

Térmicas Vs. Hidráulicas

“No debemos subestimar el placer de volver a escuchar cosa conocidas”

Enrico Fermi

Por: Ing. Rafael Campo Pinzón

INTRODUCCIÓN

El objeto de esta breve nota es el de resaltar las diferencias más importantes entre plantas de generación hidroeléctricas y termoeléctricas, en lo que tiene que ver con decisiones de expansión, generación y operación. Se señalan aspectos relevantes que debieran influenciar la escogencia de marcos regulatorios apropiados. La nota tiene un carácter didáctico y está orientada a profesionales en el sector energético que no están muy familiarizados con el tema. Suponemos que para ingenieros y economistas involucrados íntimamente en el planeamiento de la expansión, la operación, la regulación o en ofertas en la bolsa y negociación de contratos de largo plazo en el Mercado Mayorista Eléctrico de Colombia, resulten elementales los conceptos acá detallados.

ENERGÍA HIDROELÉCTRICA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO COLOMBIANO

La Figura 1 proporciona la energía hidroeléctrica colombiana, para varios valores de la Probabilidad de Ser Superada (PSS). Se incluyen las hidroeléctricas existentes (a excepción de los sistemas aislados y de la cadena del Río Bogotá) y las siguientes plantas candidatas: Urrá I, Miel I, Porce II, Fonce, Nechí, Sogamoso, Riachón, Guaico y Calima III. Puede observarse una gran variabilidad en los valores (el valor máximo es superior en un 50% al mínimo), lo que es reflejo de la aleatoriedad de los caudales y de la escasa regulación del sistema hidroeléctrico existente y futuro

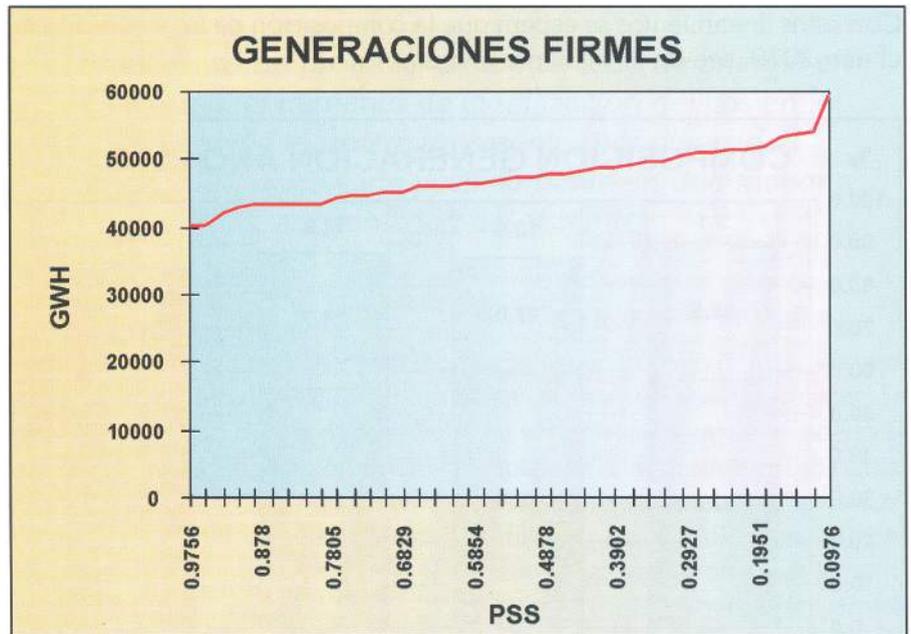


Figura 1: Energía Hidroeléctrica en Colombia

La figura 2 permite apreciar el efecto de la regulación proporcionada por embalses sobre la generación hidroeléctrica de proyectos: se comparan San Carlos (con regulación) con Betania (sin regulación). Puede apreciarse que la generación de San Carlos se mantiene durante el período seco (enero a abril), en cuanto que la de Betania sigue de cerca el ciclo hidrológico.

EXPANSIÓN DE LA GENERACIÓN

Las siguientes diferencias obvias existen entre plantas hidroeléctricas y termoeléctricas, que deben tomarse en cuenta en el momento de considerar alternativas para la expansión de la generación.

(i) **Costos de Inversión.** Los costos de inversión de proyectos hidroeléctricos son en general altos (superiores a

1.000 o 1.500 US\$/kW, especialmente si incluyen embalses que les permitan regular los caudales afluentes). Los costos de los termoeléctricos, en particular aquellos cuya generación se basa en la utilización de gas, son comparativamente bajos (inferiores a 300 US\$/kW para turbinas de gas con ciclo abierto) y con tendencia a reducirse, en tanto que sus eficiencias térmicas tienden a aumentar. Una razón para esto es que el gas es el energético de preferencia para generadores en ambientes de competencia, lo que ha incrementado el mercado para este tipo de plantas. Diseños nuevos también aumentan considerablemente la eficiencia de proyectos carboeléctricos y disminuyen su impacto ambiental (emisión de partículas y de contaminantes tales como SO_x y NO_x).

(ii) Impactos ambientales: bajos para plantas a gas, requieren importantes medidas de mitigación para carboeléctricas e hidroeléctricas. En particular para estas últimas cuando existen embalses de gran tamaño que ocasionen la necesidad de reubicar poblaciones.

(iii) Períodos de construcción: bajos para termoeléctricas a gas (9 a 18 meses, según su tamaño y según sean a ciclo abierto o a ciclo combinado), moderados para carboeléctricas (3 a 4 años, según su tamaño) y altos para hidroeléctricas (por encima de 4 años, dependiendo de si incluyen o no embalses grandes y de las condiciones geológicas). Existen incertidumbres relacionadas con los períodos de construcción de plantas hidroeléctricas, que en el pasado se han debido primordialmente a decisiones gerenciales y de política económica (caso de Guavio, por ejemplo).

(iv) Standarización de proyectos: alta para centrales a gas y aún a carbón. Relativamente baja para proyectos hidroeléctricos. Una "standarización" alta implica menores períodos de construcción y menores riesgos de retrasos.

Las razones anteriores han llevado a que los inversionistas privados prefie-

ran proyectos a gas (el "dash-to-gas" observado en Inglaterra y el desarrollo actual de la expansión de generación en Colombia).

OPERACIÓN

(i) Costos de combustibles: Bajos para hidroeléctricas (el agua es "gratis") y moderados a altos para termoeléctricas, según el combustible empleado. En Colombia, el carbón es barato y de buena calidad (alto poder calorífico). El gas también es barato, comparado con los precios en otros países (unos 2.7 US\$/KPC : kilo pie cúbico). El relativo bajo precio del gas, sin embargo, parece deberse a una política de subsidios de este energético (ver [2]).

(ii) Costos variables de operación y mantenimiento: bajos para hidroeléctricas, comparativamente altos para termoeléctricas.

(iii) Disponibilidad del combustible: incierto para hidroeléctricas (debido a aleatoriedades en los caudales, que se pueden mitigar con la presencia de embalses grandes de regulación), mucho más segura para termoeléctricas.

(iv) Despachabilidad: las hidroeléctricas son más flexibles, ya que su generación puede aumentarse o disminuir-

se con relativa facilidad y en poco tiempo. Son útiles, por consiguiente, para "afeitar la punta de" o "seguir" la curva de carga.

(v) Políticas de Operación: la determinación del despacho óptimo de plantas termoeléctricas es relativamente fácil : simplemente se cargan en orden de mérito (esto es, en orden creciente de costos) hasta satisfacer la demanda. El costo del despacho de una térmica es fácilmente determinable (costo variable de operación y mantenimiento, incluido el combustible) y descentralizado (depende únicamente de la térmica en cuestión).

Las hidroeléctricas tienen costos indirectos: el valor del agua es un valor de oportunidad asociado con el desplazamiento de generación térmica (o de racionamiento) en el actual período o en el futuro: en el período actual se despacha energía hidroeléctrica (salvo restricciones) hasta que el valor marginal presente del agua sea igual al valor marginal del agua futura. Adicionalmente, el valor del agua es "holístico" : depende del estado total del sistema de generación presente y futuro. Por esta razón es muy difícil que el proceso actual de ofertas en la bolsa conduzca a un despacho de mínimo costo (ver [1]).

(vi) Costos Marginales: El costo marginal de corto plazo en un período determinado corresponde al costo de la última unidad generadora despachada en orden inverso de costos en ese período (puede ser una hidroeléctrica, en cuyo caso su "costo" es el valor del agua), que no esté despachada hasta el tope de su capacidad, esto es, que pueda satisfacer un pequeño incremento de la demanda.

Los CMCP (Costos Marginales de Corto Plazo) de sistemas con predominio hidroeléctrico (por ejemplo, el sistema colombiano), son típicamente bajos a excepción de cuando se anticipa o se está en una situación de racionamiento, en cuyo caso son altos, ya que se referencian al costo del racionamiento. Esta observación corresponde con los precios obtenidos en la bolsa, en los

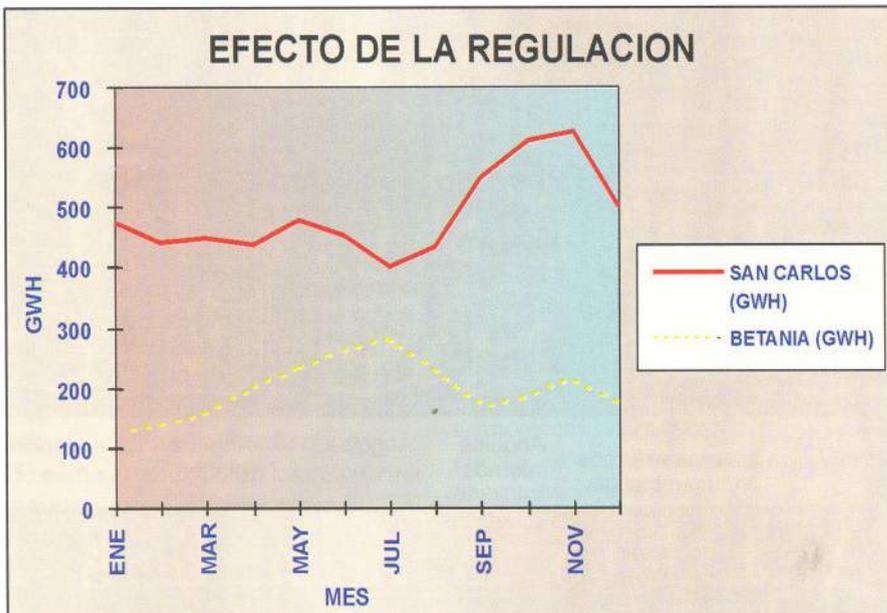


Figura 2: Efecto de la Regulación

que una cercanía a los mínimos operativos actúa como proxi de un posible racionamiento en un futuro cercano. Esta característica de los CMCP hace imprescindibles contratos a largo plazo que protejan a los generadores contra valores bajos de la bolsa (que ocurren casi siempre) y a los comercializadores contra valores altos en la bolsa (que ocurren esporádicamente pero que pueden alcanzar valores muy altos).

(vii) Restricciones: las plantas hidroeléctricas se encuentran por lo general lejos de los centros de consumo, por lo que requieren de grandes líneas de transmisión para incorporar su energía al mercado. Esto hace que (por lo general) los sistemas con predominancia hidráulica presenten mayores problemas de restricciones de transmisión que los termoeléctricos. Las restricciones estructurales deberían estar incorporadas en el despacho ideal, lo que no

ocurre en Colombia y ocasiona que los pagos por restricciones sean altos. Esto añade volatilidad e incertidumbre al cruce de cuentas del mercado de corto plazo (bolsa).

CONCLUSIONES

En esta nota hemos hecho un recuento de las características que diferencian a plantas hidroeléctricas de las termoeléctricas y que deben tenerse en cuenta en el planeamiento de la expansión, en la operación y en el diseño del marco regulatorio. En particular, los altos costos de inversión y largos períodos de construcción de hidroeléctricas con embalses (con las incertidumbres que esto conlleva) las hace menos atractivas a los inversionistas privados que termoeléctricas basadas en gas. Las hidroeléctricas, sin embargo, proporcionan flexibilidad en el despacho.

Dado que el valor del agua tiene naturaleza "holística", es muy improbable

que el actual proceso de ofertas en la bolsa conduzca a un despacho de mínimo costo. Adicionalmente, un sistema con predominio hidroeléctrico como el colombiano presenta bajos costos marginales casi siempre y costos altísimos cuando se prevé (o se está) en una situación de racionamiento. Esto resalta la importancia de contratos de largo plazo para cobertura del riesgo de generadores y de comercializadores. ✎

REFERENCIAS

- [1] Campo, R. "Reflexiones sobre el funcionamiento de la bolsa de energía en Colombia - Experiencia de Julio a Diciembre de 1995". *Mundo Eléctrico Colombiano*. Vol II, No 26.
- [2] Otero, Diego: "Beneficios en la Cadena del Gas Natural" Documento de Ecocarbón, Mayo de 1998.



SEMINARIOS:

⚗ COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC)

Agosto 26 y 27 de 1998, Hotel La Fontana.

- Regulaciones mundiales sobre EMC.
- Fundamentos de diseño con EMC.
- Solución de problemas
- Desarrollo de productos

⚗ HERRAMIENTAS PARA DISEÑO EN ELECTRONICA

Mayores Informes en ASESEL

Calle 46 No. 19-09 Of. 201/401 Teléfonos: 3200728 - 3200827 E-mail: asesel@col1.telecom.com.co
Fax: 2856506 - 2876189 Santa Fe de Bogotá, D.C. - Colombia