

Impacto de la implementación masiva de la cocina de inducción en el sistema eléctrico ecuatoriano

Xavier Serrano^{1,*}, Jorge Rojas^{1,+}

¹ Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador

¹ Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador

* *autor corresponsal: jserranog@ups.edu.ec*

+ *jrojase@ups.edu.ec*

RESUMEN

El uso de gas licuado de petróleo para las cocinas en el Ecuador representa un problema económico para el Gobierno Nacional, debido a que este recurso está subsidiado y también por las emisiones de CO₂ que el uso de este combustible provoca. Como solución a este problema el Gobierno ha planteado realizar el reemplazo progresivo de cocinas que utilizan gas licuado de petróleo GLP por cocinas eléctricas de inducción, desde el año 2015.

El objetivo de este trabajo es determinar los principales impactos de esta medida en el sistema de producción de energía eléctrica nacional.

Como resultado se presenta la curva de carga de demanda estimada del sistema eléctrico nacional, de la cual se pueden obtener importantes datos; la implementación masiva de cocinas de inducción provocaría un consumo de energía adicional del 37% y una demanda de potencia adicional en generación del 73% aproximadamente; si se adiciona el consumo por reemplazar calentadores de agua de uso doméstico que funcionan con GLP por calentadores eléctricos, el consumo de energía adicional sería del 45% mientras que la demanda de potencia aumentaría en un 80%.

Se concluye que es de suma importancia y urgente la repotenciación del sistema de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, se vuelve esencial la elevación de voltaje para mantener los mismos calibres de conductores actuales, sin embargo los sistemas de transformación de tensión deberían ser reemplazados; además es necesario incorporar tarifas diferenciadas de energía por horario, para modular la curva de carga minimizando la diferencia entre puntos máximos y mínimos.

PALABRAS CLAVE

Cocina, inducción, red eléctrica, carga.

INTRODUCCIÓN

El posible cambio de cocinas de gas por cocinas de inducción implica un análisis estadístico cuantitativo del potencial consumo de energía y potencia eléctrica que se requiere. Se parte teóricamente de la energía y potencia demandada para la preparación de alimentos, para luego, en base a las estadísticas realizadas en cuanto al tiempo y horarios de uso de las cocinas, estimar una curva de demanda de potencia para un día típico en el sistema eléctrico nacional.

El objetivo de este trabajo es cuantificar la cantidad de energía y potencia necesaria para sustituir todas las cocinas que utilizan gas licuado de petróleo GLP por cocinas eléctricas de inducción, en el sistema eléctrico del Ecuador.

Como hipótesis, gracias a estudios previos realizados (Muñoz, 2012) (Salazar y Peña-Idrovo, 2010), se espera que el consumo de energía eléctrica en los hogares ecuatorianos se eleve al menos un 30%, así como también se espera que la potencia necesaria sea el doble de la actual. El requerimiento de potencia adicional puede coincidir en gran medida con parte de la hora pico, es decir entre las 18h00 y 21h00, lo cual provocaría una sobrecarga en las redes de transporte y distribución, haciendo necesaria la repotenciación de conductores y transformadores a lo largo de la red eléctrica nacional.

MÉTODOS

El estudio tiene una base teórica y estadística, inicialmente se recolectan datos disponibles, tales como: el número de hogares existentes en el Ecuador, tipos de cocinas eléctricas de inducción existentes, requerimientos energéticos de las mismas, eficiencia del sistema de transporte de energía eléctrica del país.

Mediante una encuesta de hábitos en el hogar se estiman horarios y requerimientos de potencia y energía necesarias para la preparación de alimentos y el calentamiento de agua usada en las duchas para aseo personal.

Gracias a los datos recopilados y encuestas realizadas, se procede a estimar el requerimiento de energía y potencia a nivel nacional, para finalmente elaborar una curva de carga de demanda estimada a nivel del país, la cual es el objetivo final del estudio realizado y que servirá de base para futuros análisis.

Situación del sector eléctrico y poblacional del Ecuador

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, en el año 2010, en el Ecuador existían 3'810.548 hogares, de los cuales el 90,66% utilizaban GLP para la cocción de alimentos, mientras que el 6,80 % de las familias lo hacían con leña; y la tasa de crecimiento poblacional era de 1,24% anual (INEC, 2010).

Según el CENACE, desde 1999 hasta el 2012, el promedio de crecimiento de la demanda de energía eléctrica en el Ecuador ha sido de 4,68% y la potencia promedio máxima mensual del año 2012 fue de 3.044,99 MW (CONELEC, 2013).

Rendimiento de la cadena energética para el uso de las cocinas de inducción y de GLP

La eficiencia de las redes de transmisión y distribución se estima en un 90% (Herrera-Herrera, 1996). Un estudio realizado en la Escuela Politécnica Nacional en Quito (Salazar y Peña-Idrovo, 2010), en mayo de 2010, determinó que la cocina eléctrica de inducción tiene una eficiencia del 80,6%, por otro lado la cocina que usa GLP tiene una eficiencia del 51,26%. Asumiendo que la generación de electricidad sea eminentemente hidroeléctrica, se determina una eficiencia global del sistema de 68,91%, considerando una eficiencia de generación del 90,0% (USBR, 2005); y de las cocinas de inducción del 80,6%. En tanto que, la eficiencia para la cadena del GLP es del 42,99% (Salazar y Peña-Idrovo, 2010).

Según Muñoz (2012), para suplir el crecimiento de la demanda por la implementación de las cocinas a inducción, en el sector de transmisión y distribución, se requiere una inversión aproximada de 3.065,02 a 4.378,13 millones de dólares. El plan de fabricación de cocinas de

inducción requerirá una inversión estatal de 2.400 millones de dólares, lo cual contempla también la distribución e instalación de esta tecnología. Desde el 2014 se fabricarán 3.500.000 cocinas eléctricas que reemplazarán a las cocinas a gas (ANDES, 2013).

Análisis estadístico del consumo energético de las cocinas de inducción

Como método de recolección de datos se llevaron a cabo encuestas, las cuales permiten hacer un análisis mediante el método estadístico matemático. La recolección de datos se realizó en Guayaquil, Quito y Cuenca, el objeto de investigación ha sido determinar el horario e intensidad de uso de las cocinas para la preparación de alimentos, únicamente en el sector doméstico.

Tabla 1. Características de la encuesta

Característica	Tipo
Estructura de la Encuesta	Estandarizada
Vías de obtención de Información	Directa
Instrumento	Cuestionario
Registro	Impreso
Responsable	Xavier Serrano, UPS Cuenca

La pregunta número 7 de la encuesta pretende conocer los hábitos de utilización de las cocinas en los hogares ecuatorianos.

Tabla 2. Pregunta número 7 de la encuesta, con datos ingresados como ejemplo. Horarios de utilización de la cocina.

Nº de Utilización	Desde (hora)	Hasta (hora)	Número de hornillas utilizadas
1	6:00	8:00	4
2			
3			
4			

Para el cálculo de la muestra se ha considerado la siguiente expresión:

$$n = \frac{k^2 p q N}{e^2 (N-1) + k^2 p q} \quad (1)$$

Donde n es el tamaño de la muestra, k es una constante del nivel de confianza, para un 95% de confianza $k = 1,96$, e es el margen de error, p es la proporción de individuos que poseen el conocimiento exacto del uso de las cocinas en sus hogares, mientras que q es la proporción de individuos que no tienen el conocimiento, en este estudio se considera $p = q = 0,5$. Finalmente N es el tamaño del universo.

Tabla 3. Muestras, nivel de confianza y error muestral de la encuesta

Parámetro	Quito	Guayaquil	Cuenca	Total nacional
Población N	640.753	614.453	133.857	3.810.548
Muestra n	92	71	68	231
Nivel de Confianza	90,00%	90,00%	90%	95%
Error muestral e	8,60%	9,80%	10,00%	6,45%

Con las preguntas 8 y 9 de la encuesta se procura conocer los hábitos de baño y uso de artefactos para calentar agua en el Ecuador.

Tabla 4. Preguntas usadas para determinar hábitos de baño y uso de artefactos para calentar agua en el Ecuador

Preguntas usadas	
8. El agua con la que se ducha es...	Fría <input type="radio"/> Caliente <input type="radio"/>
9. ¿Qué artefacto utiliza para calentar el agua de su ducha?	Calefón eléctrico <input type="radio"/> Calefón a gas <input type="radio"/> Ducha eléctrica <input type="radio"/> Otros <input type="radio"/> ¿Cuál? _____

Dichas preguntas develaron los siguientes resultados:

Tabla 5. Hábitos de baño y uso de artefactos para calentar agua en el Ecuador

Dato	Sierra	Costa	Población	Muestra	Nivel de Confianza	Margen de error
Personas que se bañan con agua caliente	97%	37%	14.483.499	231	95%	6,45%
Hogares que usan calefón para calentar agua	51%	17%	3.810.548	231	95%	6,45%

El Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2009-2020 del CONELEC, muestra la curva de carga representativa, sin intervención, aplicando el promedio de potencias máximas mensuales para el año 2012, resulta una curva de carga tal como se ve en la Figura 1.

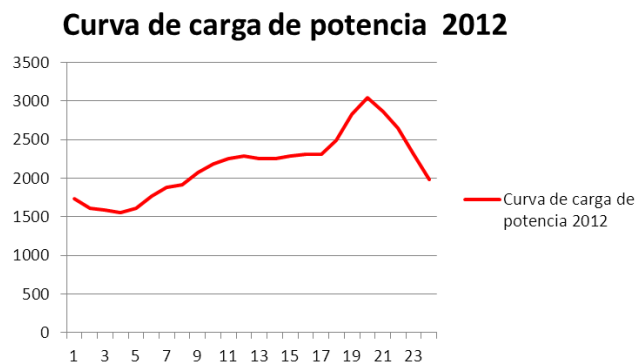


Figura 1. Curva de carga de potencia para el año 2012

Para el presente estudio se considera un modelo de cocina de inducción de 4 hornillas, cada una con una potencia máxima promedio de 1600 W (Degree, 2013). Se considera una potencia media de utilización de 800W por hornilla como lo sugiere la revista Consumer Eroski de España (Eroski, 2007). La potencia promedio de una ducha que se usa en la sierra del Ecuador es de 4500 W, mientras que en la costa es de 3200 W, estos datos sirven de base para la construcción de la demanda eléctrica por calentamiento de agua (Lorenzetti).

RESULTADOS

En la Figura 2 se observa la demanda de energía eléctrica estimada para el año 2012 en las principales ciudades del Ecuador para realizar el reemplazo de las cocinas de gas por las de inducción.

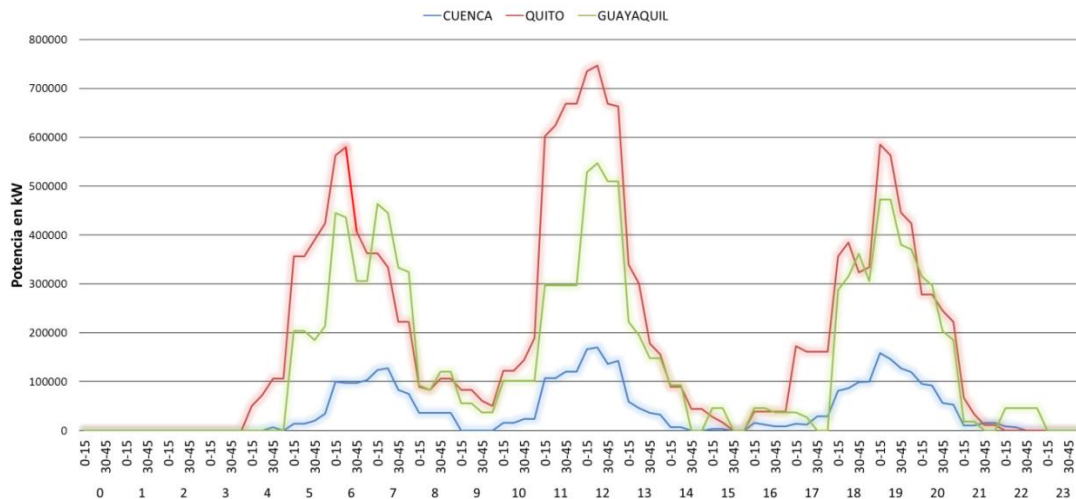


Figura 2. Potencia requerida por el reemplazo de las cocinas de GLP por cocinas eléctricas de inducción para el año 2012

La potencia ha sido estimada de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$P \left[\left(\sum_{i=1}^n P_i \right)_Q * F_{AQ} + \left(\sum_{i=1}^n P_i \right)_G * F_{AG} + \left(\sum_{i=1}^n P_i \right)_C * F_{AC} \right] * \frac{F_{ARP}}{1000} \text{ (kW)} \quad (2)$$

En donde, P es el consumo de potencia activa total a nivel país, P_i es el consumo en vatios (W) de la cocina por cada hora del día y F_A es el factor de ajuste proporcional para el número de hogares.

$$P_i = N_h * \overline{P_h} \quad (3)$$

Siendo N_h = Número de hornillas utilizadas en una hora específica y $\overline{P_h}$ = Potencia media de una hornilla (800W).

Los factores de proporcionalidad se han ajustado siguiendo el criterio de la Tabla 6.

Los siguientes análisis se harán para el año 2017 cuando todos los grandes proyectos hidroeléctricos planificados estén operativos y el plan de reemplazo de cocinas haya sido concluido, para lo cual las curvas de demanda de energía eléctrica se han ajustado de acuerdo a los datos estadísticos de crecimiento de la demanda de electricidad (4,86%) y de población (1,24%) en el Ecuador, las cuales se referencian en el punto anterior. Se asume el reemplazo del 90,66% de las cocinas en los hogares ecuatorianos, los cuales usan GLP.

Tabla 6. Factor de proporcionalidad

Localidad	Nº de Hogares N	Número de muestras n	Factor de Proporcionalidad $F=N/n$
Quito F_{AQ}	640.753	92	6964,71
Guayaquil F_{AG}	614.453	71	8654,27
Cuenca F_{AC}	133.857	68	1968,49
Resto País F_{ARP}	3.810.548	1.389.063	2,74

La proyección de la potencia para el año 2017 se la determina de la siguiente manera:

$$P_{2017} = D_{cc} + D_{ce} \tag{4}$$

Siendo D_{cc} la potencia debida al uso de las cocinas de inducción proyectada al año 2017, y D_{ce} la demanda de potencia por consumo eléctrico proyectada al año 2017.

$$D_{cc} = P_{cc2010} * e^{0,0124*K} \rightarrow K = 7 \tag{5}$$

$$D_{ce} = P_{ce2012} * e^{0,0468*K} \rightarrow K = 5 \tag{6}$$

En donde, P_{cc2010} es la potencia en MW estimada al 2010 por uso de cocinas de inducción, y P_{ce2012} es la potencia en MW estimada al 2012 por uso eléctrico (datos de la curva de demanda)

$$P_{2017} = P_{cc2010} * e^{0,0124*K} + P_{ce2012} * e^{0,0468*K} \tag{7}$$

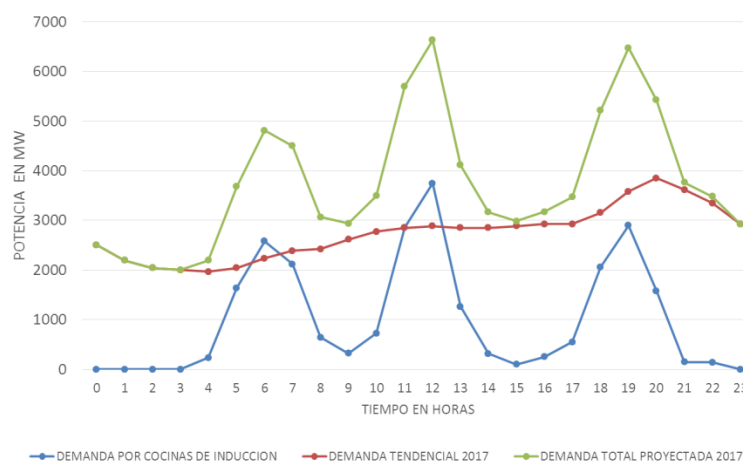


Figura 3. Curvas de carga para el año 2017

De esta manera se determina que, para un día típico en el año 2017, la potencia máxima de consumo, sin incorporar al sistema las cocinas de inducción, estaría alrededor de 3847,78 MW, mientras que la demanda típica máxima, incorporando el consumo de las cocinas de inducción, será de 6633,06 MW entre las 12 y 13 horas aproximadamente, lo cual representa un 72,39% adicional de potencia en el sistema eléctrico nacional, con respecto a la demanda tendencial. El siguiente pico de carga se produce entre las 19 y 20 horas con una potencia de 6471 MW, de la misma manera aparece un pico bastante significativo en la mañana de 6 a 7 am, con un valor de 4810,34 MW.

En cuanto a la energía demandada se aprecia un crecimiento del 36,66 % con respecto a la tendencia normal. En la siguiente tabla se muestra la composición de la energía demandada con respecto al consumo por las cocinas eléctricas de inducción.

Tabla 7. Demanda de Energía Diaria año 2017

Demanda de Energía Diaria Típica	GWh	%
Energía Tendencial 2017	65,80	73,17
Energía por Cocinas de Inducción	24,12	26,83
Energía Diaria Total	89,92	100,00

Adicionando la demanda de potencia por la sustitución de calefones a gas por sistemas eléctricos de calentamiento, se obtiene la curva que se muestra en la Figura 4.

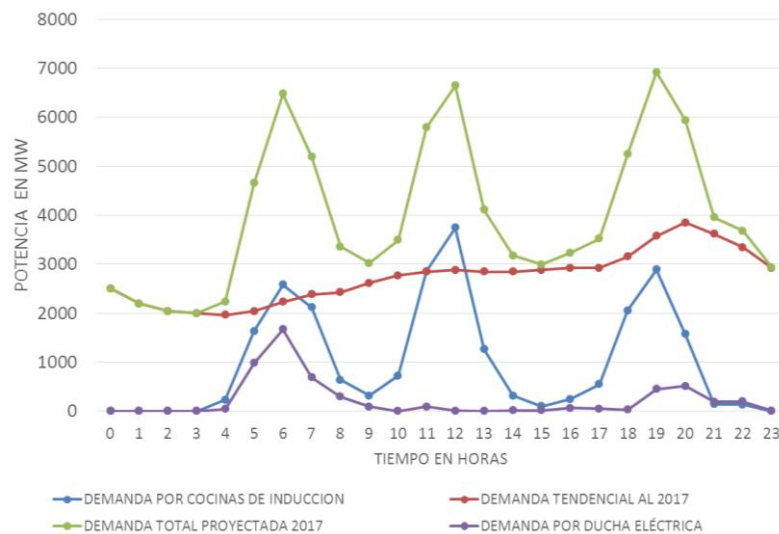


Figura 4. Curvas de carga para el año 2017 incorporando la demanda adicional al reemplazar calefones de GLP por sistemas eléctricos de calentamiento

Se puede apreciar una considerable demanda de energía eléctrica al reemplazar calefones a gas de uso doméstico existentes en el país. Como se observa la demanda máxima ocurre entre las 6 y 7 am, proyectándose una potencia de 1671,65 MW aproximadamente. A nivel de carga total, los tres picos de potencia se encuentran en valores más cercanos, así el pico máximo se registra entre las 19 y 20 horas con un valor de 6921,51 MW, lo cual representa un aumento del 79,88% con respecto a la curva tendencial, el siguiente pico corresponde entre las 12 y 13 horas con un valor de 6644,06 MW y el pico de la mañana corresponde entre las 6 y 7 am con un valor de 6481,99 MW proyectados.

En cuanto al balance de energía, la sustitución de calefones de gas por duchas eléctricas, representa un aumento adicional de 8,24 % con respecto a la energía tendencial sin modificación, el aumento de energía global causado por el reemplazo total de GLP por electricidad en este caso, aumenta en un 44,9 % la demanda eléctrica en el país.

Tabla 8. Demanda de Energía Diaria Año 2017 incorporando la sustitución de calefones de gas por duchas eléctricas

Demanda de Energía Diaria Típica	GWh	%
Energía Tendencial 2017	65,80	73,17
Energía por Cocinas de Inducción	24,12	26,83
Energía por reemplazo de calefones a gas	5,42	5,69
Energía Diaria Total	95,34	100,00

DISCUSIONES

Lo crítico en la implementación masiva de las cocinas de inducción en el Ecuador, son los picos de potencia requerida, desde finales del 2012 hasta 2017 este estudio considera un aumento de 3878 MW en el pico de potencia, lo cual demandaría al menos una potencia adicional en bornes de generación de 4308 MW (considerando una eficiencia de 0,9 en la red

de transmisión y distribución) frente a un aumento de 3420,81MW de potencia instalada hasta ese mismo año.

Tabla 9. Potencia Instalada Actual y Futura en el Ecuador

Fuente de Energía Primaria	Potencia Instalada MW
Hidráulica hasta 2012	2341,50
Combustible Fósil hasta 2012	2738,83
Futura Hidráulica hasta 2017	2964,81
Futuro Combustible Fósil hasta 2017	376,00
Futuro otras renovables hasta 2017	80,00
Total hasta 2017	8501,14

Cuando se habla de eficiencia energética en sistemas eléctricos nacionales se trata de retrasar al máximo la construcción de nuevas centrales. El caso ecuatoriano es atípico, ya que tiene un gran potencial hidroeléctrico que no ha sido explotado, sin embargo es necesario hacer un análisis en la optimización del uso de los recursos de producción de energía necesaria, así como incentivar a la generación distribuida como paso previo a las *Smart Grids*.

CONCLUSIONES

La sustitución total de cocinas de gas por eléctricas de inducción representa al menos un 36,66% de aumento en la demanda de energía eléctrica del país.

Sustituir calefones a gas por duchas eléctricas a más de las cocinas de inducción, provoca una demanda adicional de energía del 44,9%.

La incorporación masiva de la cocina de inducción en el Ecuador requiere de un aumento adicional de aproximadamente el 80% en la potencia requerida por el sistema nacional, lo que hace que sea necesaria la repotenciación del sistema de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

Se vuelve esencial la implementación de un nuevo anillo de interconexión entre las centrales generadoras con mayor nivel de tensión para suplir los requerimientos de demanda adicionales, caso contrario, se debería reemplazar los transformadores de las centrales actuales para elevar el nivel de tensión y mantener los calibres de conductores. Para ambos casos sería necesario la sustitución de los transformadores de las subestaciones de distribución para mantener los conductores actuales de las redes de distribución de media y baja tensión.

Es necesario incorporar tarifas diferenciadas de energía por horario en el sector doméstico, para modular la curva de carga, haciendo menor la diferencia entre puntos máximos y mínimos en la curva de potencia.

Se debería incentivar el uso de sistemas solares de calentamiento de agua sanitaria para minimizar el impacto en el sector eléctrico.

La importancia de este trabajo radica en brindar una curva de carga estimada de demanda de energía que pueda ser usada por diferentes instituciones, tanto educativas como gubernamentales que manejan el sistema eléctrico nacional, para evaluar los impactos en los diferentes componentes de la red, generación, transmisión y distribución, así como también el comportamiento que tendrá el consumo de energía eléctrica en los consumidores del sector residencial ante una posible aparición de una tarifa diferenciada por horario.

REFERENCIAS

- ANDES. (2013). <http://www.andes.info.ec/es/economia/2015-ecuador-reemplazara-cocinas-gas-cocinas-induccion.html>
- CONELEC. (2013). Consejo Nacional de Electricidad, <http://www.conelec.gob.ec>
- Degree. (2013). Estufa de Inducción Manual de Uso INDU-4A, <http://www.degree.com.mx/images/archivos/Parrila-INDU-4A.pdf>.
- EROSKI (2007). Consumer Eroski, «Placas Vitrocerámicas y de Inducción,» Consumer Eroski, ISSN: 1138-3895, n° 108, pp. 43-47.
- Herrera-Herrera, A. (1996). Tesis Gerenciamento da Demanda Mediante Substituição Energética na Cocção Residencial, Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidades de São Paulo, São Paulo.
- INEC. (2010). Instituto Nacional de Estadística y Censos, www.inec.gob.ec
- Lorenzetti. Duchas Lorenzetti, características de productos, <http://www.lorenzetti.com.br>
- Muñoz, J.P. (2012). Análisis de la incidencia del uso de cocinas eléctricas de inducción.
- Salazar, J., Peña-Idrovo, A. (2010). Tesis Estudio Técnico-Comparativo para la Introducción de Cocinas Eléctricas de Inducción Magnética en el Ecuador, Escuela Politécnica Nacional, Quito, mayo de 2010.
- USBR U.S. Department of the interior, Bureau of reclamation. (2005). Hydroelectric Power, Reclamation, Managing Water in the West, Power Resources Office, www.usbr.gov/power/edu/pamphlet.pdf