

# LA HIDROELECTRICIDAD EN EL MARCO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

**Clemente Prieto**

Medio Ambiente Hidráulico. IBERDROLA  
Avenida de San Adrián, 48. 48003 Bilbao  
clemente.prieto@iberdrola.es

**Resumen:** En la generación de energía eléctrica, entre las distintas tecnologías energéticas renovables pueden apreciarse diversas características diferenciales. La principal de ellas es la capacidad de regulación, que va desde un mínimo prácticamente nulo en el caso de las energías de origen eólico, solar y marino, hasta el máximo prácticamente total de la de origen hidráulico. También tiene importancia el grado en que son predecibles, relacionado en cierta forma con la capacidad de regulación; estas dos características configuran algo de tanta importancia práctica como es la gestionabilidad de los distintos tipos de energías renovables.

En este artículo se exponen algunos aspectos relativos a la energía hidroeléctrica, destacando su papel en el conjunto de las energías renovables en el Sistema Eléctrico Español, así como su posible proyección a futuro, y citando algunas acciones concretas de desarrollo del parque hidroeléctrico, llevadas a cabo por Iberdrola en España.

## INTRODUCCIÓN

Se entiende por "energía eléctrica de origen renovable" aquella que procede de recursos que son continuamente renovados de forma natural. En la actualidad, las energías renovables utilizadas a nivel mundial son, sin entrar en mayor detalle, la hidroeléctrica, la eólica, la solar, de biomasa, de residuos, marina y geotérmica.

Con los necesarios matices, puede afirmarse que casi todas ellas han sido utilizadas por el ser humano desde tiempo inmemorial, si bien su aprovechamiento más o menos masivo y ordenado se viene desarrollando desde hace poco más de 100 años.

## LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ESPAÑA Y SU IMPACTO AMBIENTAL

Respecto al total de energía eléctrica, la de origen hidroeléctrico llegó a suponer en España, en la primera mitad del siglo XX, porcentajes próximos al 100 %, tanto en potencia instalada como en energía producida. Posteriormente, con la progresiva implantación de otras tecnologías, como las térmicas de carbón y fuel, la energía nuclear y, más recientemente, los ciclos combinados y las nuevas energías renovables, la aportación anual de la hidroelectricidad oscila entre el 7 y el 20 % del total producido, dependiendo de la hidraulicidad de cada año. Un importante

avance en el papel de la energía hidroeléctrica tuvo lugar hacia los años sesenta del siglo pasado, con la incorporación de las centrales reversibles, equipadas con turbinas-bomba situadas entre un almacenamiento de agua superior y otro inferior, y con la capacidad de producir o consumir energía, según las circunstancias.

En cuanto a su significación relativa, con relación a las energías renovables, la energía hidroeléctrica representa el 42 % de la potencia instalada (a 2008) y, en media, el 36 % de la producción renovable anual. A nivel mundial, la energía hidroeléctrica representa del orden del 15 % de la potencia renovable instalada. La potencia de bombeo instalada actualmente en España en centrales de bombeo puro es de 2.747 MW y la energía utilizada en bombeo, durante el año 2009, fue de 3.736 GWh.<sup>1</sup>

Un aspecto interesante es el basado en la estimación numérica del impacto ambiental de los diversos tipos de energía. Esta estimación se basa en una metodología de cálculo, conocida como "Análisis del Ciclo de Vida" (ACV). Se trata de un método reconocido internacionalmente, regulado por la Norma ISO 14.040, mediante el cual se identifican los impactos ambientales de un producto o proceso a lo largo de todas sus fases. En el caso de las tecnologías de producción de energía, el producto a analizar mediante el ACV sería el Kwh.

<sup>1</sup>Fuente: Red Eléctrica de España. "Informe del sistema eléctrico 2009".

Esta labor fue llevada a cabo por el IDAE en 1999,<sup>2</sup> analizando 12 impactos ambientales diferentes: calentamiento global, capa de ozono, lluvia ácida, contaminación de aguas, metales pesados, sustancias cancerígenas, nieblas de invierno, nieblas de verano, residuos industriales, radioactividad, residuos radioactivos y consumo de recursos energéticos. Todo ello, referido a las fases de obtención, tratamiento y transporte del combustible, y construcción y explotación de la central.

Analizando la aportación de las distintas fases de la vida de cada tecnología eléctrica a cada uno de los 12 impactos considerados, se van asignando los denominados "ecopuntos", de forma que cuanto menor sea el impacto en cuestión, menos serán los ecopuntos asignados.

Los ecopuntos obtenidos en el estudio fueron los siguientes:

| Tecnología   | Ecopuntos |
|--------------|-----------|
| Lignito      | 1.735     |
| Petróleo     | 1.398     |
| Carbón       | 1.356     |
| Nuclear      | 672       |
| Fotovoltaica | 461       |
| Gas          | 267       |
| Eólica       | 65        |
| Hidráulica   | 5         |

**Tabla 1.** Ecopuntos relativos a las diferentes tecnologías de producción de energía eléctrica (IDAE. *Ibíd.*)

En la relación anterior faltan algunas energía renovables, quizá debido a que en la época del estudio no eran tomadas en consideración en nuestro esquema energético. Es el caso de la termosolar, geotérmica, de biomasa, residuos, oleaje y mareomotriz, aún hoy día poco implantadas en nuestro país.

## LA IMPORTANCIA DE LA ENERGÍA HIDROELÉCTRICA EN EL MARCO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Como ya se ha dicho, el peso relativo de la hidroelectricidad en España, respecto al conjunto de medios de producción de energía eléctrica, ha ido decreciendo a lo largo del tiempo, en la medida en que se han desarrollado nuevas tecnologías, más o menos masivas (casos de la nuclear

y las térmicas) o de interés medioambiental (caso de otras renovables).

No obstante, esta disminución progresiva es exclusivamente cuantitativa, ya que desde el punto de vista cualitativo la energía de origen hidráulico ha ido incrementando su importancia, tanto en el aspecto medioambiental como en los económicos y técnicos, en relación con el coste, garantía y estabilidad del Sistema Eléctrico Nacional.

En cuanto a los aspectos medioambientales, se ha visto anteriormente que la energía hidroeléctrica es, con mucha diferencia, la de menor impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida total. Además, durante su fase productiva, cada kWh producido en una central hidroeléctrica evita, frente a una central convencional de carbón, la emisión media a la atmósfera de 1 kg de CO<sub>2</sub>, 7 g de SO<sub>2</sub> y 3 g de NO<sub>x</sub>. En un año de hidraulicidad media, esto supone unas emisiones evitadas de 31.819 millones de kg de CO<sub>2</sub>, 223 millones de kg de SO<sub>2</sub> y 95 millones de kg de NO<sub>x</sub>.<sup>3</sup>

Desde el punto de vista de la dependencia energética exterior, la energía hidroeléctrica permite reducir nuestras importaciones de petróleo en 220 g por cada kWh producido, lo cual representa unos 7 millones de toneladas equivalentes (tep), en un año de hidraulicidad media.<sup>4</sup>

Finalmente, desde el punto de vista técnico, la energía hidroeléctrica es la responsable del mantenimiento de la frecuencia y la tensión en la red, así como del seguimiento de la curva de carga de forma instantánea, en caso de variaciones rápidas, tanto de la demanda como de la producción de energía. En este sentido, es de especial interés destacar el papel, hoy por hoy insustituible en España, de la energía hidroeléctrica en el caso concreto de variaciones rápidas de la producción.

Hasta la incorporación masiva de las nuevas energías renovables, especialmente la eólica y la solar, las únicas variaciones rápidas de la producción, con un carácter que podríamos llamar accidental, consistían en el fallo súbito de alguna gran unidad de producción, como puede ser un grupo nuclear o térmico. Es decir, se trataba siempre de variaciones a la baja, que obligaban al arranque rápido de diversos grupos hidroeléctricos.

A raíz de la incorporación al sistema de las

<sup>2</sup>IDAE. "Impactos Ambientales de la Producción Eléctrica: Análisis de ciclo de vida de ocho tecnologías de generación eléctrica". Madrid, 1999.

<sup>3</sup>Fuente: UNESA. "La Electricidad en España. 313 preguntas y respuestas". Madrid, 2003.

<sup>4</sup>Fuente: UNESA. *Ibíd.*

citadas energías renovables no garantizadas (solar, el 3,7 % y eólica, el 19,1 %, respectivamente, de la potencia total instalada a 31/12/09),<sup>5</sup> además del posible cero de dichas energías, debido a la falta de viento o de sol, han aparecido nuevas situaciones de desajuste de la producción, consistentes en que ésta supera a la demanda.

Esta circunstancia se dio, por ejemplo, el 2 de Noviembre de 2008, día en el que la demanda eléctrica era baja por tratarse de un domingo con temperaturas relativamente templadas. A lo largo de ese día la producción de origen eólico fue aumentando progresivamente (hasta unos 7.500 MWh; del orden de 3.200 MWh más que lo previsto para esa hora -las 7:30-), a medida que la demanda bajaba, lo que obligó al Operador del Sistema a ir desconectando potencia térmica, hasta un total de 2.000 MW, a parar la totalidad del parque hidráulico, y acto seguido activar una potencia neta de bombeo de 2.432 MW, para absorber el excedente que se seguía produciendo. Una situación similar, de exceso de producción de energía eólica, se ha dado más recientemente, el 9 de Abril de 2009. En este último caso, la hidráulica contribuyó de forma menos destacada a absorber el exceso de producción, ya que las circunstancias permitieron incrementar debidamente el saldo exportador de intercambios internacionales. Situaciones similares se han dado con cierta frecuencia en meses posteriores.

En conclusión, puede afirmarse que la energía hidroeléctrica juega hoy en día un papel insustituible en el Sistema Eléctrico Nacional de nuestro País, desde el punto de vista medioambiental, siendo la tecnología cuyo ciclo de vida tiene un menor impacto; desde el económico, reduciendo la importación de combustibles; y desde el técnico, garantizando la cobertura de la demanda en calidad y cantidad en toda circunstancia y corrigiendo las desviaciones, por exceso o por defecto, introducidas por otras tecnologías, y en especial por las renovables no gestionables.

Además, en la medida en que las energías renovables no gestionables vayan incrementándose (cosa que con seguridad ocurrirá, ya que es la línea estratégica marcada a nivel internacional y asumida por España) irá siendo más necesario disponer de la suficiente potencia hidroeléctrica, tanto de producción como de bombeo, para compensar con la necesaria rapidez y precisión los déficits y excedentes de producción que se

originarán cada vez con mayor frecuencia e intensidad.

## PERSPECTIVAS DE FUTURO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

En el ámbito europeo, el objetivo planteado por la Unión Europea es conseguir que el año 2020 el 20 % de la energía total (no solo la eléctrica) consumida proceda de fuentes renovables, incluida la hidráulica, lo que forma parte del coloquialmente conocido como "objetivo 20/20/20", en el que se incluye también la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en un 20 % respecto a los niveles de 1990, y la mejora de la eficiencia energética en un 20 %.

En España, por parte de la administración se ha sometido recientemente a observaciones el llamado "Borrador de Plan Nacional de Energías Renovables 2010-2020", para cumplir posteriormente con la obligación de remitir el Plan a la Comisión Europea. En dicho documento, entre otras cosas, se fija el objetivo de lograr en 2020 que el 22,7 % de la energía final consumida sea de origen renovable, incluida la hidráulica, lo cual está por encima del objetivo fijado por la Unión Europea. En números redondos, esta contribución de las energías renovables al consumo final supone que entre un 40 y un 45 % de la energía eléctrica deberá ser de origen renovable, lo que a su vez implica incrementar la producción renovable en un 78,5 % entre 2010 y 2020.<sup>6</sup>

De acuerdo con el borrador sometido a consulta, el incremento de producción, por tecnología, en el periodo 2010-2020 sería el siguiente:

| Tecnología     | Incremento 2010-2020 (%) |
|----------------|--------------------------|
| Solar          | 292,4                    |
| Eólica         | 100,0                    |
| Hidroeléctrica | 1,9(*)                   |
| Resto          | 133,3                    |

(\*): El bombeo no tiene la consideración de "renovable", por lo que en esta cifra está excluida la producción procedente del bombeo.

**Tabla 2.** Incremento de producción de energía de origen renovable según tecnología. Período 2010-2020 (Fuente: MITyC. *Ibíd.*)

Por su parte, UNESA ha estimado el potencial desarrollo de las energías renovables en España,<sup>7</sup> cuantificando los límites técnicos teóricos de las principales tecnologías, algunos de cuyos datos se recogen en el cuadro siguiente, donde, como referencia, se incluye la producción en 2008:<sup>8</sup>

<sup>5</sup>Fuente: Red Eléctrica de España. *Ibíd.*

<sup>6</sup>Fuente: MITyC. "Plan de Acción Nacional de Energías Renovables 2010-2020".

<sup>7</sup>Fuente: UNESA. "Potencial de las energías renovables. Estimación del potencial técnico-económico de las energías renovables en España". Madrid, Noviembre de 2008.

<sup>8</sup>En 2008 había contabilizadas en España del orden de 50.000 instalaciones de producción de energía solar fotovoltaica.

| Tecnología       | Límite técnico<br>(GWh/año) | Producción 2008<br>(GWh) |
|------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Eólica terrestre | 1.111.000                   | 30.940                   |
| Solar            | 21.413.000                  | 2.459                    |
| Hidráulica       | 89.200                      | 25.658                   |

**Tabla 3.** Potencial de desarrollo de la producción de energía de origen renovable

Evidentemente, estas cifras resultan espectaculares, pero es preciso tener en cuenta que su puesta en práctica pasaría por su sometimiento a consideraciones de carácter social y económico que las reducirían drásticamente. Así, por ejemplo, la superficie ocupada para la implantación de los aerogeneradores necesarios para alcanzar el límite técnico indicado supondría el 52,39 % del total peninsular, y en el caso de la solar, la superficie equivaldría al 56,60 %, cifras que resultan a todas luces inviables. Como cantidades orientativas, sin ninguna pretensión de rigor, podría hablarse, en el caso de las tecnologías solar y eólica, de un 15 a un 25 % de las cifras señaladas. Es distinto el caso de la hidráulica, en el que la cifra de potencial obtenida solo sería limitada por cuestiones de aceptación pública, siendo por lo demás factible el límite técnico señalado.

En cualquier caso, la viabilidad económica de esas proyecciones presenta una incertidumbre muy elevada, en el complicado escenario económico internacional de hoy en día. Las cifras indicadas sirven para poner de manifiesto que, desde un punto de vista estrictamente técnico, existe un gran potencial de incremento de las energías renovables en España, incluida por supuesto la hidráulica.

#### **ACTUACIONES DE IBERDROLA, DE DESARROLLO DE LA ENERGÍA HIDROELÉCTRICA**

IBERDROLA tiene previsto incrementar de forma notable su parque hidroeléctrico. A corto plazo —hasta 2016— está prevista la puesta en servicio del orden de 2.200 MW en turbinación (con nuevos aprovechamientos en el Sil, Júcar y Duero portugués), y más de 1.400 MW en bombeo (en el Júcar y el Duero portugués), con una inversión total de unos 2.200 M€.

De este ambicioso programa de inversiones, es de destacar, dentro del territorio nacional, la ampliación del aprovechamiento reversible Cortes-La Muela, en el río Júcar, Figura 1.

El aprovechamiento hidroeléctrico de Cortes-La Muela fue construido en los años ochenta, en el río Júcar a su paso por Cortes de Pallás

(Valencia). Su ubicación es excelente, ya que, por una parte, se sitúa en las proximidades de la central nuclear de Cofrentes (de la cual, con mínimas pérdidas por transporte, puede aprovechar los excedentes nocturnos para bombear) y por otra se encuentra cercano a un gran centro de consumo, Valencia, situada a unos 50 km en línea recta.

El actual aprovechamiento de Cortes-La Muela está compuesto por el salto de Cortes II y el bombeo de La Muela I. El salto de Cortes II está constituido por la presa de Cortes y una central de pie de presa dotada de dos grupos convencionales, con una potencia total instalada de 240 MW. Aguas abajo se encuentra la presa de El Naranjero, que permite deshacer la modulación introducida por los turbinados de Cortes II y restituir el Júcar a su régimen anterior a la entrada en el embalse de Cortes.

Por su parte, la central de La Muela I es una instalación, formada por un depósito superior artificial, de 23 hm<sup>3</sup> de capacidad, además del embalse de Cortes, que actúa como depósito inferior, y la central subterránea de La Muela I, dotada de tres grupos turbina-bomba de 210 MW cada uno, capaces de consumir o producir energía, lo que dota a la instalación de una extraordinaria flexibilidad y capacidad de acción en diferentes circunstancias del Sistema Eléctrico.

Es de destacar que en su día, durante el diseño de las actuales instalaciones, ya se tuvo en cuenta la futura ampliación de potencia, de forma que se dimensionó el depósito superior para ello y se dejaron construidas las tomas/desagües adicionales en dicho depósito, así como en el embalse de Cortes. Asimismo, se dimensionó el parque de intemperie de forma que pudiera ser ampliado en el futuro.

En el año 2006, después de 20 años de explotación del complejo de Cortes-La Muela, a entera satisfacción, y a la vista de las perspectivas a corto y medio plazo, Iberdrola inició la ampliación prevista en su día. La nueva central de La Muela II constará de 4 grupos turbina-bomba, que aportarán una nueva potencia de 840 MW en turbinación y 720 MW en bombeo, con una producción anual prevista de unos 1.180 GWh.



**Figura 1.** Aprovechamiento reversible de Cortés-La Muela

Una vez finalizadas las obras y el montaje, se dispondrá de una central reversible formada por siete grupos, con una potencia total de 1.470 MW en turbinación y 1.260 MW en bombeo, cifras que la harán ser la mayor instalación reversible de Europa continental. Estos valores tan elevados, la disponibilidad de agua y la rapidez y flexibilidad de que dispondrá esta nueva instalación, son características que contribuirán de forma muy notable a facilitar el cumplimiento de los objetivos energéticos y medioambientales a corto y medio plazo, siendo especialmente aptos para intervenir eficazmente en circunstancias en las que las renovables no gestionables dan lu-

gar a déficits o excedentes de producción en el sistema.

---

## REFERENCIAS

---

- Red Eléctrica de España (2010). Informe del Sistema Eléctrico 2009. Madrid.
- IDAE (1999). Impactos Ambientales de la Producción Eléctrica: Análisis de Ciclo de Vida de ocho tecnologías de generación eléctrica. Madrid.
- UNESA (2003). La electricidad en España. 313 preguntas y respuestas. Madrid.

MITyC (2010). Plan de Acción Nacional de Energías Renovables 2010-2020. Madrid.  
UNESA (2008). Potencial de las energías reno-

vables. Estimación del potencial técnico-económico de las energías renovables en España. Madrid.