTARIO por ACTIVIDADES

	Actividad	PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA (€)
1	Recopilación, análisis y tratamiento de información	29.685,50
2	Cálculo de la demanda en alta	6.501,68
3	Elaboración del esquema topológico	3.837,51
4	Restitución al régimen natural del sistema hidrológico	57.907,78
5	Elaboración de modelos matemáticos para la simulación de masas de agua subterránea	96.586,59
6	Cálculo de los caudales ecológicos	19.705,21
7	Elaboración del modelo de simulación de la gestión conjunta	34.924,12
8	Simulación de escenarios de gestión	34.206,31
9	Aplicación de criterios económicos en el análisis de la gestión conjunta	12.147,52
10	Elaboración del Informe Final (Memoria, Anejos y Planos)	38.140,45
PRESUPUESTO EJECUCIÓN por CONTRATA		333.642,67



