

## Balance del recurso hidroenergético en Colombia

Ramiro Ortiz Flórez PhD

Director Grupo de Investigación Sistemas Hidroenergéticos de Generación

*Universidad del Valle*

Cali, Colombia

[ramiro.ortiz@correounivalle.edu.co](mailto:ramiro.ortiz@correounivalle.edu.co)

Ing. Ana Milena Coral Dueñas

Investigadora Grupo de Investigación Sistemas Hidroenergéticos de Generación

*Universidad del Valle*

Cali, Colombia

[ana.coral@correounivalle.edu.co](mailto:ana.coral@correounivalle.edu.co)

*Resumen*— En el documento se muestra un balance histórico de la energía del recurso hídrico y la energía hidroeléctrica despachada en Colombia, con el fin de determinar la capacidad hidroenergética del país y la eficiencia con la que se utiliza este recurso, considerado como elemento esencial para la vida y desarrollo de los seres humanos. Ante la íntima relación existente entre la disponibilidad del agua y la generación de energía eléctrica teniendo como fuente el potencial hidráulico de los ríos, además de la poca disponibilidad de agua en el planeta, surge un gran riesgo para los países cuya matriz energética principal está vinculada a este recurso, de manera que el estado se encuentra en la obligación de implementar nuevas políticas y normativas que permitan un uso eficiente de los recursos disponibles para la generación de energía.

*Palabras claves*— *Central Hidroeléctrica, Demanda de Energía, Despacho Económico, Embalse, Energía Firme, Generación, Hidrología, Potencia.*

## I. INTRODUCCIÓN

En nuestro planeta menos del 2,5% del agua es dulce, y de este valor menos del 33% del agua dulce fluye y menos del 1,7% del agua que fluye discurre por cauces, los cuales se han obstaculizado con represas a una tasa de uno por hora en un equivalente a 45.000 represas de una altura de cuatro pisos para un total acumulado que representa el represamiento de la mitad de los ríos del mundo<sup>1</sup>. Esta cifra se debe al incremento en la demanda de agua originado por el crecimiento de la población y el desarrollo económico, lo cual presiona las existencias disponibles. Si bien tiene como propósito el bienestar del género humano, la decisión de construir un embalse desencadena aprensiones, esperanzas y temores, tanto racionales como irracionales, que generan tensiones sociales. A este nivel, se tiene que priorizar el uso del agua, porque la demanda está excediendo su disponibilidad en muchas partes del mundo. Aspecto que obliga a los embalses a ser económicamente viables, socialmente equitativos y ambientalmente sostenibles, es decir cumplir con objetivos de energía y de desarrollo.

De esta forma a nivel global el agua y la energía esta intrínsecamente interconectadas, de tal manera que la dependencia mutua que tiene el agua y el sector energético gira en torno a los sistemas de gestión del agua y a su eficiencia. Esto significa un desarrollo integrado entre las políticas hídricas y energéticas, teniendo en cuenta los riesgos que tiene el sector electro energético debido a su regulación, costos, priorización en los usos del agua y los cambios climáticos.

Al observar el potencial hidroenergético para Latinoamérica se encuentra que tiene una reserva importante ya que solo ha utilizado el 25% de su potencial total; esto permitiría aumentar la cobertura del servicio de energía eléctrica, como motor de su economía en forma sustentable. Particularmente Colombia a la par que tiene un potencial similar a desarrollar que según el Atlas Hidroenergético de Colombia se estima 50 y 90 GW [1]. En la actualidad la energía hidráulica al tener mayor importancia con 69,18% de la capacidad total, hace que su sistema energético sea vulnerable al fenómeno del Niño, quien incide directamente sobre los aportes hídricos en los embalses, presentando un déficit en el suministro de energía a largo plazo e inestabilidad en precios. Esto ha llevado a que Colombia incluya en su matriz electro energética plantas de ciclo combinado con base en gas natural, para momentos de bajas hidrologías; sin embargo la reservas de gas no son suficientes para atender la demanda energética, por tanto deben operar con Fuel Oil, energético más costoso y también deficitario.

---

<sup>1</sup> Profesor Kader Asmal Presidente, Comisión Mundial de Represas, El reporte final de la comisión mundial de represas, año 2000

De tal forma que la escasez de uno u otro recurso pone en peligro la fiabilidad y la seguridad electro energética.

Asimismo la relación entre la disponibilidad del agua y la generación de energía eléctrica hace que el uso eficiente y ahorro del agua sea una necesidad crucial para garantizar su sostenibilidad, particularmente para los países cuya matriz energética principal está vinculada a este recurso, de manera que el estado se encuentra en la obligación de implementar nuevas políticas y normativas que permitan un uso eficiente de los recursos disponibles para la generación de energía hidroeléctrica.

Esta preocupación fue expuesta en la Conferencia internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente en Dublín en el año de 1992, en la que expresó que la “gestión debe basarse en un enfoque participativo, involucrando a usuarios, planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles” y que su uso eficiente implique entre otros: cualificar y cuantificar la demanda del agua por parte de sus usuarios, analizar sus hábitos para emprender acciones que optimicen su uso y prácticas en pro de su sostenibilidad. Esto permite que desde la óptica académica se analice el uso eficiente del agua en la generación hidroeléctrica de Colombia, basados en información gubernamental a la luz de directrices del sector, como el “Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua” definido por la Presidencia de la República de Colombia en la Ley 373 de 1997, el “El Pacto de Uso Eficiente del Agua para el sector hidroeléctrico suscrito con ANDESCO en marzo de 2014”, entre otros. Este análisis se realizó con datos de la energía aportada por el recurso hídrico, la energía histórica despachada y la energía demanda de Colombia, para un periodo de 20 años 1995 y 2015.

## II. LA HIDROENERGÍA EN COLOMBIA

En todo proceso de generación de energía eléctrica se requiere agua, sin embargo las hidroeléctricas retornan el 100% del agua, no obstante se requiere acumular energía, la cual se almacena en embalses en los que se presentan pérdidas debido a filtración y evaporación, entre otras. De igual forma las termoeléctricas requieren del agua en sus procesos de producción.

En Colombia debido a las características hidrológicas, cartográficas y la demanda de energía eléctrica han hecho que las hidroeléctricas se ubiquen en la zona andina y las termoeléctricas fundamentalmente en la costa atlántica. Esto indica que la demanda de agua de las hidroeléctricas en la zona andina según cifras del ENA corresponde a 6.100 Mm<sup>3</sup> de agua embalsada, de los cuales se evaporan 293 Mm<sup>3</sup>. En el mismo sentido, encontró que para el 2012 se utilizaron para turbinar 44.737 Mm<sup>3</sup>, de los cuales 42.857 Mm<sup>3</sup> se emplean en las

grandes centrales y 1.880 Mm<sup>3</sup> en pequeñas. A la par de las hidroeléctricas la demanda de agua de las termoeléctricas según el ENA equivale 5,9 Mm<sup>3</sup>/año para las de gas y 4,8 Mm<sup>3</sup>/año para las de carbón.

La zona andina hidroenergéticamente es importante para Colombia, dado que allí nacen los ríos del país, los cuales según el Atlas Hidroenergético de Colombia forman cinco áreas hidrográficas (ver figura 1), en las que se encuentran hidroeléctricas distribuidas por potencia y porcentualmente de la siguiente forma: el área Magdalena-Cauca hay instalados 7.814 MW (71%), en el área del Orinoco hay 2.250 MW (21%), en el área Pacífico hay 591 MW (5%) y el área Caribe se tienen 338 MW (3%). El área del Amazonas, a pesar de contar con ríos de grandes caudales aptos para construir grandes centrales hidroeléctricas, no tiene ninguna hidroeléctrica.

Este potencial hidroeléctrico debe ser operado en forma técnico económicamente eficiente y con el menor impacto ambiental; por tal motivo con base en información gubernamental se hace un balance hidroenergético, relacionando la energía de los aportes hídricos, la energía despachada, incluyendo el fenómeno del niño.

### III. BALANCE HIDROENERGÉTICO

El proceso dinámico de transformación de energía en una central hidroeléctrica, hace que el caudal que ha pasado por las turbinas se haya transformado en energía eléctrica para atender la demanda. Esta energía requiere de un volumen que puede ser directamente tomado del recurso hídrico y/o del agua del embalse, cuyo resultado final  $V_f$  en un periodo de tiempo será igual a la suma del volumen inicial de agua del embalse  $V_i$  y los aportes hidrológicos  $Q_r$  menos la suma del caudal turbinado  $Q_T$  y el caudal perdido y/o destinado para otros usos  $dQ_{emb}$  (ver figura 2), tal como se muestra en la siguiente ecuación.

$$V_f = V_i + \int Q_r(dt) - \int Q_T(dt) - \int dQ_{emb}(dt) \quad (1)$$

El volumen final en cada periodo no superara el volumen máximo del embalse dado que en ese momento se presentarían vertimientos y no podrá ser inferior al volumen muerto, esto indica que oscilará entre las cotas del volumen útil (ver figura 2). Cualquiera de los dos momentos significa un uso ineficiente del recurso hidroenergético, bien sea por la operación del embalse representado por el despacho hidroeléctrico o por que el embalse no tiene la suficiente capacidad para almacenar los aportes del recurso.

#### IV. APORTES HIDROLÓGICOS

El sistema eléctrico colombiano capta del total de las cuencas de una región parte de sus caudales que utiliza para la generación de energía hidroeléctrica, estos corresponden a los aportes hidrológicos netos de esa región destinados a la generación de energía eléctrica, que según la información de las páginas web de la CREG y XM en cada área hidrográfica corresponden a los presentados en la figura 3.

En esta figura se observa que el área geográfica del Magdalena-Cauca tiene la mayor cifra de los aportes hidrológicos netos, que llega a ser superior a los 2.500 m<sup>3</sup>/s (ver figura 3). Esto se debe a que en ella se encuentra el mayor número de centrales hidroeléctricas concentradas fundamentalmente en el departamento de Antioquia. Le sigue la región del Caribe, en la que se encuentra una planta de media caída que utiliza una magnitud de caudal importante. Y por último se encuentra la región del Pacífico y la del Orinoco, donde se ubican hidroeléctricas de alta caída. La región del Amazonas no tiene ninguna central hidroeléctrica a pesar de que sus ríos tienen grandes caudales.

Un aspecto importante (ver figura 3) es que durante el primer trimestre del año el caudal promedio es bajo.

Los aportes hidrológicos netos de cada región son afectados por los fenómenos meteorológicos cálidos (fenómeno del Niño) y fríos (fenómeno de la Niña), cuya intensidad se mide con el índice de ONI (Oceanic Niño Index), que para el periodo de nuestro análisis se presentaron a un nivel fuerte (ver figura 4) con tendencia al aumento. Para el sector eléctrico esto significa que durante el fenómeno del Niño se reducen los aportes hídricos a los embalses, ocasionando una disminución de la generación hidroeléctrica y un aumento en la generación térmica con probabilidad de racionamiento. Durante el fenómeno de la Niña los aportes hídricos son abundantes, momento en el cual la generación hidroeléctrica se vuelve más representativa.

El impacto de los fenómenos climáticos en el sector eléctrico del periodo comprendido entre 1995 y 2015 muestra que se presentaron tres fenómenos del Niño y tres de la Niña (ver figura 5), los cuales han aumentado su intensidad. Durante ese periodo el fenómeno del Niño ha reducido progresivamente los aportes de la generación de energía hidroeléctrica en el sector eléctrico hasta un nivel actual del 50% del total de la energía demandada por el *Sistema Interconectado Nacional-SIN* y durante los periodos de la Niña donde se espera que, por ser

de mucha lluvia, la generación hidroeléctrica podría cubrir la demanda, sin embargo, esto no ha sucedido y solo ha ocurrido durante un pico en los años 2005-2006.

Por su alta participación en la generación de energía, el componente hidráulico incide directamente sobre los precios para los generadores que al final impacta directamente sobre los usuarios; interdependencia que concluiría que durante el fenómeno del niño este aumenta y con la niña disminuye. Esta conclusión se puede validar una vez se haya realizado un balance hidroenergético entre la energía media aportada por el río, la media despachada en las plantas hidroeléctricas y la media de la demanda.

#### V. BALANCE HIDROENERGÉTICO HISTÓRICO

El balance hidroenergético para el periodo de observación entre los años 1995 y 2015 se realizó con la información de XM que corresponde a los datos de la energía generada a partir del recurso hídrico y la energía nominal de cada planta.

Para determinar la energía hidroeléctrica que aporta el río, es necesario conocer el caudal medio ( $m^3/s$ ) del río más otros aportes (si esta en cadena) y las características técnicas de cada una de las centrales hidroeléctricas (altura media, potencia, energía media, año de entrada de la planta, volumen y volumen útil del embalse). Con esta información se calcula la energía hidroeléctrica total sin restricciones de la siguiente forma:

$$E_{río} = \frac{(9,81 \times Q \times H)2190}{10^6} [GWh_{trimestre}] \quad (2)$$

Donde:

$Q$ : es el caudal medio de cada central hidroeléctrica

$H$ : altura del salto de agua de la central hidroeléctrica.

Con la información del SIN de la energía media nominal de cada hidroeléctrica se puede hacer un comparativo con la energía media aportada por el río (ver figura 6).

De la figura 6 se puede apreciar que la energía media nominal de cada central hidroeléctrica es menor que la energía generada a partir del recurso hídrico. Un análisis más detallado muestra que el total de la energía media nominal de todas las hidroeléctricas equivale al 76 % de la energía aportada por los ríos.

El resultado del balance hidroenergético entre la energía generada a partir del recurso hídrico y la energía nominal de cada planta se comparó con la capacidad de almacenamiento útil histórica y la energía demanda por el SIN (ver figura 7)

Se puede apreciar en el balance hidroenergético (ver figura 7) que en la mayor parte del tiempo los valores de energía generada son inferiores a la energía de los aportes hídricos e inferiores a la energía demandada por el SIN. De igual forma se puede apreciar que el volumen del agregado nacional es suficiente para almacenar el agua de los ríos que llegan a las plantas de generación; aunque hay algunos picos que sobrepasan este nivel máximo en los que se esperaría se produzcan vertimientos. Adicionalmente se podría afirmar que hay suficiente agua para generar más hidroelectricidad, sin embargo en el presente análisis no se consideró el efecto que tiene la reducción del nivel del embalse en la caída y la eficiencia de la hidroeléctrica.

#### VI. PRECIO DE LA ENERGIA ELECTRICA.

El precio de la energía eléctrica está definido por varios componentes entre los que se encuentra los costos de Administración, Operación y Mantenimiento-AOM de las vías de acceso, las líneas de interconexión, las obras civiles y los equipos electromecánicos, más los costos ambientales, los costos financieros, los cargos de ley y los impuestos. A este valor hay que agregarle el costo del energético primario, que para las hidroeléctricas corresponde un porcentaje de la venta de energía, dirigido a la autoridad ambiental. La suma de estos define el costo operativo de la planta, de tal forma que el valor con el que se oferta la energía hidroeléctrica estará en función de la disponibilidad del recurso. Es decir que durante el fenómeno del niño este aumenta y con la niña disminuye, sin embargo podría tener una mayor estabilidad al considerar que el balance hidroenergético muestra que los aportes del recurso hídrico y la capacidad del volumen del agregado nacional son suficientes para este propósito. Un comparativo histórico entre los caudales aportados y el precio en bolsa se ilustra en la figura 8

La forma como ha oscilado el precio en la bolsa no se ajusta a las leyes del mercado (ver figura 8), dado que el precio debería bajar en el momento de mayor hidrología. Sin embargo al comparar durante el periodo de observación la tendencia del precio medio histórico mensual en la bolsa con el comportamiento del caudal medio histórico mensual total se observa que este se incrementa al final del último trimestre anual (ver figura 9), precisamente en los momentos de mayor hidrología, aspecto que no corresponde a la ley de oferta y demanda.

## VII. TENDENCIA DE LA HIDROENERGÍA EN COLOMBIA.

El informe de la UPME para el año 2016 indica que del total de la demanda anual de energía de 65.940,3 GWh el 67,1% es hidráulica; por tanto, se puede inferir que nuestra matriz energética es hídricamente dependiente más aun cuando de los nuevos proyectos que se encuentran registrados a la fecha son hidráulicos y suman una capacidad total de 6.359,7 MW. En la tabla 1 se puede observar el tipo, la capacidad y el estado en el que se encuentren.

Dentro de los nuevos proyectos el área hidrográfica del Magdalena-Cauca sigue teniendo la de mayor participación con capacidad de 3.035,3 MW, seguida del área Pacífica que tiene una capacidad proyectada de 2.213,9 MW y finalmente el área de Amazonas registra un único proyecto con una capacidad de 1.109,1 MW.

## VIII. CONCLUSIONES.

Los resultados del presente análisis, basados en información de entidades gubernamentales infieren que no se está aprovechando en forma eficiente el recurso hídrico, debido a restricciones no solamente técnicas sino también ambientales o sociales. Esto se evidencia al observar el escenario hidroenergético actual del País, en el que hemos entrado en un pánico fundamentado en las dificultades de un proyecto hidroeléctrico, olvidándonos que la historia de la electricidad de Colombia tiene mucha agua. Esto ha llevado a que proyectos hidroeléctricos muy importantes se les cancele a última hora sus licencias, ocasionando inestabilidad jurídica a la inversión; aspecto que hará que en un futuro el servicio de energía eléctrica sea a un más costoso.

Los resultados del presenta análisis también pueden concluir que la regulación del mercado de energía eléctrica no premia a quien usa eficientemente los recursos hidroenergéticos. De tal forma el Mercado de Energía Eléctrica debería ajustarse a un proceso de eficiencia técnica, ambiental y financiera en toda su cadena, desde la generación, la transmisión y su uso.

## REFERENCIAS.

- [1] Unidad de Planeación Minero Energética UPME, «Informe Mensual De Variables De Generación y del Mercado Eléctrico Colombiano,» 2015.
- [2] UPME, «ATLAS POTENCIAL HIDROENERGÉTICO DE COLOMBIA,» BOGOTÁ, 2015.



- [3] NOAA, « Center for Weather and Climate Prediction,» [En línea]. Available: [http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php). [Último acceso: 15 SEPTIEMBRE 2017].
- [4] SIEL, «SIEL,» [En línea]. Available: <http://www.siel.gov.co/Inicio/Generaci%C3%B3n/Inscripci%C3%B3ndeproyectosdeGeneraci%C3%B3n/tabid/113/Default.aspx>. [Último acceso: 26 FEBRERO 2018].
- [5] XM, Expertos en Mercado, «Portal BI,» [En línea]. Available: <http://informacioninteligente10.xm.com.co/oferta/Paginas/HistoricoOferta.aspx?RootFolder=%2Foferta%2FHistorico%20Oferta%2FGeneraci%C3%B3n&FolderCTID=0x01200075F2CCF9F779EE4B93D2D54764CDB78A&View={9F21C71E-AD8F-4E3F-B2EA-0B38F49A9BA8}>. [Último acceso: 25 NOVIEMBRE 2017].
- [6] W. A. M. Moreno, «Taller de proyecciones de demanda eléctrica nacional,» Cali, 2017.
- [7] XM S.A. E.S.P, «Paratec,» [En línea]. Available: <http://paratec.xm.com.co/paratec/SitePages/hidrologia.aspx?q=volumen>. [Último acceso: 11 Diciembre 2017].
- [8] R. M. B. BACELLAR, «A ÁGUA E A ENERGIA COMO ELEMENTOS ESSENCIAIS PARA A QUALIDADE DA VIDA HUMANA: A EMERGENTE NECESSIDADE DE SUSTENTABILIDADE NOS NECESSIDADE DE SUSTENTABILIDADE NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO ENERGÉTICA,» *PCHNotícias&SHPNews*, vol. 2, p. 30, 2017.
- [9] IDEAM, «Estudio Nacional del agua,» Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá, 2014.
- [10] A. M. M. P. e. c. c. J. A. (UPME), «ESTUDIO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA BAJO ESCENARIO DE CAMBIO CLIMATICO,» BOGOTA, 2012.
- [11] ONU, «Decenio internacional para la acción "el agua fuente de vida" 2005 - 2015,» onu, [En línea]. Available: [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water\\_and\\_energy.shtml](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_energy.shtml). [Último acceso: 14 Febrero 2018].

- [12] Naciones Unidas, «Informe del Secretario General Progresos en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible,» Nueva York, 2017.
- [13] I. J. A. A. Robles y E. p. D. D. L. PhD, «Crecimiento de la Capacidad Eléctrica Instalada en América Latina en el Contexto de la Lucha contra el Cambio Climático,» 2014.
- [14] Wikimedia Commons., «Wikimedia Commons.,» [En línea]. Available: [https://www.google.com.co/search?biw=1366&bih=637&tbm=isch&sa=1&ei=ZiaYWoGFIJGgzwLSyrywDQ&q=el+ni%C3%B1o+oscilaci%C3%B3n+sur+Wikimedia+Commons.&oq=el+ni%C3%B1o+oscilaci%C3%B3n+sur+Wikimedia+Commons.&gs\\_l=psy-ab.3...76059.77927.0.83141.2.2.0.0.0.1559.173](https://www.google.com.co/search?biw=1366&bih=637&tbm=isch&sa=1&ei=ZiaYWoGFIJGgzwLSyrywDQ&q=el+ni%C3%B1o+oscilaci%C3%B3n+sur+Wikimedia+Commons.&oq=el+ni%C3%B1o+oscilaci%C3%B3n+sur+Wikimedia+Commons.&gs_l=psy-ab.3...76059.77927.0.83141.2.2.0.0.0.1559.173). [Último acceso: 22 Febrero 2018].
- [15] OECD/IEA, «Energy Technology Perspectives 2010,» PARIS, 2010.
- [16] L. G. V. Á. Economista., «El precio de la electricidad en Colombia y comparación con referentes internacionales 2012-2015.,» Medellin, 2015.
- [17] COMISIÓN MUNDIAL DE PRESAS, «REPRESAS Y DESARROLLO: UN NUEVO MARCO PARA LA TOMA DE DECISIONES,» Earthscan Publications Ltd, Reino Unido, 2000.
- [18] P. H. Corredor, Operación económica de sistemas de potencia, Medellin: U.P.B., 1992.
- [19] R. O. Flórez, *ENERGIA HIDROELECTRICA, Presentación de clase Centrales hidroeléctricas*, Cali, 2015.
- [20] XM, EXPERTOS EN MERCADOS, «PORTAL BI,» [En línea]. Available: <http://informacioninteligente10.xm.com.co/hidrologia/Paginas/HistoricoHidrologia.aspx?RootFolder=%2Fhidrologia%2Fhidrologia%2FAportes&FolderCTID=0x0120005447CB19B02C274BB11AE8243E0B8B23&View={41F81D50-FAF7-4E2A-A669-3DB4DD1F7869}>. [Último acceso: 2 OCTUBRE 2017].
- [21] XM, «PORTAL BI,» [En línea]. Available: <http://informacioninteligente10.xm.com.co/transacciones/Paginas/HistoricoTransacciones.aspx?RootFolder=%2Ftransacciones%2FHistorico%20Transacciones%2FBoIsa&FolderCTID=0x0120000E28F31AB3520A4C8D8CB6881FFA0AFE&View={>

75B6225D-9047-44EC-8EC5-DEA7F7AA139C}. [Último acceso: 14 DICIEMBRE 2017].

- [22] ONU, «"EFICIENCIA EN USO DEL AGUA Y LA ENERGÍA",» *Conferencia Anual 2014 de ONU. Agua en Zaragoza. Preparando el Día Mundial del Agua 2014. Alianzas para mejorar el acceso, la eficiencia y la sostenibilidad del agua y la energía.*, n° 66, pp. 1-7, 2014.
- [23] M. E. REPUBLICA DE COLOMBIA, «Ley 373 de 1997. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua,» BOGOTÁ, 1997.
- [24] EMGESA, «Memoria Anual 2016,» BOGOTÁ, 2016.
- [25] D. C. C. ASCANIO, «ANÁLISIS DEL SECTOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA COLOMBIANO Y REGIONAL,» BOGOTÁ, 2013.
- [26] XM, EXPERTOS EN MERCADOS, [En línea]. Available: <http://www.xm.com.co/Paginas/Mercado-de-energia/verificacion-de-energia-firme.aspx>. [Último acceso: 12 SEPTIEMBRE 2017].

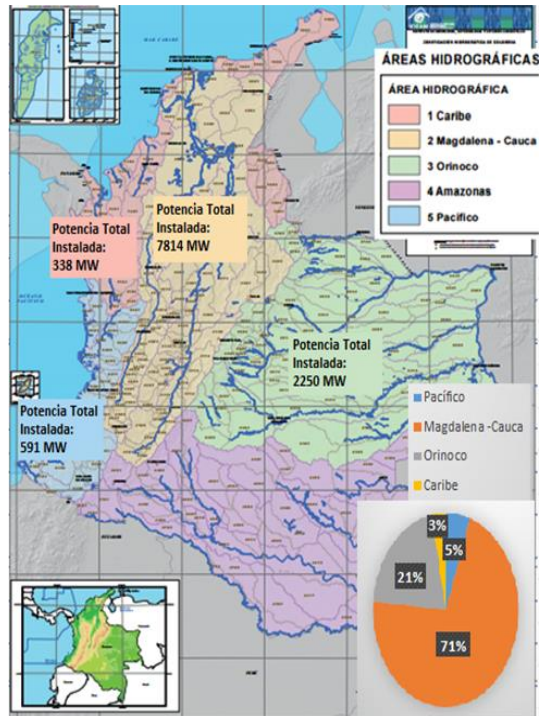


Figura. 1. Participación en la generación hidroeléctrica por área hidrográfica (MW) [2]  
 (Participation in hydroelectric generation by hydrographic área. Participação em geração hidrelétrica por área hidrográfica)

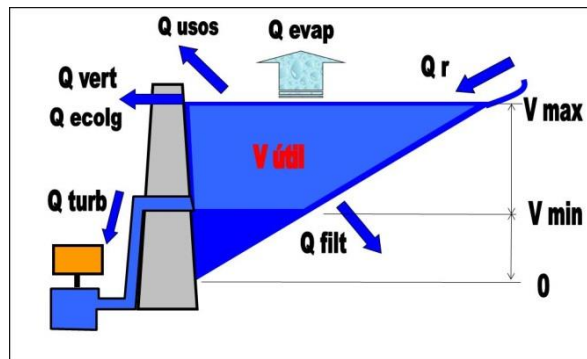


Figura. 2. Balance Hidroenergético (Hydro Energy Balance. Balanço Hídrico)

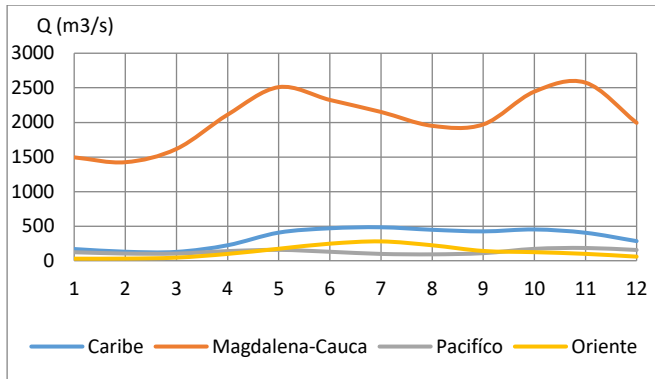


Figura. 3. Caudal medio histórico por área geográfica. Información tomada de XM  
 (Historical average flow by geographic area. Information taken from XM. Fluxo médio  
 histórico por área geográfica. Informação retirada do XM)

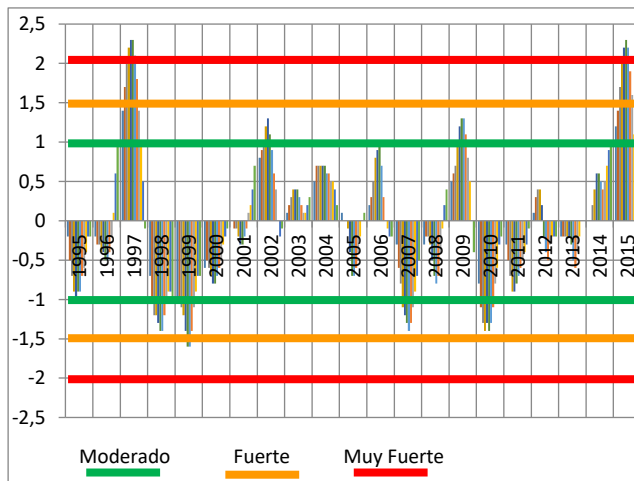


Figura. 4. Índice oceánico de El Niño (ONI). Información tomada de [3] (Oceanic Index of El  
 Niño (ONI). Information taken from [3]. Índice Oceânico de El Niño (ONI). Informações  
 tiradas de [3] )

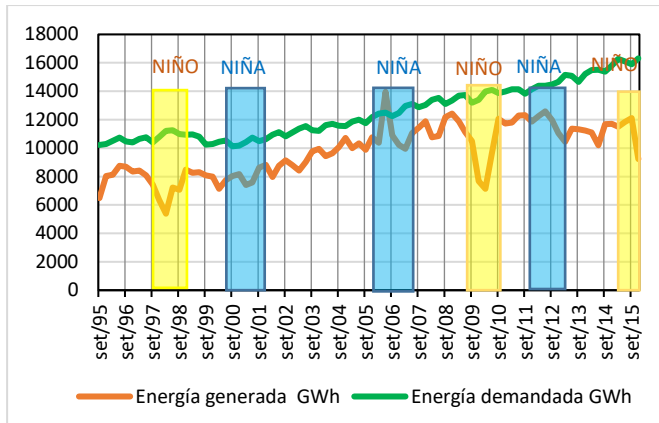


Figura. 5. Impacto de los fenómenos climáticos en el sector eléctrico. Información tomada de XM (Impact of climatic phenomena in the electric sector. Information taken from XM. Impacto dos fenômenos climáticos no setor elétrico. Informação retirada do XM)

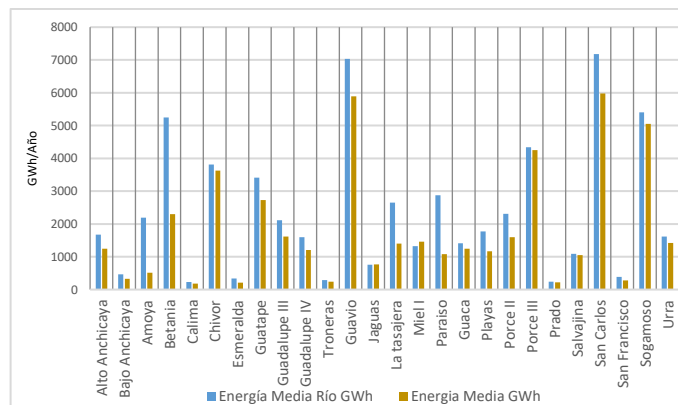


Figura. 6. Energía generada por el río anualmente y energía nominal de cada central hidroeléctrica (Información de XM) (Energy generated by the river annually and nominal energy of each hydroelectric plant (XM Information). Energia gerada pelo rio anualmente e energia nominal de cada usina hidrelétrica (XM Information))

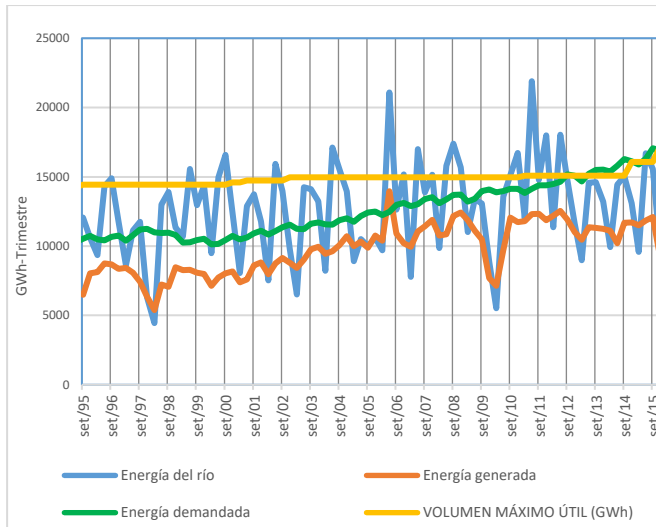


Figura. 7. Energía generada por el río anualmente, energía generada por las centrales hidroeléctricas, energía demandada por el SIN y capacidad de almacenamiento útil histórica (Información de XM) (Energy generated by the river annually, energy generated by the hydroelectric power plants, energy demanded by the SIN and historical useful storage capacity (Information from XM). Energia gerada pelo rio anualmente, energia gerada pelas usinas hidrelétricas, energia demandada pelo SIN e capacidade histórica de armazenamento útil (Informações da XM))

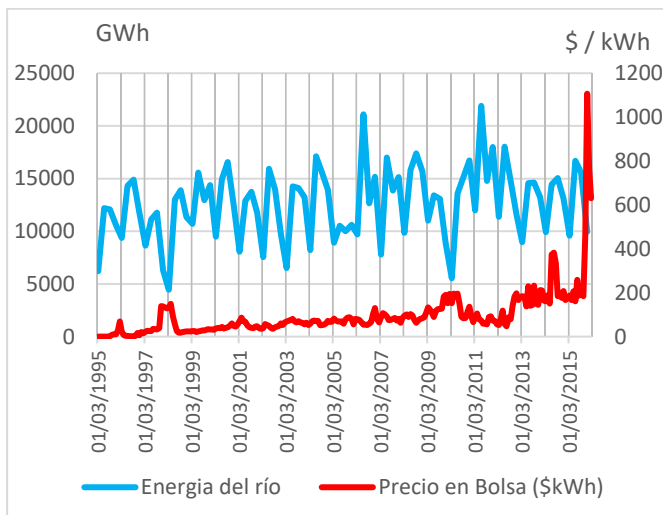


Figura. 8. Caudal medio histórico de acumulado nacional y promedio histórico mensual del precio en bolsa (1995 -2015). Información tomada de XM (Average historical flow of national accumulated and monthly historical average of the stock price (1995 -2015). Information taken from XM. Fluxo histórico médio da média histórica acumulada mensal e mensal do preço das ações (1995 -2015). Informação retirada do XM)

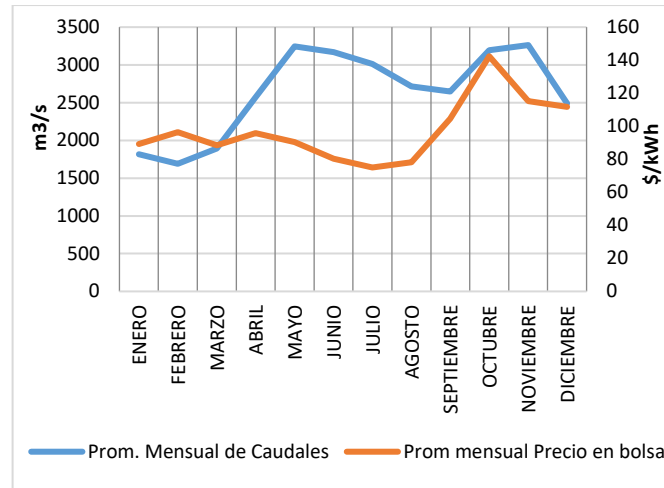


Figura. 9. Caudal medio histórico de acumulado nacional y promedio histórico mensual del precio en bolsa (1995 -2015). Información tomada de XM (Average historical flow of national accumulated and monthly historical average of the stock price (1995 -2015). Information taken from XM. Fluxo histórico médio da média histórica acumulada mensal e mensal do preço das ações (1995 -2015). Informação retirada do XM).

Tabla 1. Nuevos Proyectos Hidráulicos Inscritos ante La UPME [4]. (New Hydraulic Projects Registered with UPME [4]. Novos Projetos Hidráulicos Registrados na UPME [4])

Fase Proyecto	Capacidad (MW)	CHE	PCH
Fase 3	371,5	352,0	19,5
Fase 2	972,9	671,5	301,4
Fase 1	5015,3	4424,3	590,9
<b>Total</b>	<b>6359,7</b>	<b>5447,8</b>	<b>911,8</b>