

Estimación de la demanda energética mensual mediante encuesta aplicada en la Provincia de Santa Elena

Christian Pavón¹ y Julio Barzola^{1,2}

Fecha de recepción:
30 de octubre, 2015

Fecha de aprobación:
4 de diciembre, 2015

Resumen

En el dimensionamiento óptimo de una micro red es de mucha importancia identificar en el lugar de estudio, el potencial energético renovable y la demanda de consumo energético mensual de las familias. El presente trabajo muestra la metodología y resultados de una encuesta de consumo de energía eléctrica que se aplicó *in situ* a una muestra de la población de hogares de la parroquia rural Atahualpa, provincia de Santa Elena. Luego, estos resultados recopilados fueron tabulados y procesados; y se estimó, mediante estadísticas de muestreo, la demanda de energía eléctrica promedio mensual de viviendas. El consumo mensual de energía eléctrica para viviendas familiares fue de 195 kWh y viviendas de negocio de 446 kWh. El consumo mensual *per cápita* familiar fue de 39 kWh. Finalmente, este estudio evidencia la importancia de la metodología y resultados obtenidos, los cuales pueden servir para tomar decisiones del ámbito energético tanto a nivel de región, como a nivel de país, mediante políticas públicas adecuadas para abordar el problema de una mejor redistribución energética.

Palabras clave: Encuesta, electricidad, estimación estadística, demanda energética mensual.

Abstract

For the optimal sizing of a microgrid system it is very important to identify the location, the renewable energy potential and the monthly energy demand of household consumption. This paper presents the methodology and results of a survey of electric energy consumption that was applied *in situ* to a sample of the population of households in Atahualpa, a rural parish in the province of Santa Elena. These collected results were tabulated and processed. The average of the demand for electric energy monthly for housing was estimated by means of statistical sampling. The monthly consumption of electricity for households was 195 kWh and for business houses was 446 kWh. The monthly per capita consumption was 39 kWh. Finally, this study shows the importance of the methodology and results obtained. They can be used to make decisions in the energy field, both in terms of region and country level, through appropriate public policies to address the problem of better energy redistribution.

Keywords: Survey, electricity, statistical estimation, monthly energy demand

¹ Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil (Ecuador), cpavonb@ulvr.edu.ec, jbarzola@ulvr.edu.ec

² Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil (Ecuador), jjbarzol@espol.edu.ec

Introducción

Actualmente se está trabajando con estándares y diseños orientados en la migración de redes eléctricas tradicionales a las del tipo *inteligentes*, las cuales cuentan con la característica esencial, la comunicación bidireccional entre el usuario y la empresa distribuidora, evolucionará en el aprovisionamiento y producción de energía eléctrica a partir de la micro generación con fuentes de energías renovables desde el lado del usuario (Barzola y Rubini, 2014).

En este contexto, el sector residencial se ha convertido en uno de los más importantes sectores consumidores de energía eléctrica. Existen países, como el Reino Unido, en el que se consume más en los hogares que en la transportación o la industria (Godoy-Shimizu, Palmer y Terry, 2014). Esto ha llevado a varias entidades internacionales y nacionales a tomar acciones, empezando por diseñar programas para obtener indicadores adecuados que permitan tomar acciones políticas eficaces para solucionar los problemas de falta de electrificación, impacto ambiental, costo de producción eléctrica, entre otros.

Por otra parte, existen todavía lugares remotos que están poblados y que no cuentan con la cobertura de la red eléctrica nacional o no están satisfechos con el servicio debido a las intermitencias y el costo de la boleta mensual.

Por lo arriba expuesto, se están considerando proyectos enmarcados en sistemas de producción eléctricos denominados *microgrid* que pueden ser integrados con fuentes de energías renovables de la localidad y así lograr mermar las necesidades de estas comunidades. De ahí que, para dimensionar una microgrid con fuentes renovables se

requiere conocer los siguientes componentes en primeras instancias: *i)* analizar el potencial o recurso natural que tenga la comunidad de estudio (Pavón, Barzola, Cabrera, Briones y Espinoza, 2015); *ii)* estimar la demanda de consumo energético de la comunidad, objetivo del presente trabajo; *iii)* diseñar el sistema microgrid considerando cada uno de sus componentes de forma optimizada y, *iv)* considerar la factibilidad técnica y económica de la propuesta versus el precio ofertado por la empresa distribuidora de energía local (Barzola y Rubini, 2015).

El presente trabajo tiene como finalidad estimar la demanda del consumo energético mensual de los hogares de la parroquia rural Atahualpa, provincia de Santa Elena. Para ello se propone una metodología y se presentan resultados de una encuesta de consumo eléctrico que se aplicó *in situ* a una muestra de la población de estudio. Estos resultados junto a los del potencial energético eólico y solar de la zona geográfica estudiada, serán datos de partida para el dimensionamiento de una microgrid con sus componentes fotovoltaico y eólico que responderá a las necesidades de la población como alternativa de electrificación.

Metodología

En este apartado se especifican las actividades llevadas a cabo con el fin de cumplir el objetivo propuesto en el presente artículo.

Tamaño de la muestra a encuestar

Se realizó el cálculo del tamaño de la muestra, tomando en cuenta que la población es de aproximadamente 3600 personas, distribuidas en 812 viviendas, de las cuales el 76 % no tienen satisfechas las necesidades básicas, entre ellas la electrificación (INEC, 2010).

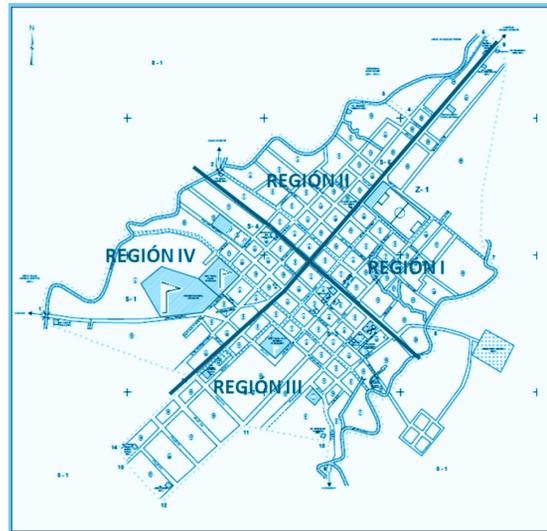


Figura 1. Distribución de regiones en la Parroquia Atahualpa - Santa Elena.

El tipo de muestreo considerado es el aleatorio simple y se utiliza la fórmula (1) (Walpole, Myers, R., Myers, S. y Ye, 2012). Si consideramos un nivel de confianza del 95 % el valor de Z tomado en base a una distribución normal sería 1,96. El tamaño de la población es $N = 812$. El margen de error aceptado es del 5 %, por lo que el valor de $e = 0,05$. Por último se considerará el valor de respuesta como 76 %, por lo que $p = 0,76$ y $q = 0,24$. En base a esto el tamaño de la muestra se calculó de la siguiente forma:

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

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

$$\frac{(196)^2 (812)(0,76)(0,24)}{(0,05)^2 + (196)^2 (0,76)(0,24)} = 209$$

A continuación, y en base al resultado de 209 viviendas a encuestar, se realizó una

distribución estratificada de la muestra. La Figura 1 muestra la división de la parroquia en cuatro regiones: I, II, III y IV:

Diseño y aplicación de la encuesta

La encuesta fue diseñada por el grupo de profesores investigadores y auxiliares de investigación del proyecto ULVR-14-34. La encuesta contenía información relevante acerca del consumo de energía eléctrica, tal como se indica a continuación en la Tabla 1.

Para la aplicación de la encuesta *in situ*, se planificaron dos visitas técnicas, realizando aproximadamente 105 encuestas en cada visita. Los días destinados para realizarlas fueron el 15 y 22 de agosto de 2015. El grupo estuvo conformado por tres profesores investigadores y 6 estudiantes auxiliares de investigación.

Resultados de la encuesta

En total se realizaron 214 encuestas, de las cuales 208 viviendas contaban con el servicio

Tabla 1. Detalle de la información requerida en la encuesta aplicada.

Tipo de información	Información contenida
Información básica de la localidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Encuestador (a) • Fecha de Entrevista • Hora • Provincia • Cantón • Región • Número de Registro • Persona Entrevistada (jefe del hogar)
Información sobre la vivienda.	<ul style="list-style-type: none"> • Uso • Tiempo que viven en la casa (años) • ¿Cuenta con el servicio de energía eléctrica? • Fuente • ¿Cuánto paga al mes? (en dólares) • Nivel económico de la vivienda • Material predominante en la vivienda • ¿Cuántas personas habitan en la vivienda?
Información sobre aparatos eléctricos de la vivienda.	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo y cantidad de artefactos eléctricos comunes en viviendas tales como: focos, televisores, radios, etc.

de energía eléctrica y 6 no contaban con el mismo. En la tabla 2, algunos resultados adicionales se muestran a continuación:

Estimación del consumo según planilla

Según la Agencia de Regulación y Control de Electricidad del Ecuador (ARCONEL),

el costo del kWh en regiones rurales es de aproximadamente \$0,14 incluido los rubros de bomberos y tasa por recolección de basura; así como el pago por el servicio de alumbrado público general (ARCONEL, 2014). Por otro lado, se calculó el consumo promedio mensual de los habitantes de Atahualpa, en base a la encuesta realizada.

Tabla 2. Resumen de algunos resultados de la encuesta aplicada.

Categoría	Subcategoría	Resultados
Nivel económico	Alto	20
	Medio	162
	Bajo	32
Material predominante de la vivienda	Madera	10
	Madera y cemento	78
	Cemento	121
	Otro	5
Uso de la vivienda	Vivienda	158
	Otra actividad productiva asociada	56
Número de personas que habitan en la vivienda	Dos o menos	34
	De tres a cinco	101
	De seis a diez	74
	Once en adelante	4
	Promedio de personas por vivienda	5

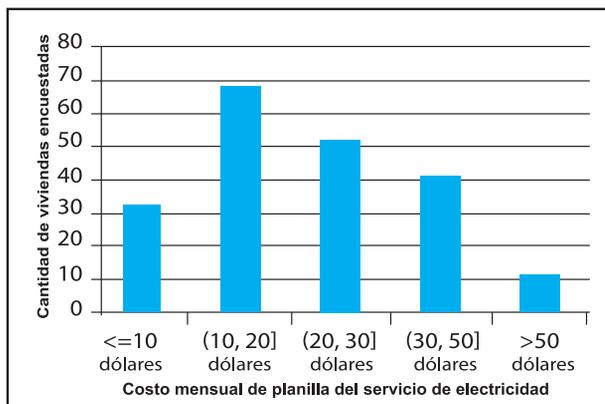


Figura 2. Distribución del costo mensual de las viviendas encuestadas.

Como se puede apreciar en la Figura 2, los rangos más altos están en los intervalos de 10 a 20 dólares y en el de 20 a 30 dólares. En total existen 120 viviendas dentro de estos valores. Tomando en cuenta el total de casas encuestadas, el promedio de pago mensual es de 26,4 dólares.

Con estos datos, se puede realizar un primer estimado de la demanda mensual en kWh de la población, en base a los resultados de la encuesta aplicada a la muestra. Se ha considerado la ecuación (2) para el respectivo cálculo:

$$\text{Demanda mensual} = (26,4 \text{ dólares}) / (0,14 \text{ dólares/kWh}) = 189 \text{ kWh} \quad (2)$$

Estimación a partir de la cantidad de electrodomésticos

Para poder contrastar la información anterior, en la encuesta se registró la cantidad de artefactos eléctricos que funcionaban en los hogares. Luego se realizó el cálculo de la cantidad de artefactos promedio por vivienda en base a todos los datos tabulados. Finalmente, se tomaron valores de consumo promedio que tenía cada artefacto. Esta información se la obtuvo de un estudio

realizado por la Cooperativa de Electricidad de Ranchos (C.E.R.), distribuidora particular de electricidad en Argentina (C.E.R., 2012). También, desde otro estudio realizado por el Centro de Estudios en Medio Ambiente y Energías Renovables (CEMAER), en el 2012, se registraron la cantidad de horas mensuales promedio que dichos artefactos permanecen encendidos. Barzola (2014) corrobora estos cálculos mediante estimación realizada en la ciudad de Guayaquil.

Paralelamente, fueron tabuladas las viviendas que tenían una actividad económica adicional. Se realizó un conteo de la cantidad de herramientas de ebanistería en cada una de estas viviendas –en la mayoría las había– y se tabuló un equivalente en herramientas de 1 HP. Los resultados son resumidos en la Tabla 3.

Como se puede apreciar en la Tabla 3, el resultado de consumo promedio mensual, basado en la cantidad de artefactos eléctricos en viviendas, fue de 195 kWh. Si comparamos este resultado, con el que se obtuvo por consumo en planilla de energía eléctrica, fue de 189 kWh, se observa que son valores muy cercanos, con apenas una diferencia de 6 kWh.

Tabla 3. Resultados de consumo por cantidad de artefactos.

Nombre de artefacto	Promedio por vivienda	kWh / h	Horas / mes	kWh / mes
Radio	0,6	0,08	20	1,0
Equipo de sonido	0,4	0,038	20	0,3
Televisor	1,1	0,12	180	24,1
Computadora de escritorio	0,2	0,36	50	4,3
Computadora portátil	0,1	0,36	50	2,3
Ventilador	0,4	0,07	150	4,4
Lavadora	0,4	0,4	40	6,8
Focos	4,3	0,06	150	38,6
Cocina eléctrica	0,1	0,1	60	0,5
Teléfono	0,3	0,02	5	0,0
Refrigerador	0,9	0,184	600	99,5
Congelador	0,0	0,15	660	3,1
Cafetera	0,0	0,2	5	0,0
Aire acondicionado	0,0	0,99	100	1,3
Horno eléctrico	0,0	1	5	0,0
Microondas	0,1	1,3	5	0,7
Sanducheras	0,2	0,8	5	0,7
Televisión por cable	0,4	0,05	150	2,7
Plancha	0,8	0,55	5	2,3
Calentador de agua	0,0	2,5	5	0,6
Licuadora	0,8	0,35	5	1,4
Extractor de jugos	0,0	0,12	5	0,0
Olla arrocera	0,2	0,15	20	0,6
Sartén eléctrico	0,0	0,2	20	0,1
Cepillo eléctrico	0,0	0,7	5	0,0
Herramientas 1 HP	2,1	0,75	160	250,2
Consumo promedio mensual en viviendas (kWh)				195
Consumo promedio mensual en negocios (kWh)				446

Finalmente, se realizó el cálculo aproximado de consumo promedio mensual para viviendas que tenían alguna actividad productiva asociada. En general, Atahualpa se caracteriza por fabricar y comercializar

muebles de madera, lo que implica que la mayoría de negocios se dedicaban a dicha actividad. El resultado obtenido, que se puede apreciar en la Tabla 3, fue de 446 kWh.

Estimación del consumo promedio per cápita

Durante la encuesta, se preguntó la cantidad de personas que habitan en cada vivienda. En base a esto, se calculó la cantidad de personas promedio que habitan en las viviendas de la parroquia Atahualpa.

Como se puede apreciar en la Figura 3, los rangos más altos están en los intervalos de 2 a 5 personas y en el de 5 a 10 personas. En total existen 175 viviendas dentro de estos valores. Tomando en cuenta el total de casas encuestadas, el promedio de personas que habitan en una vivienda es de 5.

Con estos datos, se puede realizar un primer estimado del consumo promedio mensual de energía eléctrica per cápita de la población, en base a los resultados de la encuesta aplicada a la muestra. Esto se lo realizó mediante el siguiente cálculo:

$$\text{Consumo promedio mensual per cápita} = 195 \text{ kWh} / 5 \text{ personas} = 39 \text{ kWh} \quad (3)$$

Conclusiones

Con los resultados obtenidos y con las mediciones meteorológicas que actualmente

se están ejecutando, será el punto de partida para el diseño de una microgrid integrada con fuentes de energías renovables de la localidad. Luego de esto, se procederá a realizar un análisis técnico financiero de la factibilidad del sistema.

La importancia de este tipo de resultados es indiscutible. El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, en conjunto con el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador han iniciado, desde el 2009, un programa para la investigación de información ambiental (MEER, MER e INEC, 2014a y 2014b). Sin embargo, en este portal solo se encuentra información de tipo energético a nivel de país, de provincias y de ciudades principales, y no se encuentra el detalle de consumo por cantones o parroquias rurales.

Por esta razón, se ha decidido realizar un aporte significativo en el planteamiento de una metodología que puede servir de base para empezar a recolectar esta información en todos los cantones o parroquias rurales del Ecuador, ya que este tipo de indicadores puede ser útil para la toma de decisiones en la política pública del país.

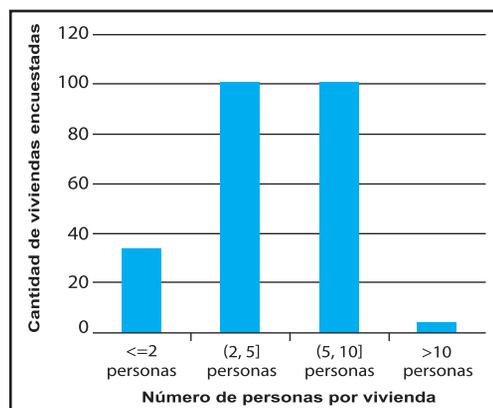


Figura 3. Distribución de la cantidad de personas por vivienda.

Referencias

- Agencia de Regulación y Control de Electricidad del Ecuador. (2014). *Preguntas frecuentes sobre la aplicación del nuevo pliego tarifario*. Recuperado de <http://goo.gl/40RoLi>
- Barzola, J., y Rubini, L. (November, 2014). The telegestore system evolved according OSI model and its performance compared with the new IEEE 1901.2 standard. *Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXIV)*, pp. 1–4. doi: <http://doi.org/10.1109/CONCAPAN.2014.7000448>
- Barzola, J. (octubre de 2014). ¿Es posible la Grid Parity en Ecuador? *Revista Tecnológica ESPOL*, 27(1), 30–39. Recuperado de <http://goo.gl/Ji2OY3>
- Barzola, J., y Rubini, L. (2015). Análisis técnico y financiero de Grid Parity residencial con fuente de energía solar. *Revista Científica YACHANA*, 4(1), 11–18. Guayaquil, Ecuador: Editorial de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.
- Cuánto consumen de electricidad los aparatos eléctricos. (2010). En *Energía Solar*. Recuperado de <http://goo.gl/OZKYAq>
- Cooperativa de Electricidad de Ranchos Ltda. (s.f.). *Cuánto consumen los electrodomésticos*. Recuperado de <http://goo.gl/FTzoDY>
- Godoy-Shimizu, D., Palmer, J., y Terry, N. (October, 2014). What Can We Learn from the Household Electricity Survey? *Buildings*, 4, 737-761. Recuperado de <http://goo.gl/w7cMxK>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador. (2010), *Resultados del Censo del 2010*. Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/resultados/>
- MEER, MER e INEC.(2014a). *Sistema integrado de estadísticas ambientales*. Recuperado de <http://goo.gl/c7spB8>
- MEER, MER–INEC. (s.f.), *Taller Desarrollo de Capacidades para la Integración de Objetivos de Desarrollo Sostenible de Energía, Metas e Indicadores en los Programas Nacionales de Estadísticas en Países de América Latina* [Láminas de presentación] Recuperado de <https://goo.gl/0yQMqj>
- Pavón, C., Barzola, J., Cabrera, F., Briones, C., y Espinoza, M. (July, 2015). Fuentes de Energías Renovables como potencial de producción eléctrica en zonas rurales del Ecuador. 13th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. (pp. 1–2). Recuperado de <http://goo.gl/waOwm4>
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S. y Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México: Perason.

Para citar este artículo utilice el siguiente formato:

Pavón, C. y Barzola, J. (julio-diciembre de 2015). Estimación de la demanda energética mensual mediante encuesta aplicada en la Provincia de Santa Elena. *YACHANA, Revista Científica*, 4(2), 22-29.