

Estudio de viabilidad de la transformación parcial de una central de turbinado simple en reversible: el caso de la central hidráulica de La Barca (Asturias, España)

Feasibility study for the partial conversion of a hydropower plant into a pumped-storage power plant: a case study of hydroelectric power plant La Barca (Asturias, Spain)

Antuña Yudego, E.^{a1}, Álvarez Álvarez, E.^{a2}

^aÁrea de Ingeniería Hidráulica, Departamento de Energía, Escuela Politécnica de Mieres. Universidad de Oviedo C/ Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n. 33600-Mieres, Asturias (España).

E-mail: ^{a1}uo224065@uniovi.es, ^{a2}edualvarez@uniovi.es

Recibido: 14/04/2016

Aceptado: 10/01/2017

Publicado: 31/01/2017

RESUMEN

Las fuentes de energía renovables han registrado en los últimos años un aumento de la potencia instalada a nivel mundial sin precedentes. Frente a las ventajas que ofrecen se debe considerar un importante inconveniente: la intermitencia e irregularidad de los recursos renovables. En este escenario resurgen las centrales hidráulicas reversibles, como una forma eficaz de almacenamiento de excedentes energéticos que permite adecuar en cada momento la curva de oferta a la demanda del sistema. En el presente trabajo se realiza un estudio de viabilidad simplificado de la transformación parcial de la central hidroeléctrica de La Barca, en Asturias, al modo reversible mediante la creación de un algoritmo que simula su operación en función de los precios del mercado, considerando la participación en el mercado de gestión de desvíos. Para su conversión se indica brevemente las modificaciones técnicas requeridas. Los resultados de beneficios estimados para la misma apuntan finalmente a la viabilidad positiva del proyecto.

Palabras clave | central hidroeléctrica reversible; mercado diario; gestión de desvíos; viabilidad económica; bombeo; turbinado.

ABSTRACT

Renewable energy sources have reported an unprecedented increase of global installed renewable power capacity. Against the advantages provided by this renewable power generation technology it should be taken into account an important issue: these intermittent energy sources supply a fluctuating output which is difficult to manage. Pumped-storage hydro power plants reappear in these circumstances as an efficient form of energy storage which allows to use reserves when necessary, enabling power generation output to cover continuously this energy demand. The present paper shows a simplified feasibility study of the partial conversion of hydropower plant La Barca, in Asturias, into a reversible storage through the development of an algorithm to simulate its operation according to electricity market prices. For this purpose, the operation in the deviation management market is considered and the technical modifications required for the conversion are shown. The estimation of costs and incomes present a feasible scenario.

Key words | pumped-storage power plants; daily market; deviation management; economic feasibility; pumping; turbinating.

INTRODUCCIÓN

Las centrales hidroeléctricas reversibles constituyen una de las formas más eficientes de almacenamiento de energía en todo el mundo. Estas centrales surgieron en España en la década de los sesenta como una forma de aprovechamiento de los excedentes nocturnos de la energía producida en centrales nucleares y térmicas ante la dificultad de regulación de carga por parte de las mismas. En la actualidad, retoman un relevante papel en el sistema de producción eléctrico debido al desarrollo de las energías renovables, especialmente la eólica, cuyo carácter intermitente puede producir excedentes energéticos a cualquier hora del día. Las respuestas al aumento de las energías renovables han incluido un mayor énfasis en centrales de bombeo e integración de energía hidráulica con solar y eólica (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century).

La particularidad técnica que presentan respecto a las hidroeléctricas convencionales es la utilización de grupos turbobomba reversibles (aunque pueden presentar dos equipos distintos independientes) que permite alternativamente turbinar o bombear agua entre dos embalses situados a distintas cotas. La central, que se ubica por tanto entre los dos embalses, realiza el trasiego de volúmenes de agua al efecto de almacenamiento durante un periodo de baja demanda energética para posteriormente generar energía mediante turbinado en las horas punta de demanda (Koochi-Kamali *et al.*, 2012).

Este tipo de centrales está experimentando un importante crecimiento a nivel mundial, con un incremento de la capacidad instalada a través de numerosos proyectos en ejecución o ya finalizados. El crecimiento ha sido especialmente notable en países de Europa, Asia y Norteamérica.

En Estados Unidos la implementación de la energía eólica y fotovoltaica ha traído consigo nuevas plantas de bombeo por primera vez en 20 años debido al carácter intermitente de las primeras que genera una importante necesidad de regulación. Un ejemplo es la central reversible de Olivenhain-Hodges que entró en funcionamiento en septiembre de 2012 y cuenta con una capacidad de 40 MW (Yang y Jackson, 2010).

En algunos países europeos como Alemania se está produciendo una situación similar. El auge de la energía eólica y aumento de la demanda energética ha traído consigo la construcción de nuevas centrales de bombeo. Entre ellas se encuentra la central de Goldisthal en Turingia que, con una capacidad instalada de 1060 MW, constituye la mayor del país (Deane *et al.*, 2009).

Algunos estudios apuntan también hacia la utilidad de este sistema de almacenamiento energético para zonas remotas del planeta donde se han dispuesto plantas de energía fotovoltaica cuyas baterías son difíciles de mantener y gestionar debido a su complicada ubicación. La isla de Donoussa en Grecia constituye un ejemplo de dicha aplicación mediante la instalación de una mini central reversible de 7.5 MW (Manolakos *et al.*, 2002).

En España destaca principalmente el complejo hidráulico Cortes-La Muela, por constituir el mayor sistema europeo de bombeo de agua y uno de los mayores proyectos hidroeléctricos de Iberdrola en España. Está formado por el salto de Cortes II (1989) y la reciente ampliación mediante incorporación del salto de bombeo de La Muela (2013). La central cuenta con tres grupos reversibles turbina-bomba que presentan una potencia de 630 MW en turbinado y de 540 MW en bombeo. Otros ejemplos de aprovechamientos reversibles destacables en España son: la central Tajo de la Encantada sobre el río Guadalhorce (1977), que cuenta con una potencia de 360 MW; Estany-Gento Sallente sobre el río Flamisell en Lérida (1985), con 468 MW de potencia; la central de Villarino ubicada en Salamanca sobre el río Tormes que cuenta con unos grupos turbina-alternador reversibles y una potencia de 857 MW; la central de Aguayo (1982) situada en Cantabria con una potencia de 360 MW y la central de Tanes-Rioseco en Asturias (1978), con una potencia de 123 MW.

Otro ejemplo destacado desde el punto de vista de la gestión de las energías limpias es el proyecto de la central hidroeólica de la isla de El Hierro que permite el autoabastecimiento por completo de su demanda energética en días de abundante recurso eólico. Esta instalación fue puesta en funcionamiento en 2014 e integra un parque eólico, un grupo de bombeo y una central hidroeléctrica (Godina, *et al.*, 2015).

Los aprovechamientos hidroeléctricos reversibles proporcionan por tanto una elevada calidad y garantía al suministro de energía eléctrica, facilitando el seguimiento de la curva de carga, es decir, de las variaciones de la demanda. En España, este servicio lo realizan a través de un proceso gestionado por el Operador del Sistema (OS): la gestión de los desvíos. Este mecanismo se utiliza

para resolver desequilibrios entre la oferta y la demanda que puedan identificarse unas pocas horas antes del despacho de la energía. Los productores de energía eléctrica comunican al OS las previsiones de desvíos en la producción respecto a lo programado inicialmente de forma que pueda comprobar si el programa de generación cumple los requerimientos energéticos previstos. En caso de que no los cumpla se convoca el mercado de gestión de desvíos para solicitar ofertas a los generadores en el sentido opuesto a los desvíos previstos en el sistema (BOE 13/11/02). Si el programa de generación existente resulta escaso para cubrir la demanda, se piden ofertas de mayor producción con un precio de venta de energía bonificado. En caso contrario, si la generación prevista es superior a la demanda se puede solicitar el bombeo u ofertar energía a bajar con un precio de compra significativamente reducido. Estos mercados permiten mejorar notablemente los beneficios de una central reversible acentuando el margen del proceso, es decir, la diferencia entre los ingresos por venta y los gastos por compra de energía.

Frente a este mercado de gestión se encuentran los precios del mercado diario en los que opera una central hidráulica convencional. En este mercado los máximos precios horarios no presentan una diferencia suficientemente grande con respecto a los mínimos como para generar un margen positivo entre ingresos y gastos salvo en muy contadas ocasiones. Por ello es común la operación de las centrales reversibles en los mercados de ajuste (Ayza, 2013).

Recientemente, se han llevado a cabo algunos estudios para crear algoritmos de optimización para la operación de centrales hidráulicas reversibles que tienen en cuenta aspectos como la capacidad límite del embalse, precios horarios y disponibilidades. Algunos ejemplos son el algoritmo para la optimización de la energía en un escenario de precios variables (Zhao y Davison, 2009) o el estudio realizado sobre la central de Bhumibol en Tailandia (Chitphairoy y Nuchprayoon, 2013), que considera los costes horarios y anuales como una función lineal de la potencia y la energía producida respectivamente. Por otro lado, se tienen casos de estudio más recientes basados en el mercado eléctrico de Alemania (Braun y Hoffmann, 2016), (Steffen y Weber, 2016) o de Suiza (Iliadis y Gnansounou, 2016).

En el presente trabajo se pretende estudiar, de forma simplificada, la viabilidad económica de llevar a cabo un cambio de funcionamiento de la central hidroeléctrica de La Barca en Asturias, construida en el año 1966, al modo reversible, mediante una modificación de mínimo impacto ambiental y costes reducidos. Para ello se propone la construcción de un pequeño contraembalse aguas abajo de la misma y la sustitución de una de las turbinas que posee actualmente por un grupo turbobomba reversible. El criterio principal para esta nueva forma de operación se basa en considerar la participación en el mercado de gestión de desvíos como modificación en el régimen de operación de la central. Para el estudio de viabilidad se ha creado un algoritmo que permite obtener los principales resultados de operación de una central hidroeléctrica: ingresos y gastos producidos por la compra-venta de energía; horas de bombeo y turbinado; energía producida y consumida y esquema de funcionamiento horario de la central.

LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA BARCA

Localización

La central hidráulica de La Barca está situada en el río Narcea, afluente del Nalón. Se localiza en el margen de la carretera provincial AS-15 y en el límite entre los municipios de Tineo y Belmonte de Miranda, en la provincia de Asturias. La Figura 1 muestra la ubicación de la misma. La central fue adquirida por la compañía Hidroeléctrica del Cantábrico a Unión Fenosa en 1994.

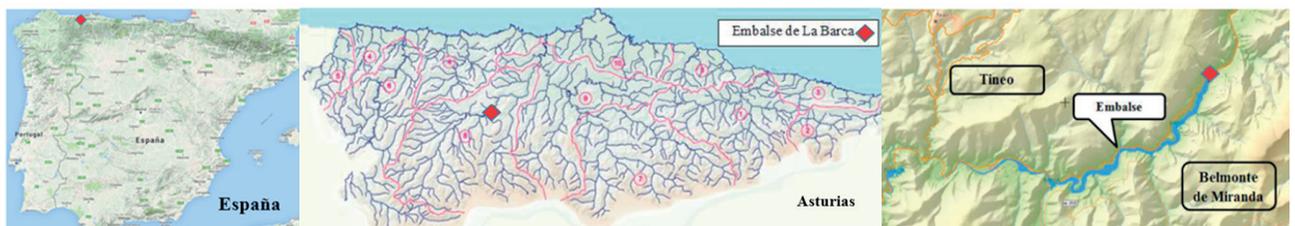


Figura 1 | Localización geográfica de la central de La Barca.

Descripción

El embalse de La Barca data de 1966, con la construcción de una presa de bóveda que posee una longitud de coronación de 178 metros y una altura máxima sobre cimientos es de 73.50 metros, siendo el volumen total de obra de 113000 m³ (Del Hoyo Fernández-Gago *et al.*, 1985). En la Figura 2 se puede observar la planta general de la presa.

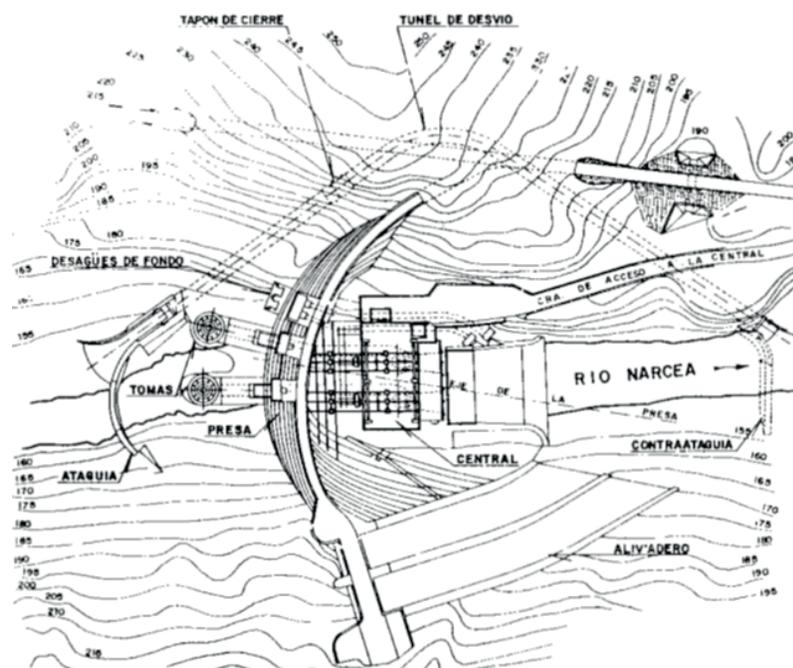


Figura 2 | Planta general de la central de La Barca. Fuente: Revista de Obras públicas Mayo-Junio 1985.

El embalse, que pertenece a la cuenca hidrográfica Nalón Norte, posee una capacidad máxima de 33.1 hm³, de los cuales, un total de 23.1 hm³ constituyen el volumen útil del mismo.

Por su parte, la central hidráulica es exterior y está situada a pie de presa. Aloja tres turbinas tipo Francis de eje vertical, dos de las cuales fueron puestas en servicio en 1967 con una potencia unitaria de 26.8 MW y un caudal de 52.3 m³/s a plena carga.

La tercera turbina, puesta en servicio en 1973, tiene una potencia de 2.6 MW y su caudal es de 5 m³/s a plena carga. Este tercer grupo permanece en funcionamiento continuo con un caudal de 4 m³/s, correspondiente al caudal ecológico. Las características más importantes desde el punto de vista de su funcionamiento se recogen en la Tabla 1. En dicha tabla se puede observar que el salto neto correspondiente al salto bruto máximo tiene un valor muy similar, es decir, las pérdidas máximas que se dan en las conducciones asociadas al caudal de equipo suponen el 0.8% del salto. Esto es debido a que se trata de una central a pie de presa por lo que se reduce enormemente las pérdidas hidráulicas.

Tabla 1 | Datos generales de la central hidráulica de La Barca.

Energía año medio (GWh)	100
Cota máxima de explotación(m)	211.5
Cota mínima de explotación (m)	192
Salto bruto máximo (m)	62.5
Salto máximo neto (m)	62
Salto mínimo neto (m)	43
Caudal máximo de equipo (m ³ /s)	109.6

En la Figura 3 se muestra el aspecto de la presa y el embalse descritos.



Figura 3 | Vista de la central y la presa de La Barca.

Propuesta de modificación técnica de la central

Para la operación de la central en modo reversible se requiere de un volumen de agua embalsado al pie de la central o contraembalse. Para ello se propone una modificación de las siguientes características:

- Construcción de una contrapresa situada a 1730 m aguas abajo de la presa, aprovechando un estrechamiento del valle como estribos de la misma. La estructura consistirá en un vertedero de perfil Creager (Novak *et al.*, 2007) de 4 metros de altura y anchura máxima, pensada para el vertido de los excedentes de agua del contraembalse al superar su máxima capacidad. Por otro lado, el vertedero constará de un desagüe de fondo para liberar de forma continua el caudal ecológico que tomará a su vez del embalse principal a través de la válvula que regula el desagüe de fondo de este último. Es decir, el caudal ecológico fluye de forma continua desde el embalse principal hasta el cauce del río sin computar en el cálculo del volumen del contraembalse.
- El contraembalse admitirá un llenado máximo correspondiente a la cota 153.10 m, por encima del cual verterá sobre el labio del vertedero para evitar que el nivel de agua alcance las instalaciones de la central de La Barca. El nivel mínimo permitido en el embalse corresponderá a una cota 149.60 m para asegurar el cebado de la bomba. El volumen útil del embalse teniendo en cuenta la altura máxima de la masa de agua (3.5 m) y el área media de la superficie del mismo resulta de 0.14 hm³ aproximando su forma a un paralelepípedo. El área utilizada para dicho cálculo se obtuvo a partir de la representación del agua embalsado en planta en consonancia con las curvas de nivel de lo que se obtuvo una superficie aproximada de 4 ha. En la Figura 4 se puede observar la posición que presentaría el contraembalse descrito.



Figura 4 | Posición del contraembalse proyectado (imagen cortesía de Google Earth).

- Sustitución del Grupo 3 de la central por un grupo turbobomba que presente un caudal de 4 m³/s tanto para turbinado como para bombeo.

Se ha estimado un presupuesto para el total de la obra detallado en la siguiente tabla. Se ha calculado el volumen de movimiento de tierras para la ejecución de la cimentación de la contrapresa en el lecho del cauce. Por otro lado, se conoce el volumen de hormigón para el cuerpo de la presa y sus cimientos. Los precios se han obtenido de la base de datos de una empresa del sector. El presupuesto desglosado se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2 | Presupuesto desglosado.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (€/u)	Coste(€)
Excavación en roca	m ³	3527.20	6	21163.20
Hormigonado contrapresa	m ³	145.6	120	17472
Grupo reversible y sistema eléctrico		1	600000	600000
TOTAL				638635

MATERIAL Y MÉTODOS

Objetivo y descripción

El objetivo del presente estudio consiste en evaluar la viabilidad técnica y económica de llevar a cabo un cambio de funcionamiento de la central hidráulica de La Barca a modo reversible mediante modificaciones de mínimo impacto ambiental y costes reducidos. Para estimar los beneficios derivados de esta nueva forma de funcionamiento se ha elaborado un algoritmo que permite estimar los ciclos de funcionamiento bomba-turbina de una central reversible a partir de los precios en distintos escenarios de mercado.

El periodo de estudio será anual y los datos empleados en el estudio, así como su origen se explica en el subapartado ‘Datos de entrada’, obteniéndose un día tipo o semana tipo en función de la clase de gestión realizada.

Para el cálculo de los ingresos se sigue un procedimiento heurístico simplificado a partir de los precios del mercado diario. Este método asegura el funcionamiento óptimo para un caso sencillo en el cual la central bombea o turbinas sin pertenecer a una red

de gestión compleja de embalses, con las restricciones que dicha circunstancia implicaría. Frente a otros métodos de optimización, el método heurístico proporciona de manera rápida la solución óptima, asegurando la convergencia hacia el óptimo global. La Figura 5 sintetiza el procedimiento global de funcionamiento del algoritmo.

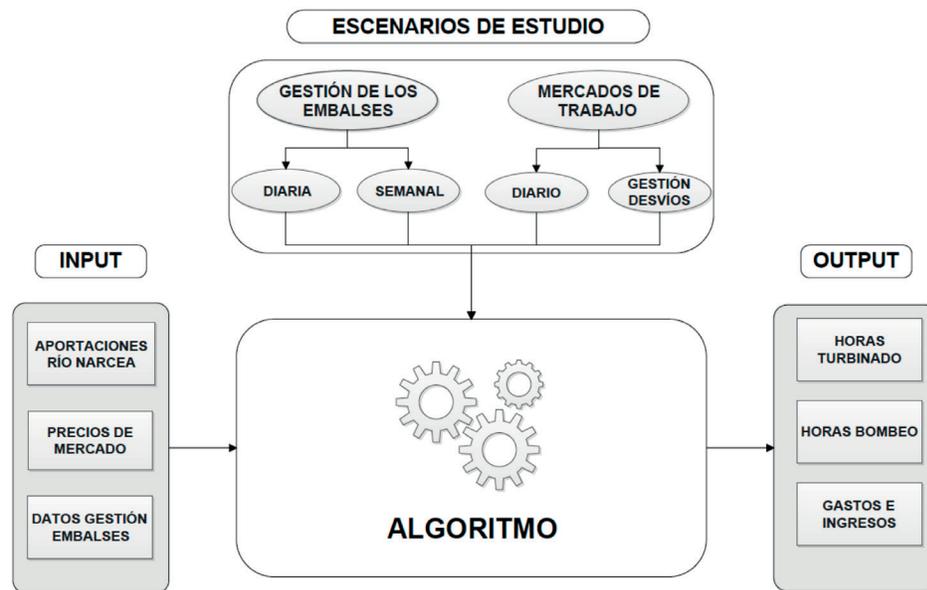


Figura 5 | Síntesis de funcionamiento del algoritmo.

Datos de entrada

Los datos de entrada del algoritmo se describen a continuación: precios de mercado, aportaciones del río Narcea y datos de explotación de los embalses.

1. Precios de mercado. Se consideran dos tipos de mercado distintos:

- **Mercado diario:** se obtienen los precios horarios para el año seleccionado en la web del Operador del Mercado Ibérico de Energía (www.omie.es). Cuando se introducen como precios de venta a su valor se le añaden los pagos por capacidad, según la Orden ITC/3127/2011, y se descuentan los peajes de generación definidos en el Real Decreto Ley 14/2010, con un valor de 0.5 €/MWh, un canon hidráulico del 2.2% del ingreso e impuestos que consisten en un 7% de los ingresos brutos de venta. En el caso de los precios de compra mantienen el valor del precio del mercado diario, no considerando ninguna penalización por desvíos en la programación de la central y suponiendo nulo el término de energía reactiva según RD 1565/2010.
- **Mercado de Gestión de desvíos:** se obtienen los precios de los desvíos medidos a bajar y a subir de la web de Red Eléctrica (<https://www.esios.ree.es/es>). Los primeros corresponden a los precios de compra y los segundos a los precios de venta. Se aplican las mismas deducciones explicadas en el párrafo anterior.

Se han obtenido los precios de ambos mercados del año 2014. Se ha calculado la media horaria de los precios de cada uno de los meses del año considerando un periodo de un día o de una semana en función del tipo de gestión considerada (diaria o semanal). Es decir, el resultado es los precios horarios de un día tipo o semana tipo para cada mes del año que serán los precios que se introduzcan en el algoritmo como datos de partida.

2. **Aportaciones del río Narcea.** Se dispone de los datos de aportaciones diarias de los últimos 25 años, los cuales se han obtenido en la página web de los anuarios de aforos del CEDEX (correspondientes a la estación 1359), con los cuales

se ha calculado la media del caudal de las aportaciones de cada mes, por lo que para el estudio se tiene un valor de aportaciones medio para cada uno de los meses del año (ver Apéndice I). Como se verá más adelante, en los cálculos se deberá tener en cuenta el valor del caudal ecológico, descontándose a las aportaciones. El caudal ecológico del río Narcea para el tramo en el que se encuentra la presa es de 4.21 m³/s, fijado por el Real Decreto 399/2013 de 7 de junio.

- 3. Datos de explotación de los embalses.** Se han utilizado los datos de niveles del embalse de La Barca para cada mes a partir de los datos de operación cedidos por la compañía, de forma que se pueda conocer la altura inicial y el rango de niveles en el que se puede trabajar en cada momento para su aplicación en el algoritmo (ver Apéndice II). Por otro lado, es necesario emplear las curvas que relacionan el nivel de agua del embalse con el volumen contenido en el mismo para la realización de los cálculos. Para ello se dispone de los datos altura-volumen tabulados para el embalse de La Barca (ver Apéndice III). Para el caso del contraembalse se han estimado estos valores de forma lineal al aproximar la masa de agua a un paralelepípedo.

Funcionamiento actual

En la actualidad, la central de La Barca opera como una hidroeléctrica convencional, turbinando en aquellos momentos en los que los precios del mercado diario son suficientemente elevados para la venta de energía al sistema eléctrico. Por su parte, el tercer grupo de dimensiones reducidas se encuentra turbinando de forma constante el caudal ecológico, siendo aprovechado para generar energía de forma continua.

Funcionamiento tras la conversión. Escenarios de estudio

Se deben definir parámetros condicionantes del funcionamiento de la central:

- **Gestión temporal de los embalses:** se considerarán alternativamente gestión diaria y semanal. Esta gestión implica que el volumen de agua bombeado debe ser igual al volumen de agua turbinado en el funcionamiento reversible al final del día y al final de la semana respectivamente.
- **Esquema de funcionamiento T/B** o relación entre los caudales de la turbina y la bomba que en este caso será 1/1, es decir, serán iguales.
- **Mercados de operación:** que definirán los precios de la energía a considerar. Serán dos los mercados considerados: el mercado de gestión de desvíos (Carbajo Josa, 2007), aplicable cuando la central trabaje durante las horas de funcionamiento reversible y el mercado diario, al que se recurrirá cuando la central opere en las horas de funcionamiento convencional, entendiendo como tal la forma de operar que tiene actualmente, definida en el subapartado anterior, turbinando los volúmenes de las aportaciones que le llegan del río Narcea. A esta situación de operación alternativa entre dos mercados se la denominará mercado mixto. Se considerará también una situación de funcionamiento en la que la central opere íntegramente en el mercado de gestión de desvíos.

El sistema de funcionamiento comprende, por tanto, dos tipos de operaciones diferentes. En primer lugar, se encuentra el funcionamiento convencional, turbinando de forma similar a como se realiza actualmente, para lo que se emplean los tres grupos que componen la central. Por otro lado, se tiene el programa reversible que realiza exclusivamente el Grupo 3 como grupo turbo-bomba.

Finalmente, de la elección y combinación de los posibles condicionantes de funcionamiento surgen los cuatro escenarios o alternativas de estudio:

- **Gestión diaria en mercado de gestión de desvíos.**
- **Gestión semanal en mercado de gestión de desvíos.**
- **Gestión diaria en mercado mixto.**
- **Gestión semanal en mercado mixto.**

Base del algoritmo

Conocidos los precios de compra y venta se debe discriminar en cuántas horas es posible operar teniendo en cuenta la penalización de los rendimientos globales de bombeo y turbinado. La ecuación (1) muestra el punto de equilibrio (criterio de corte), para discriminar cuando compensa vender, comprar o no hacer ninguna de las dos cosas:

$$PC \frac{HQ\gamma}{\eta_b} = PV(HQ\gamma\eta_\tau) \quad (1)$$

donde PC representa el precio de compra de la energía, PV el precio de venta, H el salto entre los embalses, Q el caudal de bomba o de turbina según el caso, γ el peso específico del agua y η el rendimiento de los equipos. Por simplicidad, no se ha tenido en cuenta la influencia de las pérdidas en las conducciones en el salto entre los embalses ya que como se explicó anteriormente se trata de una central a pie de presa con unas pérdidas despreciables.

Cuando el bombeo y turbinado operan entre el mismo par de embalses, el salto H , el caudal Q (si el caudal de diseño de bombeo y turbinado es el mismo), y el peso específico γ , tienen el mismo valor, por lo tanto, la ecuación anterior queda definida como:

$$\frac{PC}{\eta_b} = PV\eta_\tau \quad (2)$$

Donde η_b es el rendimiento de la bomba y η_τ es el rendimiento de la turbina, cuyos valores son respectivamente de 85% y 90%.

Descripción del algoritmo general

El algoritmo comprende dos bloques fundamentales de análisis: bloque de análisis económico, en el que se define una forma de operación provisional de la central y beneficios correspondientes exclusivamente en función de los precios del mercado, y bloque de análisis de viabilidad técnica, en el cual se determina si las capacidades de los embalses admiten dicha programación o si por el contrario presenta restricciones técnicas al funcionamiento.

El inicio del mismo se produce de la siguiente manera:

1. Se introduce el mes de estudio a analizar y el programa selecciona automáticamente el valor correspondiente de aportaciones, volumen de agua a almacenar o desembalsar y niveles límite de operación permitidos en los embalses.
2. Se introducen los precios medios horarios de compra y de venta de los mercados que se precisen en cada alternativa de estudio considerada.

En la Figura 6 se puede observar el algoritmo con la integración de los dos módulos que lo componen.

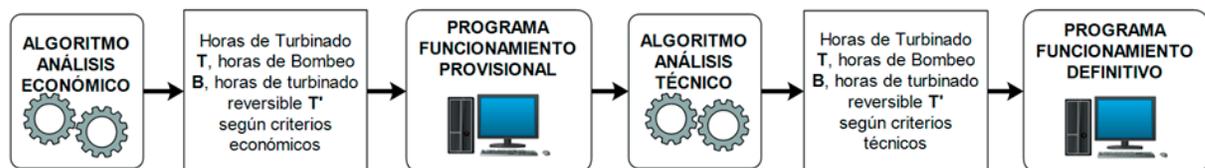


Figura 6 | Algoritmo general.

A continuación, se ejecuta el algoritmo de análisis económico, cuya forma de proceder es la siguiente:

1. Análisis económico. Al volumen de las aportaciones se le resta o se le suma, según corresponda, el volumen a almacenar o a desembalsar. Conocido el caudal de equipo se determina el número de horas necesarias para turbinar el volumen resultante. Se obtiene así un número N de horas reservadas al turbinado con los Grupos 1, 2 y 3.

- Se selecciona de entre los precios de venta los N mayores precios existentes y las horas a las que se producen obteniéndose la primera parte de la programación de funcionamiento correspondiente al turbinado mediante los tres grupos de la central. El resultado son las horas del día en las que se produce la operación de los grupos de la central en escenarios que incluyen la operación en el mercado de gestión y sus precios para el cálculo de ingresos posterior.
- Se eliminan las horas que ya están asignadas para turbinar del conjunto de precios introducidos y se trabaja sobre los restantes para definir la parte de la programación reversible (correspondiente al Grupo 3).
- Se ordena de mayor a menor los precios de venta frente a los precios de compra que se ordenan de forma inversa y las horas asociadas a cada uno. Para calcular el margen del bombeo, el programa halla la diferencia entre el k-ésimo mayor valor de los precios de venta multiplicado por el rendimiento de turbina y el k-ésimo menor valor de los precios de compra dividido entre el rendimiento de la bomba, así con todos los precios disponibles.
- Se analiza el valor de las diferencias una a una, seleccionando aquellas cuyo valor es positivo y extrayendo los pares de horas de precios de compra y de venta asociadas a cada una. Se obtiene una tabla en la que para cada hora se indica la acción a realizar, es decir, una programación provisional basada en criterios puramente económicos.

La Figura 7 recoge el funcionamiento detallado del algoritmo de análisis económico.

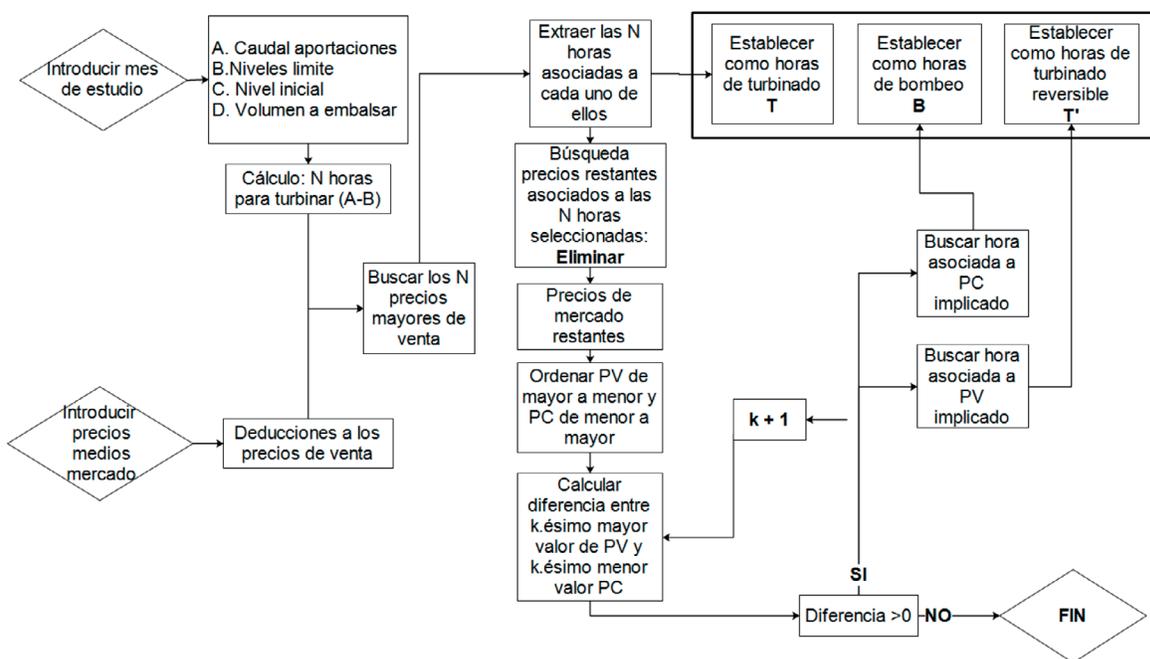


Figura 7 | Esquema de funcionamiento de algoritmo de análisis económico.

Posteriormente, entra en funcionamiento el bloque de análisis técnico, cuya secuencia es la siguiente:

- Se identifica el nivel de llenado inicial del embalse de La Barca, cuyo valor es definido para cada mes por la curva de explotación de embalse. En el caso del contraembalse este valor corresponde a su capacidad máxima, ya que el programa comienza de madrugada donde las horas valle apuntan a una programación de bombeo.
- En función de la acción programada para cada hora se calcula el volumen implicado que entraría y saldría de cada embalse y lo añadiría a la condición de llenado inicial. Para el embalse superior se debe tener en cuenta la suma de las

aportaciones que llegan al mismo continuamente menos el volumen correspondiente al caudal ecológico que, como se explicó, es liberado a través de las válvulas de fondo sin participar en el proceso de turbinado-bombeo.

- Si el resultado de la evolución de los volúmenes no cumple con los límites de operación establecidos en al menos una de las horas se eliminará la acción del programa de funcionamiento, así como la acción de su pareja de funcionamiento asociada, no computando los volúmenes implicados en el cálculo.

La Figura 8 describe el algoritmo de análisis técnico.

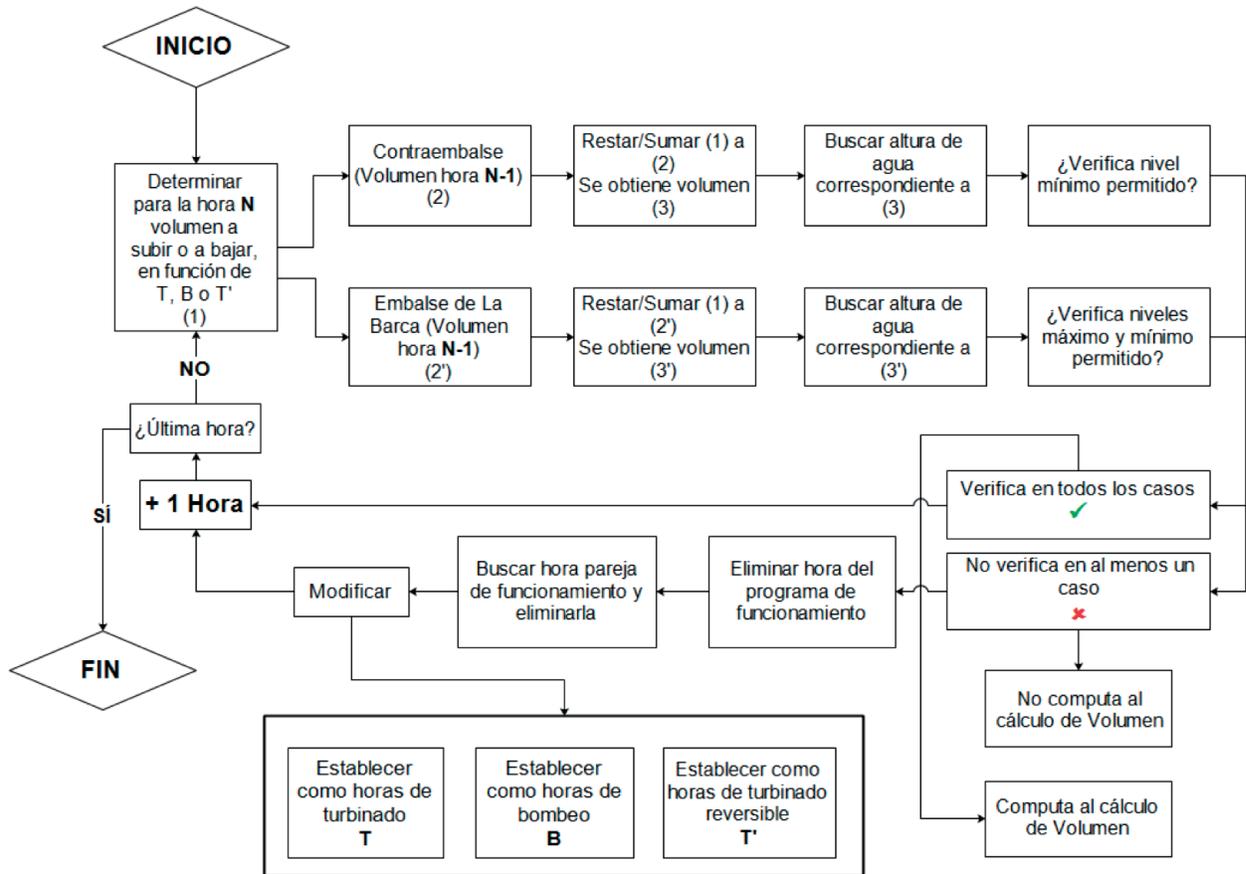


Figura 8 | Esquema de funcionamiento de algoritmo de análisis técnico.

Salida del programa

El resultado es la programación de funcionamiento definitiva, la evolución de los volúmenes en ambos embalses y, en consecuencia, la altura de agua en cada momento. Este nivel de embalse resultante junto con los precios horarios permite obtener los ingresos y gastos en los que se incurre al llevar a cabo la programación de funcionamiento establecida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha realizado el estudio utilizando los precios de mercado del año 2014 para las cuatro hipótesis explicadas anteriormente. Desde el punto de vista hidrológico, 2014 fue un año suficientemente representativo de un año medio, por lo que la utilización de las

aportaciones medias para la realización del estudio, como se explicó en el apartado de datos de entrada, está justificada al ajustarse las del año 2014 a la media calculada. Por otro lado, se han estimado los beneficios que recibe la central de La Barca actualmente como referencia para la comparación de los distintos resultados. Para ello se ha recurrido a los datos de energía producida en un año medio y el precio medio de venta calculado del año 2014, considerándose los ingresos brutos actuales de la central como el producto de dichos factores. Como no se conoce exactamente el modo de operación actual, si la central sólo trabajara en horas punta (precios elevados) los ingresos serían superiores a los que se han considerado para el estudio, por el contrario, si la central funcionara únicamente en horas valle (precios más reducidos) sus ingresos reales serían inferiores a los considerados. La forma en que se han calculado considera una situación intermedia, que implica una producción repartida entre horas punta y horas valle y, por tanto, un precio medio de la energía. Esto es debido a que la central no está dirigida exclusivamente por los precios del mercado, sino que también responde a una gestión de las aguas del embalse marcada por parámetros como los resguardos o la garantía de suministro. A los mencionados ingresos brutos hay que restarle el peaje de acceso a la generación, impuestos y cánones hidráulicos ya definidos, obteniendo finalmente los ingresos netos. La Tabla 3 refleja dichos datos.

Tabla 3 | Datos y estimaciones de la situación actual de la central de La Barca.

Energía año medio (GWh)	100
Precio medio MWh 2014(€)	43.38
Ingreso de venta bruto (€)	4337651.23
Ingreso neto (€)	3938537.32

Los resultados se han agrupado por incremento de beneficios respecto a la situación actual y energía (Figura 9), horas de funcionamiento de los Grupos 1 y 2 de la central (Figura 10) y horas de funcionamiento del grupo turbobomba incluyendo las dos formas de turbinado y el bombeo (Figura 11).

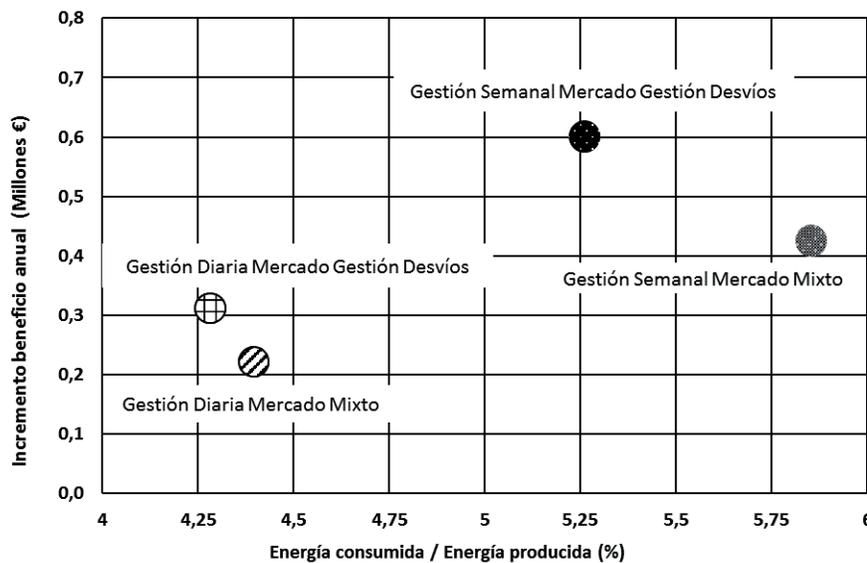


Figura 9 | Beneficios obtenidos frente al porcentaje de energía consumida sobre energía producida para cada escenario de estudio.

Los resultados reflejan un aumento de los beneficios anuales obtenidos en los cuatro casos estudiados respecto a la situación de referencia estimada de la central. El factor determinante de la superioridad de beneficios es claramente el mercado considerado, siendo el de gestión de desvíos el que reporta mayores beneficios. Por otro lado, la gestión semanal también presenta una notable ventaja respecto a la gestión diaria.

Respecto a las horas de funcionamiento del Grupo 3 en modo reversible se observa que son menores en el caso de la gestión semanal para ambos mercados. Esto es debido a la reducida capacidad del contraembalse que limita el número de horas de bombeo en los domingos por insuficiencia de volumen. En el caso de los otros dos equipos, en el mejor de los casos obtenidos, el aumento de horas de los Grupos 1 y 2 es de un 23.86% frente a la situación actual, en la que el funcionamiento viene definido en función de la gestión del embalse y los precios de venta del mercado diario. Las horas de operación actuales que se toman como referencia para la comparación están calculadas a partir de los datos de la compañía teniendo en cuenta la producción energética anual y la potencia nominal de los grupos en la actualidad.

En el caso del Grupo 3, por el contrario, las horas de funcionamiento son inferiores ya que en la situación actual trabaja de forma constante para aportar el caudal ecológico al cauce.

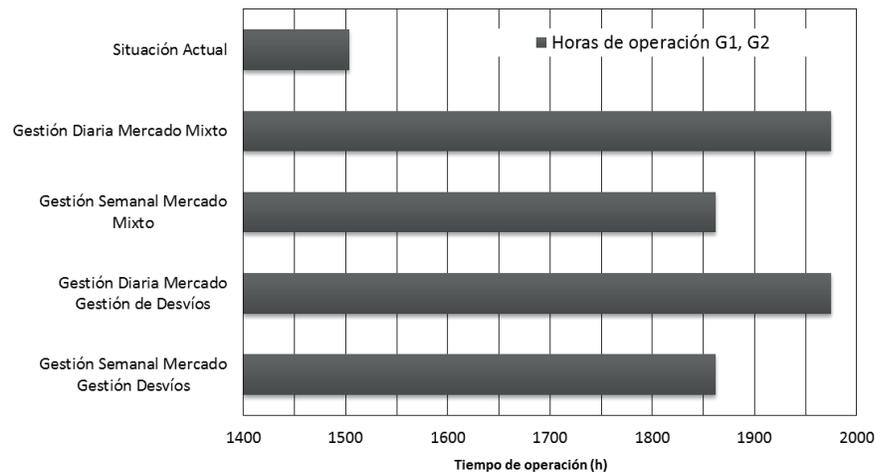


Figura 10 | Horas de operación G1, G2 para cada escenario de estudio.

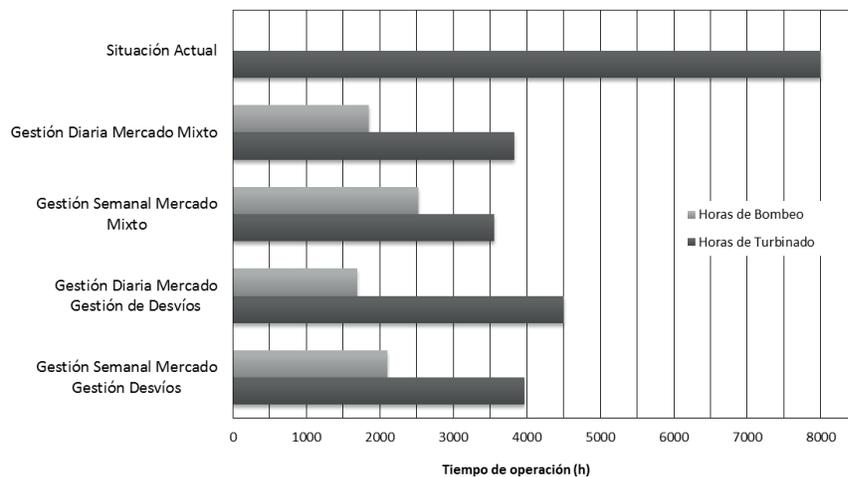


Figura 11 | Horas de operación G3 para cada escenario de estudio.

La gestión semanal de los embalses en el mercado de gestión desvíos constituye la opción más rentable de entre las 4, reportando los mayores beneficios, que representan un 15% más que en la situación actual y un número menor de horas de funcionamiento en comparación con los otros tres escenarios.

Para determinar la viabilidad económica de la conversión de la central en un bombeo reversible se tendrán en cuenta el presupuesto asociado a los cambios técnicos previstos en la central y los ingresos netos obtenidos por la nueva programación (gestión semanal en mercado de gestión de desvíos). La rentabilidad de la inversión vendrá dada por el periodo de retorno para cuyo cálculo se empleará el valor de la diferencia entre los beneficios obtenidos entre la nueva situación de estudio y la actual, es decir, las ganancias que aporta el nuevo funcionamiento respecto a la situación actual de la central (Tabla 4).

Tabla 4 | Periodo de retorno de la inversión.

Beneficio adicional (€)	600892.49
Presupuesto (€)	638635
Periodo de retorno de la inversión(años)	1.06

Los resultados muestran un periodo de recuperación muy corto, retornando la inversión en poco más de 1 año de operación. Por lo tanto, el resultado del análisis de viabilidad es positivo, recuperándose los costes de inversión en un periodo de tiempo más que razonable.

CONCLUSIONES

Se ha estudiado la viabilidad técnica y económica de la conversión a funcionamiento reversible de la central hidroeléctrica de La Barca, en el río Narcea. En primer lugar, se ha propuesto un conjunto de modificaciones técnicas de mínimo coste e impacto ambiental para la transformación parcial de la central. Dichas modificaciones incluyen la sustitución de uno de los tres grupos de la central por un equipo reversible de potencia similar, que podrá bombear y turbinar alternativamente, manteniendo los otros dos grupos para turbinado. Para la realización del estudio se ha elaborado un algoritmo que permite obtener en función de los precios del mercado y para cada mes del año los principales resultados de funcionamiento de una central de este tipo: ingresos y gastos por compra y venta de energía, horas de funcionamiento de los equipos y energía generada y consumida. Los resultados del estudio señalan un aumento en los beneficios obtenidos en todos los casos analizados respecto a la situación actual de participación en el mercado diario en modo exclusivo de turbinado. Destaca la operación en el mercado de gestión de desvíos mediante una gestión semanal de los volúmenes de los embalses que registra un aumento de beneficios del 15% respecto a la situación actual. Se puede concluir que los resultados del análisis de viabilidad económica son favorables, presentando un periodo de retorno de la inversión necesaria para su conversión de apenas 1 año. Es importante considerar además la versatilidad técnica y económica que aporta la nueva instalación permitiendo la operación en distintos mercados y gestiones más eficientes del agua de los embalses.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dirección y equipo técnico de la compañía EDP Energía el asesoramiento y la información facilitada para el desarrollo del presente trabajo. Especialmente al jefe de la central hidroeléctrica de La Barca, Benigno Menéndez Velázquez y a Rodrigo Fernández Prado, Director del Área de Gestión de la Energía, por su implicación.

REFERENCIAS

Ayza, J.R.W. 2013. El papel de la hidroelectricidad en el contexto de las energías renovables en España. *Revista de Obras Públicas*, 3548, 35-42.

- BOE. 2002. Medidas de operación para garantizar la cobertura de la demanda en situaciones de alerta y emergencia, BOE 272 de 13/11/2002 Sec 1 39877-39878.
- Braun, S., Hoffmann, R. 2016. Intraday Optimization of Pumped Hydro Power Plants in the German Electricity Market. *Energy Procedia*, 87, 45-52. doi:10.1016/j.egypro.2015.12.356
- Carbajo Josa, A. 2007. Los mercados eléctricos y los servicios de ajuste del sistema. *Revista de Economía Industrial*, 364, 55-62
- CEDEX. Anuario de aforos: http://ceh-flumen64.cedex.es/anuarioaforos/afo/estaf-datos_descarga.asp?indroea=1359
- Chitphairot, K., Nuchprayoon, S. 2013. Optimal Generation Scheduling of Hydropower Plant with Pumped Storage Unit. Special Issue for International Conference on Energy, Environment and Sustainable Economy (ESEE 2013). *Journal of Energy Technologies and Policy*. 3(11), 204-210.
- Deane, J.P., Ó Gallachóir, B.P., McKeogh, E.J. 2009. Techno-economic review of existing and new pumped hydro energy storage plant. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(4), 1293-1302. doi:10.1016/j.rser.2009.11.015
- Del Hoyo Fernández-Gago, R., Arias Azcune, R., Guinea y Ortiz de Urbina, P., Olaso Legarreta, J.L., Allende García-Baxter, J.L., De Simón Fontcuberta, C. 1985. Las presas como complemento de las centrales térmicas. *Revista de Obras Públicas*. Mayo-Junio, 309-339.
- Godina, R., Rodrigues, E.M.G., Matias, J.C.O., Catalão, J.P.S. 2015. Sustainable Energy System of El Hierro Island. *International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'15)*. *Renewable Energy and Power Quality Journal (RE&PQJ)*, 13, 46-51.
- Koohi-Kamali, S., Tyagi, V.V., Rahim, N.A., Panwa, N.L., Mokhlis, H. 2010. Emergence of energy storage technologies as the solution for reliable operation of smart power systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 25 (2013) 135-165. doi:10.1016/j.rser.2013.03.056
- Iliadis, N.A., Gnansounou, E. 2016. Development of the methodology for the evaluation of a hydro-pumped storage power plant: Swiss case study. *Energy Strategy Reviews*, 9, 8-17. doi:10.1016/j.esr.2015.10.001
- Manolakos, D., Papadakis, G., Papantonis, D., Kyritsis, S. 2002. A stand-alone photovoltaic power system for remote villages using pumped water energy storage. *Energy*, 29(1), 57-69. doi:10.1016/j.energy.2003.08.008
- Novak, P., Moffat, A.I.B., Nalluri, C., Narayanan, R. 2007. Spillways. In: *Hydraulic Structures (Fourth Edition)*. Taylor and Francis Group. 206-208.
- OMIE. Operador del Mercado Ibérico de Energía-Polo Español. <http://www.omie.es>
- Real Decreto 399/2013 de 7 de junio, por el que se aprueba el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental.
- Red Eléctrica de España. <https://www.esios.ree.es/es>.
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century - REN21, 15 rue de Milan, 75441 Paris Cedex 9 (France).
- Steffen, B., Weber, C. 2016. Optimal operation of pumped-hydro storage plants with continuous time-varying power prices. *European Journal of Operational Research*, 252(1), 308-321. doi:10.1016/j.ejor.2016.01.005
- Yang, C.J., Jackson, R.B. 2010. Opportunities and barriers to pumped-hydro energy storage in the United States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 839-844. doi:10.1016/j.rser.2010.09.020
- Zhao, G., Davison, M. 2009. Optimal control of hydroelectric facility incorporating pump storage. *Renewable Energy*, 34(4), 1064-1077. doi:10.1016/j.renene.2008.07.005

APÉNDICE I

Se muestran a continuación la media de las aportaciones mensuales del periodo 1968 a 2012 utilizadas en el estudio:

Tabla 1 | Media de las aportaciones mensuales del periodo 1968 a 2012 en m³/s.

	Aportaciones (m ³ /s)
Enero	45.99
Febrero	37.38
Marzo	45.85
Abril	39.60
Mayo	29.78
Junio	17.17
Julio	9.14
Agosto	6.49
Septiembre	6.80
Octubre	14.13
Noviembre	32.74
Diciembre	44.09

APÉNDICE II

Datos de operación del embalse de La Barca que reflejan la altura inicial del embalse (al comienzo del mes) y en el rango de niveles en el que pueda operar durante el mes. Los datos han sido cedidos por la compañía.

Tabla 2 | Niveles de operación del embalse de La Barca por mes.

	Nivel máximo (m)	Nivel mínimo (m)	Nivel inicial (m)
Enero	203.94	192	197.97
Febrero	204.17	192	198.08
Marzo	206.17	192	199.08
Abril	209.53	197	203.26
Mayo	211	202	206.5
Junio	211	202	206.5
Julio	211	202	206.5
Agosto	211	202	206.5
Septiembre	211	202	206.5
Octubre	211	197	204
Noviembre	207.45	192	199.72
Diciembre	203.95	192	197.97

APÉNDICE III

Datos de nivel en el embalse de La Barca y el volumen correspondiente almacenado en el mismo en el rango de volúmenes de embalse útiles. Datos cedidos por la compañía.

Tabla 3 | Datos altura-volumen del embalse de La Barca.

COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)
192	0	192.43	328210	192.86	664024
192.01	7546	192.44	335933	192.87	671924
192.02	15097	192.45	343661	192.88	679828
192.03	22652	192.46	351392	192.89	687737
192.04	30210	192.47	359128	192.90	695649
192.05	37773	192.48	366867	192.91	703566
192.06	45341	192.49	374611	192.92	711486
192.07	52911	192.5	382359	192.93	719411
192.08	60486	192.51	390111	192.94	727248
192.09	68066	192.52	397867	192.95	735273
192.1	75648	192.53	405628	192.96	743260
192.11	83237	192.54	413392	192.97	751152
192.12	90828	192.55	421161	192.98	759997
192.13	98424	192.56	428933	192.99	767047
192.14	106024	192.57	436710	193.00	775000
192.15	113628	192.58	444491	193.01	782960
192.16	121236	192.59	452276	193.02	790924
192.17	128849	192.6	460065	193.03	798892
192.18	136465	192.61	467858	193.04	806865
192.19	144085	192.62	475656	193.05	814842
192.2	151710	192.63	483457	193.06	822823
192.21	159339	192.64	491262	193.07	830809
192.22	166971	192.65	499072	193.08	838799
192.23	174608	192.66	506886	193.09	846794
192.24	182249	192.67	514704	193.10	854793
192.25	189894	192.68	522525	193.11	862796
192.26	197544	192.69	530352	193.12	870803
192.27	205197	192.7	538182	193.13	878896
192.28	212854	192.71	546017	193.14	886831
192.29	220516	192.72	553854	193.15	894853
192.3	228182	192.73	561697	193.16	902877
192.31	235852	192.74	569544	193.17	910906
192.32	243525	192.75	577394	193.18	918940
192.33	251204	192.76	585249	193.19	926970
192.34	258886	192.77	593108	193.20	935031
192.35	266572	192.78	600971	193.21	943060

COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)
192.36	274262	192.79	608839	193.22	951118
192.37	281957	192.8	616710	193.23	959174
192.38	289656	192.81	624585	193.24	967234
192.39	297758	192.82	632465	193.25	975298
192.4	305065	192.83	640349	193.26	983366
192.41	312776	192.84	648236	193.27	991439
192.42	320491	192.85	656120	193.28	999516
193.29	1007597	193.72	1359216	194.15	1719024
193.3	1015684	193.73	1367489	194.16	1727494
193.31	1023774	193.74	1375766	194.17	1735968
193.32	1031868	193.75	1384048	194.18	1744447
193.33	1039968	193.76	1392333	194.19	1752929
193.34	1048070	193.77	1400624	194.2	1761417
193.35	1056178	193.78	1408918	194.21	1769908
193.36	1064290	193.79	1417217	194.22	1778404
193.37	1072407	193.8	1425521	194.23	1786904
193.38	1080526	193.81	1433828	194.24	1795409
193.39	1088651	193.82	1442140	194.25	1803918
193.4	1096781	193.83	1450457	194.26	1812431
193.41	1104915	193.84	1458778	194.27	1820948
193.42	1113052	193.85	1467102	194.28	1829470
193.43	1121196	193.86	1475431	194.29	1837997
193.44	1129342	193.87	1483766	194.3	1846527
193.45	1137493	193.88	1492104	194.31	1855062
193.46	1145648	193.89	1500446	194.32	1863602
193.47	1153808	193.9	1508792	194.33	1872146
193.48	1161973	193.91	1517144	194.34	1880693
193.49	1170141	193.92	1525499	194.35	1889246
193.5	1178313	193.93	1533860	194.36	1897803
193.51	1186491	193.94	1542223	194.37	1906363
193.52	1194673	193.95	1550592	194.38	1914929
193.53	1202858	193.96	1558965	194.39	1923499
193.54	1211048	193.97	1567343	194.4	1932073
193.55	1219243	193.98	1575723	194.41	1940651
193.56	1227442	193.99	1584110	194.42	1949234
193.57	1235645	194	1592500	194.43	1957821
193.58	1243852	194.01	1600904	194.44	1966413
193.59	1252065	194.02	1609313	194.45	1975009
193.6	1260281	194.03	1617726	194.46	1983609
193.61	1268502	194.04	1626144	194.47	1992214
193.62	1276727	194.05	1634566	194.48	2000822
193.63	1284956	194.06	1642992	194.49	2009360

COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)
193.64	1293190	194.07	1651423	194.5	2018054
193.65	1301428	194.08	1659857	194.51	2026675
193.66	1309670	194.09	1668297	194.52	2035302
193.67	1317917	194.1	1676740	194.53	2043933
193.68	1326168	194.11	1685188	194.54	2052568
193.69	1334424	194.12	1693642	194.55	2061207
193.7	1342684	194.13	1702098	194.56	2069851
193.71	1350948	194.14	1710559	194.57	2078499
194.58	2087152	195.01	2463319	195.44	2847337
194.59	2095808	195.02	2472162	195.45	2856340
194.6	2104469	195.03	2481010	195.46	2865385
194.61	2113134	195.04	2489862	195.47	2874416
194.62	2121805	195.05	2498718	195.48	2883450
194.63	2130478	195.06	2507578	195.49	2892489
194.64	2139157	195.07	2516442	195.5	2901532
194.65	2147840	195.08	2525310	195.51	2910578
194.66	2156527	195.09	2534184	195.52	2919630
194.67	2165219	195.1	2543060	195.53	2928685
194.68	2173914	195.11	2551940	195.54	2937744
194.69	2182615	195.12	2560826	195.55	2946808
194.7	2191320	195.13	2569715	195.56	2955875
194.71	2200028	195.14	2578608	195.57	2964947
194.72	2208740	195.15	2587506	195.58	2974023
194.73	2217459	195.16	2596407	195.59	2983103
194.74	2226181	195.17	2605313	195.6	2992187
194.75	2234908	195.18	2614223	195.61	3001275
194.76	2243638	195.19	2623137	195.62	3010368
194.77	2252374	195.2	2632055	195.63	3019465
194.78	2261113	195.21	2640977	195.64	3028565
194.79	2269857	195.22	2649904	195.65	3037671
194.8	2278605	195.23	2658834	195.66	3046779
194.81	2287357	195.24	2667769	195.67	3055892
194.82	2296114	195.25	2676709	195.68	3065010
194.83	2304875	195.26	2685651	195.69	3074132
194.84	2313641	195.27	2694598	195.7	3083257
194.85	2322410	195.28	2703550	195.71	3092387
194.86	2331184	195.29	2712506	195.72	3101521
194.87	2339963	195.3	2721465	195.73	3110659
194.88	2348746	195.31	2730429	195.74	3119802
194.89	2357533	195.32	2739397	195.75	3128948
194.9	2366325	195.33	2748369	195.76	3138090
194.91	2375120	195.34	2757346	195.77	3147254

COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)
194.92	2383921	195.35	2766326	195.78	3156413
194.93	2392726	195.36	2775311	195.79	3165576
194.94	2401535	195.37	2784299	195.8	3174743
194.95	2410348	195.38	2793292	195.81	3183914
194.96	2419166	195.39	2802289	195.82	3193090
194.97	2427987	195.4	2811291	195.83	3202270
194.98	2436814	195.41	2820296	195.84	3211453
194.99	2445645	195.42	2829306	195.85	3220642
195	2454480	195.43	2838320	195.86	3229833
195.87	3239030	196.3	3638127	196.73	4044744
195.88	3248230	196.31	3647497	196.74	4054291
195.89	3257435	196.32	3656870	196.75	4063841
195.9	3266644	196.33	3666248	196.76	4073397
195.91	3275856	196.34	3675631	196.77	4082956
195.92	3285074	196.35	3685016	196.78	4092519
195.93	3294295	196.36	3694407	196.79	4102087
195.94	3303520	196.37	3703801	196.8	4111659
195.95	3312751	196.38	3713199	196.81	4121235
195.96	3321983	196.39	3722602	196.82	4130815
195.97	3331221	196.4	3732009	196.83	4140399
195.98	3340463	196.41	3741419	196.84	4149987
195.99	3349710	196.42	3750834	196.85	4159576
196	3358960	196.43	3760253	196.86	4169176
196.01	3368205	196.44	3769677	196.87	4178776
196.02	3377456	196.45	3779104	196.88	4188381
196.03	3386709	196.46	3788536	196.89	4197990
196.04	3395968	196.47	3797971	196.9	4207603
196.05	3405230	196.48	3807410	196.91	4217220
196.06	3414495	196.49	3816854	196.92	4226841
196.07	3423767	196.5	3826302	196.93	4236467
196.08	3433041	196.51	3835755	196.94	4246096
196.09	3442320	196.52	3845210	196.95	4255730
196.1	3451603	196.53	3854671	196.96	4265368
196.11	3460890	196.54	3864135	196.97	4275009
196.12	3470181	196.55	3873604	196.98	4284655
196.13	3479476	196.56	3883077	196.99	4294305
196.14	3488777	196.57	3892554	197	4303960
196.15	3498079	196.58	3902034	197.01	4313608
196.16	3507387	196.59	3911519	197.02	4323261
196.17	3516699	196.6	3921009	197.03	4332919
196.18	3526015	196.61	3930502	197.04	4342581
196.19	3535335	196.62	3939999	197.05	4352247

COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)
196.2	3544659	196.63	3949501	197.06	4361918
196.21	3553987	196.64	3959007	197.07	4371593
196.22	3563319	196.65	3968516	197.08	4381273
196.23	3572657	196.66	3978031	197.09	4390957
196.24	3581997	196.67	3987548	197.1	4400646
196.25	3591341	196.68	3997070	197.11	4410339
196.26	3600691	196.69	4006597	197.12	4420037
196.27	3610044	196.7	4016127	197.13	4429739
196.28	3619400	196.71	4025662	197.14	4439446
196.29	3628762	196.72	4035201	197.15	4449157
197.16	4458873	197.59	4880877	198.02	5311168
197.17	4468593	197.6	4890790	198.03	5321279
197.18	4478317	197.61	4900707	198.04	5331396
197.19	4488046	197.62	4910628	198.05	5341517
197.2	4497780	197.63	4920555	198.06	5351643
197.21	4507518	197.64	4930485	198.07	5361775
197.22	4517260	197.65	4940419	198.08	5371911
197.23	4527008	197.66	4950359	198.09	5382051
197.24	4536758	197.67	4960303	198.1	5392198
197.25	4546514	197.68	4970251	198.11	5402348
197.26	4556275	197.69	4980204	198.12	5412505
197.27	4566040	197.7	4990161	198.13	5422665
197.28	4575809	197.71	5000123	198.14	5432831
197.29	4585583	197.72	5010089	198.15	5443001
197.3	4595361	197.73	5020060	198.16	5453177
197.31	4605144	197.74	5030034	198.17	5463357
197.32	4614931	197.75	5040014	198.18	5473543
197.33	4624723	197.76	5049999	198.19	5483733
197.34	4634519	197.77	5059988	198.2	5493928
197.35	4644319	197.78	5069980	198.21	5504128
197.36	4654125	197.79	5079978	198.22	5514333
197.37	4663934	197.8	5089980	198.23	5524543
197.38	4673748	197.81	5099986	198.24	5534757
197.39	4683567	197.82	5109997	198.25	5544977
197.4	4693390	197.83	5120013	198.26	5555202
197.41	4703217	197.84	5130033	198.27	5565431
197.42	4713049	197.85	5140057	198.28	5575665
197.43	4722886	197.86	5150086	198.29	5585905
197.44	4732727	197.87	5160119	198.3	5596150
197.45	4742572	197.88	5170157	198.31	5606398
197.46	4752422	197.89	5180199	198.32	5616652
197.47	4762276	197.9	5190246	198.33	5626911

COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)
197.48	4772135	197.91	5200297	198.34	5637175
197.49	4781999	197.92	5210353	198.35	5647444
197.5	4791866	197.93	5220413	198.36	5657718
197.51	4801738	197.94	5230478	198.37	5667996
197.52	4811615	197.95	5240547	198.38	5678280
197.53	4821496	197.96	5250621	198.39	5688568
197.54	4831382	197.97	5260699	198.4	5698862
197.55	4841272	197.98	5270781	198.41	5709160
197.56	4851167	197.99	5280868	198.42	5719464
197.57	4861066	198	5290960	198.43	5729771
197.58	4870969	198.01	5301061	198.44	5740084
198.45	5750403	198.88	6198725	199.31	6656646
198.46	5760726	198.89	6209259	199.32	6667408
198.47	5771053	198.9	6219799	199.33	6678175
198.48	5781386	198.91	6230342	199.34	6688948
198.49	5791724	198.92	6240891	199.35	6699724
198.5	5802067	198.93	6251445	199.36	6710506
198.51	5812414	198.94	6262004	199.37	6721293
198.52	5822766	198.95	6272568	199.38	6732085
198.53	5833123	198.96	6283136	199.39	6742880
198.54	5843486	198.97	6293710	199.4	6753682
198.55	5853853	198.98	6304289	199.41	6764489
198.56	5864225	198.99	6314872	199.42	6775300
198.57	5874601	199	6325460	199.43	6786115
198.58	5884984	199.01	6336070	199.44	6796937
198.59	5895370	199.02	6346685	199.45	6807763
198.6	5905762	199.03	6357304	199.46	6818594
198.61	5916158	199.04	6367929	199.47	6829430
198.62	5926560	199.05	6378558	199.48	6840270
198.63	5936966	199.06	6389192	199.49	6851116
198.64	5947378	199.07	6399831	199.5	6861967
198.65	5957794	199.08	6410476	199.51	6872822
198.66	5968215	199.09	6421125	199.52	6883682
198.67	5978642	199.1	6431779	199.53	6894548
198.68	5989072	199.11	6442437	199.54	6905418
198.69	5999508	199.12	6453101	199.55	6916293
198.7	6009949	199.13	6463770	199.56	6927173
198.71	6020395	199.14	6474444	199.57	6938057
198.72	6030845	199.15	6485122	199.58	6948948
198.73	6041301	199.16	6495805	199.59	6959843
198.74	6051762	199.17	6506494	199.6	6970742
198.75	6062277	199.18	6517187	199.61	6981647

COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)
198.76	6072697	199.19	6527885	199.62	6992556
198.77	6083173	199.2	6538588	199.63	7003471
198.78	6093653	199.21	6549296	199.64	7014390
198.79	6104138	199.22	6560008	199.65	7025314
198.8	6114628	199.23	6570726	199.66	7036243
198.81	6125122	199.24	6581450	199.67	7047178
198.82	6135622	199.25	6592178	199.68	7058116
198.83	6146127	199.26	6602910	199.69	7069060
198.84	6156637	199.27	6613647	199.7	7080009
198.85	6167152	199.28	6624390	199.71	7090963
198.86	6177671	199.29	6635137	199.72	7101921
198.87	6188195	199.3	6645890	199.73	7112885
199.74	7123854	200.17	7600084	200.6	8084908
199.75	7134827	200.18	7611262	200.61	8096284
199.76	7145805	200.19	7622445	200.62	8107665
199.77	7156789	200.2	7633632	200.63	8119051
199.78	7167776	200.21	7644824	200.64	8130441
199.79	7178770	200.22	7656020	200.65	8141836
199.8	7189760	200.23	7667222	200.66	8153235
199.81	7200771	200.24	7678427	200.67	8164639
199.82	7211778	200.25	7689638	200.68	8176048
199.83	7222791	200.26	7700853	200.69	8187461
199.84	7233809	200.27	7712073	200.7	8198879
199.85	7244831	200.28	7723297	200.71	8210302
199.86	7255859	200.29	7734526	200.72	8221729
199.87	7266892	200.3	7745759	200.73	8233161
199.88	7277929	200.31	7756998	200.74	8244597
199.89	7288971	200.32	7768240	200.75	8256038
199.9	7300018	200.33	7779487	200.76	8267483
199.91	7311071	200.34	7790739	200.77	8278934
199.92	7322127	200.35	7801996	200.78	8290388
199.93	7333189	200.36	7813257	200.79	8301848
199.94	7344256	200.37	7824523	200.8	8313312
199.95	7355328	200.38	7835793	200.81	8324781
199.96	7366404	200.39	7847068	200.82	8336254
199.97	7377486	200.4	7858348	200.83	8347732
199.98	7388572	200.41	7869632	200.84	8359214
199.99	7399663	200.42	7880920	200.85	8370701
200	7410760	200.43	7892214	200.86	8382192
200.01	7421860	200.44	7903512	200.87	8393689
200.02	7432964	200.45	7914815	200.88	8405190
200.03	7444074	200.46	7926122	200.89	8416695

COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)
200.04	7455187	200.47	7937434	200.9	8428205
200.05	7466305	200.48	7948750	200.91	8439720
200.06	7477428	200.49	7960072	200.92	8451239
200.07	7488556	200.5	7971397	200.93	8462763
200.08	7499687	200.51	7982728	200.94	8474291
200.09	7510824	200.52	7994063	200.95	8485825
200.1	7521965	200.53	8005402	200.96	8497363
200.11	7533112	200.54	8016746	200.97	8508905
200.12	7544262	200.55	8028095	200.98	8520452
200.13	7555417	200.56	8039448	200.99	8532004
200.14	7566576	200.57	8050806	201	8543560
200.15	7577741	200.58	8062168	201.01	8555106
200.16	7588910	200.59	8073536	201.02	8566658
201.03	8578215	201.89	9589289	201.46	9079484
201.04	8589775	201.9	9601236	201.47	9091243
201.05	8601340	201.91	9613197	201.48	9103006
201.06	8612910	201.92	9625163	201.49	9114775
201.07	8624484	201.93	9637134	201.5	9126547
201.08	8636063	201.94	9649110	201.51	9138325
201.09	8647647	201.95	9661090	201.52	9150106
201.1	8659236	201.96	9673075	201.53	9161893
201.11	8670828	201.97	9685064	201.54	9173684
201.12	8682426	201.98	9697059	201.55	9185480
201.13	8694028	201.99	9709057	201.56	9197281
201.14	8705635	202	9721060	201.57	9209085
201.15	8717246	202.01	9733069	201.58	9220894
201.16	8728862	202.02	9745083	201.59	9232709
201.17	8740482	202.03	9757101	201.6	9244528
201.18	8752108	202.04	9769124	201.61	9256351
201.19	8763778	202.05	9781152	201.62	9268179
201.2	8775372	202.06	9793186	201.63	9280012
201.21	8787011	202.07	9805223	201.64	9291849
201.22	8798654	202.08	9817266	201.65	9303691
201.23	8810303	202.09	9829314	201.66	9315537
201.24	8821955	202.1	9841367	201.67	9327388
201.25	8833613	202.11	9853424	201.68	9339244
201.26	8845275	202.12	9865486	201.69	9351104
201.27	8856942	202.13	9877553	201.7	9362970
201.28	8868613	202.14	9889625	201.71	9374839
201.29	8880289	202.15	9901703	201.72	9386713
201.3	8891969	202.16	9913784	201.73	9398592
201.31	8903654	202.17	9925871	201.74	9410475

COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)
201.32	8915344	202.18	9937962	201.75	9422363
201.33	8927038	202.19	9950059	201.76	9434256
201.34	8938737	202.2	9962060	201.77	9446153
201.35	8950441	202.21	9974266	201.78	9458055
201.36	8962149	202.22	9986378	201.79	9469961
201.37	8973862	202.23	9998493	201.8	9481872
201.38	8985580	202.24	10010614	201.81	9493787
201.39	8997301	202.25	10022740	201.82	9505708
201.4	9009028	202.26	10034870	201.83	9517632
201.41	9020759	202.27	10047006	201.84	9529562
201.42	9032450	202.28	10059146	201.85	9541496
201.43	9044235	202.29	10071292	201.86	9553435
201.44	9055980	202.3	10083441	201.87	9565378
201.45	9067730	202.31	10095596	201.88	9577326
202.32	10107756	202.75	10635240	203.18	11171614
202.33	10119921	202.76	10647614	203.19	11184196
202.34	10132090	202.77	10659994	203.2	11196783
202.35	10144265	202.78	10672377	203.21	11209375
202.36	10156444	202.79	10684766	203.22	11221973
202.37	10168628	202.8	10697160	203.23	11234577
202.38	10180817	202.81	10709559	203.24	11247185
202.39	10193012	202.82	10721963	203.25	11259798
202.4	10205210	202.83	10734371	203.26	11272417
202.41	10217414	202.84	10746784	203.27	11285042
202.42	10229622	202.85	10759202	203.28	11297671
202.43	10241836	202.86	10771626	203.29	11310306
202.44	10254054	202.87	10784053	203.3	11322946
202.45	10266278	202.88	10796486	203.31	11335592
202.46	10278505	202.89	10808924	203.32	11348243
202.47	10290738	202.9	10821366	203.33	11360900
202.48	10302976	202.91	10833814	203.34	11373562
202.49	10315219	202.92	10846266	203.35	11386229
202.5	10327466	202.93	10858723	203.36	11398902
202.51	10339719	202.94	10871186	203.37	11411579
202.52	10351976	202.95	10883652	203.38	11424263
202.53	10364238	202.96	10896124	203.39	11436951
202.54	10376505	202.97	10908601	203.4	11449645
202.55	10388777	202.98	10921082	203.41	11462345
202.56	10401054	202.99	10933569	203.42	11475049
202.57	10413336	203	10946060	203.43	11487758
202.58	10425622	203.01	10958545	203.44	11500474
202.59	10437914	203.02	10971036	203.45	11513195

COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)
202.6	10450210	203.03	10983533	203.46	11525921
202.61	10462511	203.04	10996034	203.47	11538652
202.62	10474818	203.05	11008541	203.48	11551388
202.63	10487128	203.06	11021053	203.49	11564131
202.64	10499444	203.07	11033570	203.5	11576877
202.65	10511765	203.08	11046093	203.51	11589630
202.66	10524090	203.09	11058621	203.52	11602388
202.67	10536421	203.1	11071154	203.53	11615152
202.68	10548756	203.11	11083693	203.54	11627921
202.69	10561097	203.12	11096238	203.55	11640695
202.7	10573441	203.13	11108787	203.56	11653474
202.71	10585791	203.14	11121342	203.57	11666258
202.72	10598146	203.15	11133902	203.58	11679049
202.73	10610506	203.16	11146467	203.59	11691844
202.74	10622870	203.17	11159038	203.6	11704645
203.61	11717451	204.04	12273262	204.47	12840091
203.62	11730263	204.05	12286326	204.48	12853396
203.63	11743079	204.06	12299397	204.49	12866708
203.64	11755901	204.07	12312473	204.5	12880024
203.65	11768729	204.08	12325554	204.51	12893345
203.66	11781562	204.09	12338641	204.52	12906673
203.67	11794400	204.1	12351733	204.53	12920006
203.68	11807244	204.11	12364831	204.54	12933345
203.69	11820093	204.12	12377935	204.55	12946689
203.7	11832946	204.13	12391044	204.56	12960040
203.71	11845806	204.14	12404160	204.57	12973396
203.72	11858671	204.15	12417279	204.58	12986756
203.73	11871542	204.16	12430406	204.59	13000123
203.74	11884417	204.17	12443538	204.6	13013496
203.75	11897298	204.18	12456675	204.61	13026874
203.76	11910184	204.19	12469818	204.62	13040257
203.77	11923077	204.2	12482966	204.63	13053646
203.78	11935973	204.21	12496120	204.64	13067041
203.79	11948876	204.22	12509280	204.65	13080441
203.8	11961783	204.23	12522446	204.66	13093847
203.81	11974696	204.24	12535616	204.67	13107259
203.82	11987614	204.25	12548792	204.68	13120676
203.83	12000538	204.26	12561974	204.69	13134098
203.84	12013468	204.27	12575163	204.7	13147527
203.85	12026402	204.28	12588356	204.71	13160960
203.86	12039342	204.29	12601554	204.72	13174400
203.87	12052287	204.3	12614759	204.73	13187846

COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)
203.88	12065238	204.31	12627969	204.74	13201296
203.89	12078194	204.32	12641185	204.75	13214753
203.9	12091154	204.33	12654406	204.76	13228214
203.91	12104121	204.34	12667633	204.77	13241682
203.92	12117093	204.35	12680865	204.78	13255156
203.93	12130070	204.36	12694104	204.79	13268634
203.94	12143053	204.37	12707347	204.8	13282118
203.95	12156041	204.38	12720596	204.81	13295608
203.96	12169034	204.39	12733851	204.82	13309104
203.97	12182033	204.4	12747111	204.83	13322605
203.98	12195036	204.41	12760377	204.84	13336111
203.99	12208046	204.42	12773649	204.85	13349623
204	12221060	204.43	12786926	204.86	13363142
204.01	12234102	204.44	12800209	204.87	13376665
204.02	12247150	204.45	12813497	204.88	13390195
204.03	12260203	204.46	12826792	204.89	13403729
204.9	13417269	205.33	14004696	205.76	14602126
204.91	13430815	205.34	14018476	205.77	14616139
204.92	13444366	205.35	14032261	205.78	14630156
204.93	13457924	205.36	14046053	205.79	14644180
204.94	13471486	205.37	14059849	205.8	14658208
204.95	13485055	205.38	14073651	205.81	14672243
204.96	13498628	205.39	14087458	205.82	14686283
204.97	13512208	205.4	14101272	205.83	14700327
204.98	13525793	205.41	14115089	205.84	14714378
204.99	13539384	205.42	14128912	205.85	14728433
205	13552980	205.43	14142741	205.86	14742495
205.01	13566582	205.44	14156576	205.87	14756561
205.02	13580190	205.45	14170416	205.88	14770634
205.03	13593802	205.46	14184260	205.89	14784711
205.04	13607420	205.47	14198111	205.9	14798794
205.05	13621043	205.48	14211967	205.91	14812882
205.06	13634672	205.49	14225828	205.92	14826976
205.07	13648307	205.5	14239694	205.93	14841075
205.08	13661946	205.51	14253567	205.94	14855179
205.09	13675592	205.52	14267444	205.95	14869290
205.1	13689242	205.53	14281327	205.96	14883404
205.11	13702898	205.54	14295215	205.97	14897526
205.12	13716559	205.55	14309109	205.98	14911651
205.13	13730226	205.56	14323008	205.99	14925783
205.14	13743898	205.57	14336913	206	14939920
205.15	13757575	205.58	14350823	206.01	14954027

COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)
205.16	13771259	205.59	14364739	206.02	14968141
205.17	13784947	205.6	14378659	206.03	14982261
205.18	13798641	205.61	14392585	206.04	14996387
205.19	13812341	205.62	14406516	206.05	15010518
205.2	13826044	205.63	14420454	206.06	15024655
205.21	13839754	205.64	14434396	206.07	15038798
205.22	13853470	205.65	14448344	206.08	15052948
205.23	13867191	205.66	14462297	206.09	15067102
205.24	13880917	205.67	14476255	206.1	15081263
205.25	13894649	205.68	14490219	206.11	15095430
205.26	13908385	205.69	14504189	206.12	15109603
205.27	13922128	205.7	14518164	206.13	15123781
205.28	13935876	205.71	14532144	206.14	15137966
205.29	13949629	205.72	14546129	206.15	15152156
205.3	13963388	205.73	14560120	206.16	15166353
205.31	13977152	205.74	14574117	206.17	15180556
205.32	13990921	205.75	14588119	206.18	15194763
206.19	15208977	206.62	15825766	207.05	16453418
206.2	15223197	206.63	15840240	207.06	16468140
206.21	15237423	206.64	15854719	207.07	16482869
206.22	15251655	206.65	15869205	207.08	16497606
206.23	15265892	206.66	15883697	207.09	16512350
206.24	15280136	206.67	15898194	207.1	16527101
206.25	15294386	206.68	15912697	207.11	16541860
206.26	15308641	206.69	15927206	207.12	16556626
206.27	15322902	206.7	15941722	207.13	16571399
206.28	15337169	206.71	15956242	207.14	16586180
206.29	15351442	206.72	15970770	207.15	16600968
206.3	15365722	206.73	15985302	207.16	16615764
206.31	15380006	206.74	15999841	207.17	16630567
206.32	15394297	206.75	16014385	207.18	16645377
206.33	15408594	206.76	16028936	207.19	16660195
206.34	15422897	206.77	16043493	207.2	16675020
206.35	15437205	206.78	16058055	207.21	16689852
206.36	15451520	206.79	16072623	207.22	16704692
206.37	15465840	206.8	16087198	207.23	16719539
206.38	15480166	206.81	16101777	207.24	16734394
206.39	15494498	206.82	16116363	207.25	16749256
206.4	15508837	206.83	16130955	207.26	16764125
206.41	15523180	206.84	16145553	207.27	16779002
206.42	15537530	206.85	16160156	207.28	16793886
206.43	15551886	206.86	16174766	207.29	16808777

COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)
206.44	15566247	206.87	16189382	207.3	16823676
206.45	15580615	206.88	16204003	207.31	16838582
206.46	15594988	206.89	16218630	207.32	16853496
206.47	15609367	206.9	16233263	207.33	16868417
206.48	15623753	206.91	16247902	207.34	16883345
206.49	15638144	206.92	16262548	207.35	16898281
206.5	15652541	206.93	16277198	207.36	16913224
206.51	15666944	206.94	16291855	207.37	16928175
206.52	15681353	206.95	16306518	207.38	16943132
206.53	15695768	206.96	16321186	207.39	16958098
206.54	15710182	206.97	16335861	207.4	16973070
206.55	15724615	206.98	16350542	207.41	16988050
206.56	15739047	206.99	16365228	207.42	17003037
206.57	15753485	207	16379920	207.43	17018032
206.58	15767930	207.01	16394605	207.44	17033034
206.59	15782380	207.02	16409297	207.45	17048043
206.6	15796836	207.03	16423997	207.46	17063060
206.61	15811298	207.04	16438704	207.47	17078084
207.48	17093116	207.91	17746450	208.34	18411229
207.49	17108155	207.92	17761806	208.35	18426918
207.5	17123201	207.93	17777169	208.36	18442319
207.51	17138255	207.94	17792540	208.37	18458333
207.52	17153316	207.95	17807918	208.38	18474059
207.53	17168385	207.96	17823304	208.39	18489795
207.54	17183460	207.97	17838697	208.4	18505544
207.55	17198543	207.98	17854097	208.41	18521805
207.56	17213634	207.99	17869505	208.42	18537079
207.57	17228732	208	17884920	208.43	18552863
207.58	17243837	208.01	17900202	208.44	18568660
207.59	17258950	208.02	17915496	208.45	18584470
207.6	17274070	208.03	17930802	208.46	18600291
207.61	17289198	208.04	17946120	208.47	18616124
207.62	17304332	208.05	17961450	208.48	18631969
207.63	17319474	208.06	17976792	208.49	18647826
207.64	17334624	208.07	17992145	208.5	18663696
207.65	17349781	208.08	18007512	208.51	18679576
207.66	17364945	208.09	18022889	208.52	18695469
207.67	17380117	208.1	18038280	208.53	18711374
207.68	17395296	208.11	18053681	208.54	18727291
207.69	17410483	208.12	18069094	208.55	18743220
207.7	17425676	208.13	18084520	208.56	18759161
207.71	17440878	208.14	18099958	208.57	18775113

COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)
207.72	17456086	208.15	18115408	208.58	18791078
207.73	17471302	208.16	18130870	208.59	18807055
207.74	17486525	208.17	18146343	208.6	18823044
207.75	17501706	208.18	18161829	208.61	18839045
207.76	17516994	208.19	18177326	208.62	18855058
207.77	17532239	208.2	18192836	208.63	18871083
207.78	17547492	208.21	18208358	208.64	18887119
207.79	17562752	208.22	18223891	208.65	18903168
207.8	17578020	208.23	18239437	208.66	18919228
207.81	17593295	208.24	18254994	208.67	18935301
207.82	17608577	208.25	18270564	208.68	18951386
207.83	17623867	208.26	18286146	208.69	18967482
207.84	17639164	208.27	18301739	208.7	18983591
207.85	17654468	208.28	18317344	208.71	18999712
207.86	17669780	208.29	18332962	208.72	19015844
207.87	17685099	208.3	18348591	208.73	19031989
207.88	17700426	208.31	18364232	208.74	19048145
207.89	17715760	208.32	18379886	208.75	19064314
207.9	17731101	208.33	18395550	208.76	19080494
208.77	19096687	209.2	19807756	209.63	20551728
208.78	19112892	209.21	19824701	209.64	20569403
208.79	19129108	209.22	19841663	209.65	20587095
208.8	19145336	209.23	19858643	209.66	20604804
208.81	19161576	209.24	19875638	209.67	20622531
208.82	19177829	209.25	19892652	209.68	20640274
208.83	19194093	209.26	19909681	209.69	20658034
208.84	19210370	209.27	19926729	209.7	20675811
208.85	19226658	209.28	19943792	209.71	20693605
208.86	19242958	209.29	19960873	209.72	20711416
208.87	19259270	209.3	19977971	209.73	20729244
208.88	19275594	209.31	19995086	209.74	20747089
208.89	19291931	209.32	20012218	209.75	20764951
208.9	19308279	209.33	20029367	209.76	20782830
208.91	19324640	209.34	20046532	209.77	20800726
208.92	19341011	209.35	20063716	209.78	20818639
208.93	19357396	209.36	20080915	209.79	20836569
208.94	19373592	209.37	20098132	209.8	20854516
208.95	19390200	209.38	20115266	209.81	20872480
208.96	19406620	209.39	20132616	209.82	20890461
208.97	19423052	209.4	20149884	209.83	20908459
208.98	19439496	209.41	20167169	209.84	20926474
208.99	19455952	209.42	20184470	209.85	20944505

COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)
209	19472420	209.43	20201789	209.86	20962554
209.01	19489025	209.44	20219125	209.87	20980620
209.02	19505648	209.45	20236477	209.88	20998703
209.03	19522287	209.46	20253847	209.89	21016802
209.04	19538943	209.47	20271233	209.9	21034918
209.05	19555618	209.48	20288637	209.91	21053053
209.06	19572307	209.49	20306057	209.92	21071203
209.07	19589015	209.5	20323495	209.93	21089371
209.08	19605740	209.51	20340949	209.94	21107556
209.09	19622481	209.52	20358421	209.95	21125757
209.1	19639239	209.53	20375909	209.96	21143976
209.11	19656015	209.54	20393415	209.97	21162211
209.12	19672806	209.55	20410938	209.98	21180464
209.13	19689616	209.56	20428476	209.99	21198733
209.14	19706442	209.57	20446033	210	21217020
209.15	19723285	209.58	20463606	210.01	21235560
209.16	19740146	209.59	20481197	210.02	21254114
209.17	19757023	209.6	20498804	210.03	21272684
209.18	19773917	209.61	20516429	210.04	21291268
209.19	19790828	209.62	20534069	210.05	21309867
210.06	21328481	210.49	22142844	210.92	22984516
210.07	21347109	210.5	22162107	210.93	23004415
210.08	21365752	210.51	22181386	210.94	23024328
210.09	21384411	210.52	22200679	210.95	23044257
210.1	21403083	210.53	22219987	210.96	23064200
210.11	21421771	210.54	22239310	210.97	23084158
210.12	21440474	210.55	22258648	210.98	23104130
210.13	21459191	210.56	22277999	210.99	23124118
210.14	21477922	210.57	22297366	211	23144120
210.15	21496669	210.58	22316748	211.01	23164067
210.16	21515431	210.59	22335995	211.02	23184024
210.17	21534207	210.6	22355556	211.03	23203989
210.18	21552998	210.61	22374982	211.04	23223964
210.19	21571803	210.62	22394422	211.05	23243948
210.2	21590624	210.63	22413879	211.06	23263941
210.21	21609459	210.64	22433349	211.07	23283943
210.22	21628309	210.65	22452834	211.08	23303954
210.23	21647175	210.66	22472334	211.09	23323975
210.24	21666054	210.67	22491849	211.1	23344005
210.25	21684948	210.68	22511378	211.11	23364044
210.26	21703857	210.69	22530922	211.12	23384091
210.27	21722781	210.7	22550481	211.13	23404149

COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)
210.28	21741720	210.71	22570056	211.14	23424214
210.29	21760673	210.72	22589644	211.15	23444290
210.3	21779641	210.73	22609248	211.16	23464374
210.31	21798625	210.74	22628865	211.17	23484468
210.32	21817622	210.75	22648498	211.18	23504571
210.33	21836635	210.76	22668145	211.19	23524682
210.34	21855662	210.77	22687808	211.2	23544804
210.35	21874704	210.78	22707485	211.21	23564934
210.36	21893761	210.79	22727178	211.22	23585073
210.37	21912833	210.8	22746884	211.23	23605222
210.38	21931919	210.81	22766605	211.24	23625380
210.39	21951020	210.82	22786342	211.25	23645547
210.4	21970136	210.83	22806093	211.26	23665722
210.41	21989267	210.84	22825850	211.27	23685908
210.42	22008412	210.85	22845639	211.28	23706102
210.43	22027573	210.86	22865434	211.29	23726305
210.44	22045748	210.87	22885244	211.3	23746518
210.45	22065937	210.88	22905069	211.31	23766739
210.46	22085141	210.89	22924909	211.32	23786970
210.47	22104361	210.9	22944763	211.33	23807210
210.48	22123595	210.91	22964633	211.34	23827459
211.35	23847718	211.78	24727473		
211.36	23867985	211.79	24748134		
211.37	23888262	211.8	24768804		
211.38	23908547	211.81	24789483		
211.39	23928842	211.82	24810171		
211.4	23949146	211.83	24830868		
211.41	23969459	211.84	24851574		
211.42	23989781	211.85	24872290		
211.43	24010113	211.86	24893014		
211.44	24030453	211.87	24913749		
211.45	24050803	211.88	24934491		
211.46	24071162	211.89	24955244		
211.47	24091530	211.9	24976005		
211.48	24111907	211.91	24996775		
211.49	24132293	211.92	25017554		
211.5	24152689	211.93	25038343		
211.51	24173093	211.94	25059141		
211.52	24193507	211.95	25079948		
211.53	24213930	211.96	25100764		
211.54	24234362	211.97	25121589		
211.55	24254803	211.98	25142424		

COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)	COTA (m.s.n.m.)	Volumen de embalse útil (m ³)
211.56	24275253	211.99	25163267		
211.57	24295713	212	25184120		
211.58	24316181				
211.59	24336659				
211.6	24357146				
211.61	24377642				
211.62	24398147				
211.63	24418662				
211.64	24439185				
211.65	24459718				
211.66	24480259				
211.67	24500810				
211.68	24521370				
211.69	24541939				
211.7	24562518				
211.71	24583105				
211.72	24603702				
211.73	24624308				
211.74	24644922				
211.75	24665547				
211.76	24686180				
211.77	24706822				

