

Algunas reflexiones sobre el desarrollo de las Centrales Hidroeléctricas en el Perú

Enrique Moncada Alcántara*

SUMILLA

La política energética del Perú en busca de un desarrollo sostenible del sector eléctrico empleando recursos renovables hace necesario reflexionar sobre el importante rol de las Centrales Hidroeléctricas en la generación de energía. El autor detalla los tipos de centrales que operan en nuestro país, asimismo, analiza las relaciones del sector eléctrico y del sector agua (ANA) y por último, en atención al cambio climático, precisa la importancia de proteger el caudal ecológico, a fin de asegurar la conservación, preservación y mantenimiento de los ecosistemas.

El cambio climático está empezando a tener efectos en la disponibilidad de recursos naturales como el agua, por lo que resulta necesario anticipar estos cuando un proyecto extractivo o el Estado planifiquen a futuro. En particular, nos importa resaltar que el cambio en los patrones de precipitación y de la temperatura podrá impactar la intensidad o la regularidad de la disponibilidad del agua. Esto para los proyectos extractivos que se sirven del agua tendría efectos en la generación de energía y otros sectores como el agrícola; sin embargo, debemos tener claro que anticipar los impactos del cambio climático es una nueva frontera de análisis. Al respecto, existen pocos ejemplos sobre el análisis de predicción de los impactos del cambio climático respecto de la disponibilidad de recursos o sobre la planificación sobre el uso de recursos compatible con el Desarrollo Sostenible. Como parte de esta planificación a cargo de los Estados, el desarrollo de metodologías que regulen el impacto del clima de manera que se anticipe los impactos en la generación de energía y otros sectores será una actividad importante por definir a futuro y de largo plazo.

La contaminación ambiental que genera el fenómeno del cambio climático ha provocado una preocupación tanto en los Estados, como en el sector privado y los organismos internacionales, a tal nivel de que en los últimos cuarenta años los primeros han recurrido a implementar en las legislaciones internacionales y nacionales

mecanismos regulatorios que permitan reorientar esfuerzos hacia reducir los impactos del mencionado fenómeno.

De esta forma el diseño de las políticas públicas a nivel de cada Estado, ha sido reorientado a lograr un equilibrio entre el uso de los recursos naturales y las actividades extractivas que sustentan las industrias y economías en muchos países del mundo. Al respecto, el Perú, ha venido diseñando una política energética orientada a servirse del uso de los recursos naturales de manera que orienta la inversión en proyectos energéticos en el uso del gas natural o del agua de las diversas cuencas que cruzan el Perú. Esta reorientación de la inversión hacia ciertos proyectos de generación de energía eléctrica tiene por fin un desarrollo sostenible del sector energético; pero este escenario se vuelve más complejo cuando se introduce el cambio climático.

I. La actividad de fomento para el desarrollo de Centrales Hidroeléctricas en el caso peruano

El Perú es históricamente un país cuyo principal medio para generar energía eléctrica ha sido la central hidroeléctrica. Las hidroeléctricas hasta los años noventa del siglo XX representaban el 90% de la energía eléctrica producida, decreciendo hasta un 72% para el 2007, y hasta un 52% para el 2011. Esta reducción de la participación de las

* Asociado del Área de Desarrollo de Proyectos y del Área de Regulación Eléctrica en Laub & Quijandría – Consultores y Abogados. Profesional en Derecho por la Pontificia Universidad Católica del Perú. Profesor invitado por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo de Chiclayo. Ex - Director de la Comisión de Capacitación del Círculo de Derecho Administrativo.

hidroeléctricas ha sido el producto de una política energética del estado peruano de impulsar el uso del gas natural. Los objetivos de la mencionada política energética estaban orientados a: i) asegurar el suministro de energía eléctrica; y, ii) diversificar la matriz energética de tal manera que comprenda un tercio de energías renovables, un tercio de gas y un tercio de combustible en base al de petróleo. La implementación de esta política, tuvo por consecuencia un mayor desarrollo e impulso de las centrales térmicas cuya generación de energía eléctrica se basara en el uso del gas natural proveniente del yacimiento de Camisea¹.

II. La planificación energética para la primera mitad del siglo XXI

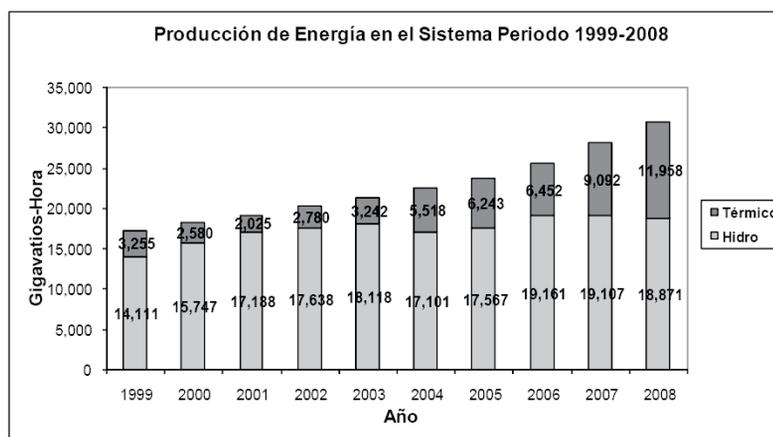
A pesar de los primeros objetivos de la política energética del presente siglo, el estado peruano ha entendido que el gas natural, es un recurso limitado, respecto del cual preocupan su costo de oportunidad frente al uso como fuente de generación eléctrica y la inseguridad de contar con un solo yacimiento explotable que alimenta un polo energético al sur de Lima, y su valorización frente a los precios volátiles del petróleo. Por lo tanto, el Estado peruano no ha dejado de lado el desarrollo de otras actividades para fomentar la inversión y ejecución de centrales hidroeléctricas², esto como parte del Plan Energético Nacional 2010-2040 y el Plan Referencial de Electricidad 2008-2015. Estos Planes, son instrumentos meramente declarativos

de objetivos políticos para cada subsector en el caso del Plan Energético Nacional, y el Plan Referencial Eléctrico es de carácter indicativo sobre la expectativa de centrales a construir, pues carece de declaraciones de sujeción del sector a cumplir con la construcción y puesta en operación de una cierta cantidad de centrales hidroeléctricas o a una cierta cantidad de potencia instalada. De esta forma la Planificación Eléctrica en el Perú deja a la libertad de las empresas el desarrollo de la industria, dejando de lado una planificación centralizada. Por lo tanto, esta planificación eléctrica ha sido dejada a la planificación empresarial en que la asunción del riesgo de la decisión de invertir es compensada por la remuneración sobre la base de precios³.

Como complemento el Estado desarrolla una actividad de fomento de la industria eléctrica con un modelo de de planificación centralizado. Para esto ha implementado un marco regulatorio que se caracteriza por: i) la pronta recuperación del IGV, ii) la eliminación de los aranceles para los equipos que se empleen en los proyectos hidroeléctricos, iii) medidas que simplifiquen algunos aspectos relevantes al procedimiento de obtención de títulos habilitantes, y iv) incentivos específicos para los proyectos hidroeléctricos en procesos de subastas de generación de energía⁴.

No nos confundamos y descartemos estos instrumentos legales como si los subsidios o subvenciones fueran la única modalidad de actividad de fomento⁵; sino reconozcamos en los puntos

Figura N° 1:
Evolución del Sistema de Producción de Energía en el Período 1998-2008



¹ El Desarrollo Hidroeléctrico en el Perú. Report N° 53719-PE. Unidad de Energía del Departamento de Desarrollo sostenible Banco Mundial, Mayo, 2010. pp. 1-2.

² El Plan Energético Nacional. Como Lineamiento de Política se prioriza la construcción de centrales hidroeléctricas.

³ ARINO ORTIZ, Gaspar; LOPEZ DE CASTRO GARCIA-MORATO, Lucia y Mónica SASTRE BECEIRO. La Planificación Económica. En: «Principios de Derecho Público Económico». ARA Editores, Madrid, España, 2004. p. 424

⁴ El Desarrollo Hidroeléctrico en el Perú. Report N° 53719-PE. Op. cit., p. 3.

⁵ La actividad de fomento se configura como una actividad de estímulo y presión, realizada de modo no coactivo, sobre ciudadanos y grupos sociales, para imprimir un determinado sentido a su actuación. El Estado actúa mediante estímulos de carácter económico, tales como las subvenciones, las exenciones fiscales, los créditos etc. De este modo el Estado, no manda

mencionados prestaciones orientadas a ordenar y promocionar las actividades de los privados en el mercado eléctrico. Así por ejemplo la prima que se adjudica en los Procesos de Subasta de Recursos Energéticos Renovables, será una juridificación de la actividad de fomento como ventaja de carácter económica, pues la prima es pagada - si bien no la paga el Estado está estructurada para ser pagada- por los usuarios. Así, los puntos descritos se entienden como prestaciones de promoción propias de la actividad de fomento como concepto de la doctrina del Derecho Administrativo⁶.

III. Características de las Centrales Hidroeléctricas en el Perú

Las Centrales Hidroeléctricas en el Perú son típicamente a) De Pasada o "pass through" o b) Pie de Presa. La centrales de *pass through* son aquellas centrales en las que existe una gran distancia entre el punto de captación y el punto de devolución de las aguas (ocurre que habrá kilómetros de distancia); en cambio, esto no ocurre en el diseño de las centrales de pie de presa en las cuales la distancia entre los puntos mencionados resulta ser aquella de la pared de embalse, es decir de unos varios cientos de metros. En las Centrales Hidroeléctricas se incluyen, comúnmente, componentes importantes como obras subterráneas, túneles de trasvase y presas de derivación relativamente pequeñas; así mismo, estos proyectos aprovechan las altas caídas y emplean reservorios relativamente pequeños, minimizan el impacto ambiental⁷.

Cuadro 2.1
Potencial Teórico y Técnico de los Proyectos Hidroeléctricos

Región Hidrológica	Teórico (MW)	Técnico (MW)
Cuencas Occidente/ Pacífico	29.256	13.063
Cuencas Oriente/ Amazonas	176.287	45.341
Cuenca del Titicaca	564	
Total	206.107	58.404

Cuadro 2.2
Capacidad Instalada de Hidroelectricidad por Regiones

Región Hidrológica	Capacidad Existente (MW)	Capacidad Existente como Porcentaje del Potencial Técnico (%)
Cuencas Occidente/ Pacífico	1.263	9.7
Cuencas Oriente/ Amazonas	1.563	3.4
Cuenca del Titicaca		
Total	2.826	4.8

Cuadro 2.3
Concesiones Actuales Definitivas y Temporales

Región Hidrológica	Concesiones Definitivas	Concesiones Temporales	Total (MW)	Porcentaje (%)
Cuencas Occidente/Pacífico	1.011	895	1.906	14.6
Cuencas Oriente/ Amazonas	484	3.406	3.890	8.5
Cuenca del Titicaca	--	--	--	--
Total	1.495	4.301	5.796	10.0

ni impone, sino que ofrece y necesita de la colaboración del particular para que la actividad fomentada se lleve a cabo. ARINO ORTIZ, Gaspar. En: Principios del Derecho Publico Económico. ARA Editores, Madrid, España, 2004. p. 377

⁶ Recordemos que existe una clasificación tripartita de las medidas de la actividad de fomento que distingue entre medios de fomento honoríficos, ventajas de carácter jurídico y ventajas de carácter económico. ARINO ORTIZ, Gaspar. En: En Principios del Derecho Publico Económico. ARA Editores, Madrid, España, 2004. p. 379

⁷ El Desarrollo Hidroeléctrico en el Perú. Report N° 53719-PE. Unidad de Energía del Departamento de Desarrollo Sostenible Banco Mundial. Mayo ,2010. p. 9

En lo que respecta a la operatividad, estas Centrales tienen un alto factor de planta. Esto quiere decir que en la práctica la potencia instalada de las Centrales Hidroeléctricas es utilizada en un altísimo porcentaje; y para asegurar este alto porcentaje de uso, se requiere preferiblemente la construcción de reservorios estacionales ubicados en la parte superior de la cuenca.

De acuerdo con la ubicación de las cuencas, las Centrales Hidroeléctricas en el Perú se ubican en la pendiente que mira hacia la cuenca del Pacífico o en la pendiente hacia el Occidente y la cuenca del Amazonas.

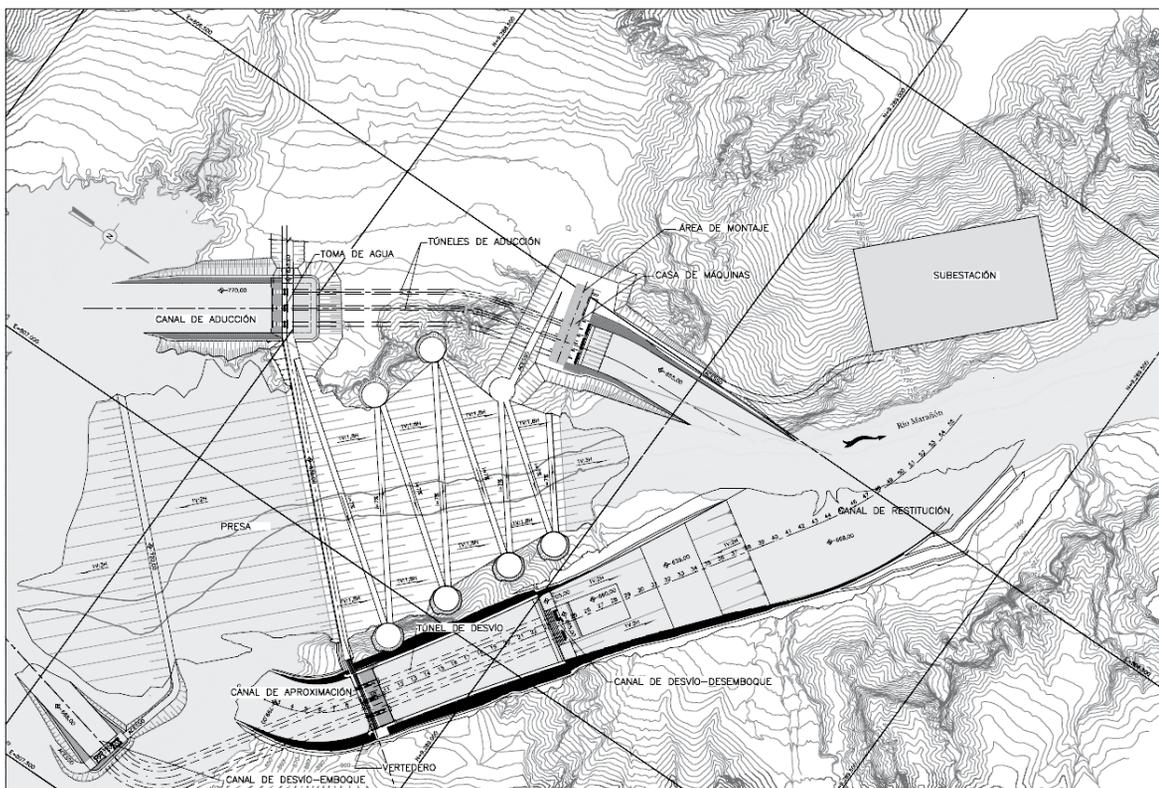
IV. Interrelación de títulos habilitantes del sector agua y el subsector eléctrico

La regulación del sub-sector eléctrico se interrelaciona con la regulación prevista para el uso del recurso natural del agua a través de la Ley de Recursos Hídricos y los derechos de uso de aguas. La secuencia procedimental para obtener la Licencia de Uso de Aguas, requerirá que cada titular de un proyecto hidroeléctrico agote esfuerzos por obtener primero la aprobación del Estudio de Aprovechamiento Hídrico, y segundo la Autorización de ejecución de Obras, como

requisitos *sine qua non* para admitir a trámite la solicitud de la mencionada licencia. En estos casos ocurre un supuesto muy peculiar con el Estudio de Aprovechamiento Hídrico, para lo cual primero se debe entender el contenido de este. Este Estudio tiene por contenido el Balance Hídrico y el Plan de ejecución de Obras Hidráulicas.

Estos contenidos principales del Estudio son ordenados por normas procedimentales orientadas a distribuir su evaluación en dos oportunidades distintas, de forma que se evalúa el Balance Hídrico como parte de la solicitud de Aprobación del Estudio, y luego se analizará el Plan de ejecución de Obras Hidráulicas durante la evaluación del pedido de Autorización para ejecución de obras hidráulicas. Así, en la práctica el Estudio de Aprovechamiento Hídrico solo es sometido a una evaluación inicial parcial, porque el análisis del Balance Hídrico es un ejercicio sobre metodologías de cálculo de caudales en un esquema de gestión del uso del agua de cuencas. Una vez definido los alcances de la metodología sobre caudales por aprobación del Estudio, con pleno conocimiento sobre los volúmenes de agua que se habilitarían a emplear, corresponde realizar el segundo ejercicio, analizar a detalle la obra hidráulica a ejecutarse.

**Figura N° 1:
Planta a Pie de Presa**



En un esquema mayor en el que las normas estructurales integran los títulos habilitantes del sector energía con aquellos en materia de recursos hídricos, será la Aprobación del Estudio de Aprovechamiento Hídrico el título nexo para con la actividad de generación de energía eléctrica, esto debido a que el Balance Hídrico, tiene por objeto definir los valores de los caudales, para que luego estos sirvan de base para el cálculo del volumen requerido para hacer funcionar las turbinas que generaran la energía eléctrica y que luego sirve para declarar características técnicas del proyecto eléctrico como la potencia instalada.

De otro lado, en la vida del proyecto de una Central Hidroeléctrica será principalmente la concesión definitiva de Generación el título habilitante de la Ley de Concesiones Eléctricas que sirva de eje bisagra para la interrelación con el régimen de aguas. Sin embargo, existe un problema en el diseño de las normas estructurales que interrelacionan la materia de aguas y eléctrica, pues las características de operación comercial que se le exigen al titular de la concesión definitiva son básicamente definidas por Normas Técnicas, y procedimiento técnicos del COES, instrumentos diseñados por ingenieros especialistas en electricidad o hidráulica eléctrica; sin embargo, este fenómeno no se refleja al principio de la interrelación de los procedimientos del sector eléctrico y en materia de aguas, las normas que regulan los alcances de un Estudio de Aprovechamiento Hídrico, carecen de un componente que oriente el análisis hacia obras hidráulicas para fines energéticos.

Figura N° 2:
Déficit de Generación de Electricidad y relevancia de las Hidroeléctricas



Si bien la Ley de Recursos Hídricos es el instrumento que juridifica los derechos de uso de aguas, serán las normas estructurales las que definan los principios, reglas, procedimientos

especiales y criterios técnicos que se apliquen para la evaluación del Estudio de Aprovechamiento Hídrico. Así, al efectivo otorgamiento de las concesiones, autorizaciones, licencias y permisos exigidos para construcción y operación de centrales hidroeléctricas en el Perú, el Estudio de Aprovechamiento Hídrico será como documento técnico principal. Lamentablemente, así como hemos mencionado que no existen normas estructurales que orienten una evaluación de obras hidráulicas con fines energéticos, tampoco contamos por el momento con procedimientos que definan las metodologías de calcula de caudales.

V. El caudal ecológico

Las obras hidráulicas de una central hidroeléctrica implican en sí que tengamos una regulación artificial de caudales que afecta la fauna reófila, no ya por las grandes fluctuaciones de nivel provocadas, sino también por el desfase temporal en que ocurren respecto de la fenología natural.

En el caso peruano, las obras hidráulicas están sujetas a un marco regulatorio y los alcances sobre el concepto del caudal ecológico se confrontan con la falta de procedimientos en el sector aguas.

Esto genera que la gestión del agua, de las obras hidráulicas de centrales hidroeléctricas y que los recursos biológicos con ella relacionados deba enfrentarse con la problemática de no contar metodologías para regular la cuantificación de los caudales necesarios que circulen como mínimos o máximos por la infraestructura hidráulica. Esto a su vez afecta el diseño y la operatividad de las centrales hidroeléctricas.

Así, dentro de una perspectiva del principio precautorio la regulación de aguas responde a la demanda social de un medio ambiente más limpio y coherente con un desarrollo sostenible, imponiendo a la planificación hidráulica y a la planificación de cuencas, la consideración de que en los cauces regulados, circulen al menos, unos "caudales ecológicos". El concepto caudal ecológico, comprende varios enfoques científicos, que implica la participación de profesionales distintos, y por tanto de análisis de los caudales multidisciplinario, y no solo limitado a los ingenieros hidráulicos. Esta aproximación, no ocurre en el caso peruano

VI. El caudal ecológico en la legislación española

En la legislación española de aguas, se entiendo como: "Un caudal circulante por un cauce podrá

ser considerado como ecológico, siempre que fuese capaz de mantener el funcionamiento, composición y estructura del ecosistema fluvial que ese cauce contiene en condiciones naturales”⁸.

El uso del caudal ecológico en el caso español está previsto para permitir la vida de los peces y el mantenimiento de los ecosistemas dependientes del agua, fijándose cada uno para cada tramo de río por los Planes Hidrológicos de Cuenca. Es decir no se consideran como uso propiamente dicho, sino como unos límites que se imponen al sistema de explotación del recurso hídrico y que solo prevalece frente a dichos límites la regla de la supremacía del uso para el abastecimiento de las poblaciones⁹.

VII. Funcionalidad de los caudales

La funcionalidad del caudal ecológico en el régimen de aguas del derecho peruano, prevé una estructura igual que el caso español, en la cual se entiende al caudal ecológico como un mínimo que restringe al sistema de caudales y respecto del cual los usos agrícolas, e industriales dan preferencia al uso poblacional; asimismo, se planifica el caudal requerido en función a cada Plan de Cuencas, y su cálculo debe obedecer a las metodologías de cálculo de caudales. Esto último es importante pues la legislación nacional aun no ha definido los alcances de las metodologías. El reglamento de la Ley de Recursos Hídricos establece que la determinación de la Metodología de Cálculo de Caudales será tarea del MINAM, la ANA y de las autoridades sectoriales (caudales ecológicos).

La ANA tiene establecida según el Régimen de Aguas la *función de determinación compartida de los caudales*. Es así que, en el Reglamento de la Ley N° 29338 se determino que: *“153.2. En cumplimiento del principio de sostenibilidad, la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente, establecerá los caudales de agua necesarios que deban circular por los diferentes cursos de agua, así como, los volúmenes necesarios que deban encontrarse en los cuerpos de agua, para asegurar la conservación, preservación y mantenimiento de los ecosistemas acuáticos estacionales y permanentes.”*

La regulación del derecho de aguas no abarca tan solo el ejercicio por parte de la ANA de una función de determinación de los caudales

de manera general, sino prevé una regulación especial para un tipo de caudales, los caudales ecológicos. Estos caudales requieren para su regulación primero la determinación de una cierta metodología de cálculo, como bien se establece en el artículo 155° del Reglamento de la Ley N° 29338:

“Artículo 155°.- Metodología para determinar el caudal ecológico.- Las metodologías para la determinación del caudal ecológico, serán establecidas por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente, con la participación de las autoridades sectoriales competentes, en función a las particularidades de cada curso o cuerpo de agua y los objetivos específicos a ser alcanzados.” (subrayado nuestro).

Como complemento, se establece que una vez realizado el ejercicio aritmético del cálculo de los caudales ecológicos, estos se prevean como parámetros generales en los Planes de Cuencas, como establece el artículo 153° del Reglamento de la Ley N° 29338:

“153.5. Los caudales ecológicos se fijarán en los planes de gestión de los recursos hídricos en la cuenca. Para su establecimiento, se realizarán estudios específicos para cada tramo del río.” (subrayado nuestro).

Al respecto, debemos tener claro que un caudal esta previsto a funcionar como un mínimo un *low cap*, sino también puede ser un tope máximo de caudales requeridos para el funcionamiento regular del ecosistema fluvial, En realidad, siendo objetivos, entre un mínimo y un máximo de caudales ecológicos para una cuenca habrá una serie de caudales ecológicos a elegir. Entonces habrán caudales mínimos de agua requeridos para subsistencia del ecosistema, y habrá caudales máximos que en caso ocurre la necesidad de vaciar el embalse (inundaciones o por necesidad de producción la hidroeléctrica) exigidos para mantener la estabilidad de los recursos hidrobiológicos.

VIII. La protección del Recurso Hídrico y la Planificación Hidrológica

Retomemos una premisa básica del derecho, y es que el derecho es un conjunto de normas para

⁸ GARCIA DE JALON, Diego y GONZALEZ DEL TANAGO, Marta. «El Concepto de Caudal Ecológico y Criterios para su aplicación en los ríos españoles». Departamento de Ingeniería Forestal. – Escuela de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

⁹ PARADA, Ramón. En: «Derecho Administrativo III: Bienes Públicos. Derecho Urbanístico» – Los Bienes Públicos en Particular. Las Aguas Terrestres. p. 119.

regular el comportamiento de las personas, por lo tanto la protección del ambiente está previsto para resguardar un ambiente a favor de las personas, por lo que surge la pregunta para la determinación de caudales ecológicos, ¿a qué comunidad, se pretende mantener? y ¿cómo evaluar los impactos de los diferentes caudales ecológicos; además, ¿cómo averiguar cuál es la máxima detracción que permite el mantenimiento del ecosistema? La información que da respuesta a estas interrogantes debe ser vertida en un Plan Hidrológico de Cuencas, como mecanismo de protección de los derechos existentes, para declarar la disponibilidad de agua, organizar los distintos usos del agua, etc.

Concretamente para el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos la protección del agua tiene por finalidad prevenir el deterioro de su calidad; proteger y mejorar el estado de sus fuentes naturales y los ecosistemas acuáticos; así como establecer medidas específicas para eliminar o reducir progresivamente los factores que generan su contaminación y degradación. Para ello, en la Ley de Recursos Hídricos antecede a la determinación de las metodologías de cálculo de caudales, la elaboración de los Planes de Gestión de Cuencas. Considerando que el Perú carece de esta experiencia, retomemos el caso español cuando se refiere a la Planificación Hidrológica. La Planificación Hidrológica en España se caracterizó en que la Ley de Aguas de 1985 determinó una regulación que básicamente nos indica las necesidades de agua, que nos muestre la actualidad sobre la realidad hídrica del país, análisis de nuestra demanda y de nuestra disponibilidad de agua¹⁰. En este régimen se aplica la planificación previa como un requisito especial para la determinación de los principales aspectos como el orden de preferencia de aprovechamiento hídrico, la determinación de caudales ecológicos, la prorrogación, revisión y extinción de concesiones, el régimen de otorgamiento y uso, y la protección de la calidad del agua¹¹. Considerando que en España la Ley de Aguas de 2001, repitió este mismo esquema, donde la Planificación Hidrológica es centralizada, global, vinculante, determinante de los derechos y asignaciones de caudales¹²; el desarrollo de los caudales y caudales ecológicos, fue un elemento dejado a la Planificación Hidrológica.

IX. La ausencia regulatoria de las Metodologías de Cálculo de Caudales

En el caso de la Autoridad Nacional del Agua, como función general el determinar los procedimientos, y que en el caso de las Metodologías se ha venido trabajando desde el 2010, y en concordancia con la disposición del Reglamento, un trabajo conjunto con el MINAM.

El MINAM, a través del Viceministerio de Gestión Ambiental y la Dirección General de Calidad Ambiental ha formulado el documento de trabajo "Sistematización y seguimiento de aplicación de metodologías de determinación del caudal ecológico en cuencas hidrográficas en el marco de las acciones de seguimiento e intervención".

De acuerdo a este documento la metodología de cálculo menos confiables son los Métodos Hidrológicos, pues se dice de la misma que "(...) una proporción significativa de publicaciones no realizan una valoración positiva de esta metodología, de lo que parece derivarse que este enfoque metodológico presenta insuficiencias importantes a juicio de la comunidad científica". Dentro de los Métodos Hidrológicos, esta la Metodología de Cálculo al 10% del Caudal Medio Anual.

Hasta la elaboración del presente trabajo la Autoridad Nacional del Agua no ha definido los Procedimientos para determinar la aplicación de las metodologías de cálculo, y solo está en proceso de definir los Planes de Cuencas para tres cuencas. En ese sentido, entendemos que para que la ANA desarrolle los Procedimientos de manera completa, habrá que esperar a que los caudales sean indicados en los Planes, y a su vez, según el régimen especial de los caudales ecológicos tomar como referencia los Procedimientos que determinen la metodología para su cálculo.

X. El impacto operativo de la falta de Metodologías de Cálculo de Caudales

Utilicemos el siguiente ejemplo por el cual definimos primero un Balance Hídrico con ciertos caudales aplicando una Metodología de cálculo típica para centrales hidroeléctricas de

¹⁰ ARINO ORTIZ, Gaspar; LOPEZ DE CASTRO GARCIA-MORATO, Lucía y SASTRE BECEIRO, Mónica. La Planificación Económica, en «Principios de Derecho Público Económico», ARA Editores, Madrid, España, 2004. p. 432

¹¹ PARADA, Ramón. «Derecho Administrativo III: Bienes Públicos. Derecho Urbanístico» – Los Bienes Públicos en Particular. Las Aguas Terrestres. p. 126

¹² ARINO ORTIZ, Gaspar; LOPEZ DE CASTRO GARCIA-MORATO, Lucía y Mónica SASTRE BECEIRO. Op. cit. p. 438

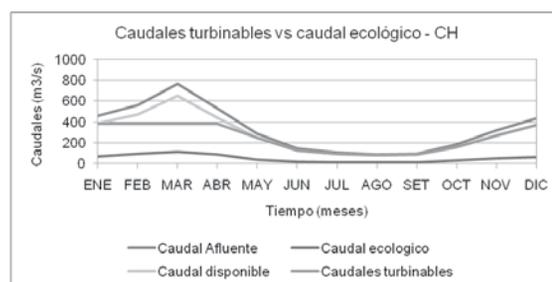
pie de presa (Método de Rafael Heras); luego aplicaremos al mismo Balance una metodología de cálculo de caudal restrictiva a fin de proteger el caudal ecológico. En aplicación del Método de Rafael Heras nuestro ejemplo tendrá como caudal turbinable del Estudio igual a 384 m³/s y con un caudal ecológico de 50,71 m³/s /este el caso de aplicar una metodología de cálculo de caudales restrictiva o conservadora). Por otro lado si aplicamos una metodología de cálculo común obtendremos un caudal ecológico de 13,5 m³/s, el mismo que sí permite operar a la central de nuestro ejemplo.

Sobre la base del Balance Hídrico, se determina los alcances de la Metodología de cálculo de caudales que serán requeridos para que se abastezca a la Central Hidroeléctrica, afectando la operación para la generación de energía eléctrica. Tengamos presente que el requerimiento de agua para la central va a variar conforme al tipo de central y los horarios que sea necesario que opere. Así, una central de *pass through* si requiere que se analice el caudal ecológico pues este será afectado en un tramo importante (recordemos que los puntos de captación y devolución están distantes); fenómeno distinto es el que ocurre con las centrales a pie de presa, pues en estas no se contabiliza el caudal ecológico porque la técnica hidráulica tiene puntos de captación y devolución cercanos, no afectando de manera significativa un tramo un importante del cauce.

Desde la perspectiva de la operatividad, para abastecer a la demanda de punta, por un período de siete horas, un embalse debería permitir regularizaciones diarias, que eventualmente entrarían en conflicto con la liberación del caudal ecológico durante el período fuera de punta. Considerando que el embalse debe cumplir prioritariamente con el caudal ecológico, el caudal turbinado fuera de punta (Qb) debe ser igual o mayor al caudal ecológico (Qeco), siendo que el caudal turbinado para abastecer el mercado de punta (Qp) y el caudal turbinado medio diario (QTd) quedan relacionados según la siguiente ecuación:

$$QTd = \frac{Qp \times 7 + Qb \times 17}{24} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Si utilizamos como ejemplo que se considera que caudal de punta es igual al máximo caudal turbinado (QT_{MAX}) de 424 m³/s, el cual es hallado asumiendo que es el caudal requerido para generar la máxima potencia – 600 Mw – con el nivel del embalse en la NAMO; y que el caudal ecológico establecido es de 50,71 m³/s, entonces el valor del caudal turbinado para conseguir un abastecimiento pleno al mercado de punta debe ser igual o mayor a 159,6 m³/s (hallado según la Ecuación 1).



En la Tabla 1 -Caudales turbinados medios mensuales-, se observa diversos eventos, en los períodos de estiaje, con caudales turbinados inferiores a 154,6 m³/s lo que demuestra que la operación diaria para generación de punta no es plenamente cumplida.

En las situaciones en que el caudal turbinado medio mensual (Tabla 3) sea mayor que QTd, entonces el caudal turbinado durante el período fuera de punta es superior al caudal ecológico establecido.

Si ahora expresamos el caudal turbinado en punta en función caudal turbinado máximo de tal manera que se tenga Qp = X QTmax, donde X es un coeficiente que varía de 0 a 100%, la Ecuación 1 se transforma en lo siguiente:

$$QTd = \frac{X \cdot QT_{MAX} \cdot 7 + Q_{eco} \cdot 17}{24} \quad (\text{Ecuación 2})$$

La ecuación 2 permite calcular, para diversos valores del coeficiente "X", los caudales turbinados mínimos diarios, que son presentados de manera resumida en la Tabla 2.

Tabla 1:

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media
Mínimo	249,0	228,0	346,3	397,6	397,6	116,6	82,9	73,8	73,8	73,8	133,9	147,0	
Medio	413,9	419,5	421,7	423,0	423,0	249,8	156,6	130,9	130,9	130,9	347,7	376,2	302,1
Máximo	449,2	453,5	442,9	433,4	433,4	394,5	223,5	208,8	208,8	208,8	447,9	453,3	

Balance Hídrico (Qecológico = 50,71 m³/s)

Caudal al punto de interes (al 75%)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Caudal (m3/s)	459,0	565,0	766,0	528,5	285,0	145,5	106,0	90,0	94,5	185,0	322,0	432,5	332
Volumen (MMC)	1.229	1.367	2.052	1.370	763	377	284	241	245	496	835	1.158	10.417

Caudal ecologico (Qecol=50,71 m3/s)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Caudal (m3/s)	71,0	93,6	115,3	88,8	38,5	18,9	13,1	10,9	12,1	30,4	51,6	64,5	50,71
Volumen (MMC)	190	227	309	230	103	49	35	29	31	82	134	173	1591

Derechos de terceros

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Caudal (m3/s)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Volumen (MMC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Caudal disponible

Caudal Disponible	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Caudal (m3/s)	459,0	565,0	766,0	528,5	285,0	145,5	106,0	90,0	94,5	185,0	322,0	432,5	281
Volumen (MMC)	1.229	1.367	2.052	1.370	763	377	284	241	245	496	835	1.158	10.417

qturbinable = 384 m3/s

Caudal turbinable	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Caudal (m3/s)	384,0	384,0	384,0	384,0	285,0	145,5	106,0	90,0	94,5	185,0	322,0	384,0	
Volumen (MMC)	1.029	929	1.029	995	763	377	284	241	245	496	835	1.029	8.250

Balance Hídrico (Qecológico = 13,5 m³/s)

Caudal al punto de interes (al 75%)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Caudal (m3/s)	459,0	565,0	766,0	528,5	285,0	145,5	106,0	90,0	94,5	185,0	322,0	432,5	332
Volumen (MMC)	1.229	1.367	2.052	1.370	763	377	284	241	245	496	835	1.158	10.417

Caudal ecologico (Qecol=13,5 m3/s)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Caudal (m3/s)	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	14
Volumen (MMC)	36	33	36	35	36	35	36	36	35	36	35	36	426

Derechos de terceros

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Caudal (m3/s)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Volumen (MMC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Caudal disponible

Caudal Disponible	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Caudal (m3/s)	459,0	565,0	766,0	528,5	285,0	145,5	106,0	90,0	94,5	185,0	322,0	432,5	318
Volumen (MMC)	1.229	1.367	2.052	1.370	763	377	284	241	245	496	835	1.158	10.417

qturbinable = 384 m3/s

Caudal turbinable	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Caudal (m3/s)	384,0	384,0	384,0	384,0	285,0	145,5	106,0	90,0	94,5	185,0	322,0	384,0	
Volumen (MMC)	1.029	929	1.029	995	763	377	284	241	245	496	835	1.029	8.250

Tabla 2:
Caudales Turbinados Medios Diarios para la Generación en Punta (m³/s)

	X=100%	X=90%	X=75%	X=50%	X=30%	X=12%
Qp	424,0	381,6	318,0	212,0	127,2	50,9
QTd	159,6	147,2	128,7	97,8	73,0	50,8

Qp - Caudal turbinado en punta.

QTd - Caudal turbinado medio diario

Usando la serie de caudales medios mensuales para cada mes (Tabla 2) se estima la probabilidad de generación en punta, que es presentada en la Tabla 3, considerando la obligatoriedad del cumplimiento del caudal ecológico.

De lo anterior, considerando prioritaria la garantía del caudal ecológico, la generación plena para abastecer al mercado de punta (siete horas) solamente es posible en los meses con mayor disponibilidad hídrica - enero a mayo. Así en

Tabla 3:
Probabilidad de Generación en Punta con Garantía del Caudal Ecológico

Mes	x=100%	x=90%	x=75%	x=50%	x=30%	x=12%
Enero	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Febrero	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Marzo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Abril	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Mayo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Junio	0,91	0,93	0,98	1,00	1,00	1,00
Julio	0,48	0,52	0,73	0,98	1,00	1,00
Agosto	0,18	0,27	0,48	0,82	1,00	1,00
Septiembre	0,18	0,27	0,48	0,82	1,00	1,00
Octubre	0,18	0,27	0,48	0,82	1,00	1,00
Noviembre	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00
Diciembre	0,98	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00

nuestro ejemplo, en los demás períodos la atención de la generación es parcial, siendo más crítico durante los meses de julio a octubre. Es decir que en los meses de estiaje, la sujeción del modelo de probabilidad generación sería deficiente por respetar un caudal ecológico y calculado con una metodología de cálculo exageradamente restrictiva orientada a proteger dicho caudal ecológico.

De acuerdo con nuestro ejemplo los errores regulatorios serían i) que por el tipo de central, a pie de presa, no corresponde un análisis del caudal ecológico; ii) que los caudales ecológicos en el Perú no cumplen con una planificación de cuencas ni metodologías de cálculo previas; iii) aplicar metodologías sin un procedimiento técnico o una planificación hidrológica de la cuenca puede exponer la probabilidad de generación de una central y distorsionar la eficiencia del proyecto.

XI. Otros efectos de la ausencia de Metodologías

En la actualidad considerando que la entidad y su regulación cuentan con muy pocos años de vigencia, la ANA no cuenta con ninguna de los dos instrumentos mencionados, ni los Planes de Gestión de Cuencas, ni las Metodologías de cálculo de caudales ecológicos. Asimismo, recordemos que el Plan Referencial de Electricidad es solo declarativo, y que será una planificación de las empresas la que estructure libremente la cantidad de centrales hidroeléctricas y las potencias a instalar por cada proyecto. De esta forma, el riesgo que asume el titular de cada proyecto a que su probabilidad de generación para la central se

exponga a la aplicación metodologías de cálculo de caudales restrictivas, es un vacío normativo que generaría:

- i) La evaluación ex - ante del diseño hidráulico y de los requerimientos de caudales para el proyecto, que se sujetaría a la discrecionalidad del funcionario público y no a la Planificación Hidrológica o Procedimientos para aplicar las Metodologías de Cálculo de Caudales.
- ii) El incumplimiento del principio de normas estructurales del derecho de aguas como la sujeción a la Planificación Previa (ver punto sobre Planificación Hidrológica).
- iii) Inseguridad e incertidumbre en los administrados sobre los niveles de protección del derecho de petición en el ámbito administrativo.
- iv) Irregularidad en la emisión de decisiones por parte de los órganos de la ANA.

XII. Conclusiones

- El Estado peruano orientara hasta el 2040 como actividad fomento la promoción para el desarrollo de la generación de energía eléctrica mediante Centrales Hidroeléctricas.
- La Planificación Eléctrica es una actividad dejada a la libertad de las empresas, quienes asumirán el riesgo del desarrollo de la industria eléctrica.
- El régimen de derechos de aguas se interrelaciona con la concesión de definitiva de

- generación eléctrica sobre la evaluación de los componentes del Estudio de Aprovechamiento Hídrico. El componente principal del Estudio es el Balance Hídrico, el mismo que se determina por los derechos de uso de aguas existentes en la cuenca y por la aplicación de la Metodología de Cálculo de Caudales.
- La Planificación Hidrológica ordena por cuenca los usos del agua, el desarrollo de obras hidráulicas y los caudales ecológicos.
 - La probabilidad de generación propuesta para un proyecto de central hidroeléctrica se vería afectada en la medida que se apliquen Métodos de Cálculo de Caudales ecológicos de carácter restrictivos.
 - La falta de metodologías, tiene como consecuencia que el titular de un proyecto de central hidroeléctrica sea expuesto a la discrecionalidad del funcionario público de la ANA.