



Metodología para la medición de indicadores energéticos en viviendas unifamiliares de ciudades del Ecuador.

Jessica Ortiz¹ y Andrea Calle¹

¹Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Cuenca, jessica.ortizf@ucuenca.ec,
andrea.calleb@ucuenca.ec.

Resumen

Esta investigación propone una metodología aplicada a las ciudades del Ecuador para la toma de datos energéticos en la fase de uso de las viviendas unifamiliares, ya que este período se considera como el de mayor consumo por ser el más largo dentro del ciclo de vida de las edificaciones. Para ello se considera criterios de eficiencia energética y se especifica las herramientas que pueden ser útiles para la medición de cada indicador energético de las viviendas, de manera que se pueda cuantificar y consecuentemente facilitar una evaluación energética. Dentro del tema de energía, se logra determinar varios criterios como el de envolvente, iluminación, ACS, uso de electrodomésticos eficientes y espacios de secado; cada uno de estos criterios comprende varios subcriterios, más específicos, para los cuales se establecen sus respectivas unidades de cálculo, lo cual permite posteriormente la evaluación de los mismos mediante indicadores. Las metodologías que se proponen surgen de un estudio de varias fuentes bibliográficas sobre investigaciones del tema energético en la vivienda, las cuales se seleccionan luego de analizar, principalmente, la accesibilidad que se tiene a la herramienta de evaluación bajo las condiciones locales.

Palabras clave: metodología para la medición, eficiencia energética, vivienda unifamiliar, fase de uso.



1. Introducción

La creciente preocupación por la conservación del medio ambiente y en particular por el cambio climático, ha hecho necesaria la búsqueda de soluciones capaces de corregir los efectos causados a nivel mundial. Además con los acontecimientos derivados de la alarma sobre el fin de la era petrolera y el alza del precio del crudo, se volvió a dar importancia al fomento del ahorro y la eficiencia energética en todos los sectores. De esta manera, lograr un mejor uso de la energía; procurando el empleo de menos insumos para el mismo producto, e incentivando modificaciones tecnológicas, se ha convertido en una tarea indispensable. (Guzmán, 2009)

La sociedad actual necesita para su habitabilidad, mantener un nivel de confort adecuado dentro de sus viviendas, lo que en muchos casos implica un alto consumo energético, este depende primordialmente del usuario y la demanda de equipos mecánicos necesarios para alcanzar dicho confort. Es así, que se ha producido una mayor concientización, tanto de los ciudadanos como de los proyectistas, para reducir el consumo energético y de esta manera contribuir a minimizar diferentes problemas medioambientales, como el cambio climático y la escasez de recursos. (Rey, 2006)

En este campo, en muchos países se han realizado varias investigaciones que buscan la eficiencia energética de las edificaciones; estas han contribuido con la generación de normativas e incentivan el uso eficiente de la energía. Así también aparecen sistemas de evaluación que inquietan la optimización energética, las cuales establecen metodologías y herramientas actualizadas y homologables internacionalmente para diferentes aspectos de la edificación y en sus diversas fases dentro del ciclo de vida, lo que nos permite medir el rendimiento general de esta y la evaluación de su sostenibilidad. (VERDE_NE, 2012)

“Los métodos de evaluación sirven como instrumentos que proporcionan indicadores cuantitativos del desempeño y como herramientas de calificación para determinar el nivel de rendimiento de un edificio.”(Quesada, 2014)

La certificación que se alcanza con los métodos de evaluación, constituye un incentivo para la implementación de prácticas sustentables en el sector constructivo; debido a la alta credibilidad de la institución que otorga este reconocimiento.

Actualmente existen pocos países con sistemas de evaluación y certificación propia, que son utilizados a nivel mundial, sin embargo lo preferente es emplear métodos locales de evaluación, ya que estos se basan en la legislación y normativa nacional, además que toman en consideración el contexto climático y geográfico. (ICLEI, 2011)

Ya en el contexto local, el Ecuador no ha tenido una práctica habitual de estrategias sustentables que contribuyan a reducir el consumo energético dentro del sector residencial, a pesar de ser el tercer mayor consumidor de energía después del sector transporte. La tendencia histórica indica que esta situación no va a variar de manera significativa para el año 2020, por lo tanto es necesario cambiar las formas de construcción en el país con la finalidad de reducir el consumo de energía durante la operación de la edificación. Una de las causas de que el sector residencial sea un gran consumidor de energía, es la presencia de subsidios a la electricidad y al GLP, que han hecho que los constructores prefieran economizar en la inversión inicial de las viviendas para resolver el problema del confort en etapas posteriores usando equipos de alto consumo energético (NEC, 2011).



En el país, como en muchos otros, la evaluación de las edificaciones contribuiría con la implementación de prácticas sustentables. Para lograr dicha evaluación, es necesario cuantificar una serie de criterios mediante la evaluación de indicadores. En el presente estudio se plantea una metodología para la toma de datos del consumo energético en la fase de uso de las viviendas unifamiliares, para ello se parte del estudio “Eficiencia energética en edificaciones residenciales”(Guillén, 2014) donde se propone los requerimientos que deben ser evaluados para este fin. En base a los requerimientos definidos en este estudio se analiza la categoría energía de cinco métodos de evaluación, así como también la Norma Ecuatoriana de la Construcción, para determinar los indicadores que deben ser considerados al evaluar las viviendas unifamiliares de las ciudades del Ecuador.

2. Requerimientos e indicadores para la evaluación del consumo de energía en la edificación residencial

Una propuesta de los requerimientos que se deberían considerar para la evaluación del consumo energético de la edificación residencial, es la que se expresa en el estudio “Eficiencia energética en edificaciones residenciales”(Guillén, 2014), la misma que surge del análisis de cinco métodos de evaluación. En ella se plantea 9 requerimientos, siendo estos: envolvente térmica, iluminación, electrodomésticos, energía renovable, agua caliente sanitaria (ACS), climatización, ascensor, espacio de secado y emisiones. Tabla1.



Tabla 1. Requerimientos para la evaluación de energía en la edificación residencial. Fuente: (Guillén, 2014)

A partir de esto, se realiza un estudio de los requerimientos anteriormente expuestos, en los 5 métodos de evaluación, para determinar cuáles son los indicadores que se consideran en cada uno de ellos y cuáles son aplicables a viviendas de tipo unifamiliar. Los métodos que se estudian son:

- Qualitel Habitat & Environnement Millésime 2012
- LEED Homes v4
- BREEAM ES Vivienda 2011 Vβ
- CASBEE for Home
- VERDE Vivienda Unifamiliar versión 2015



Del estudio de los requerimientos se elabora la tabla 2, donde se describen 8 requerimientos, pues se omite el de ascensores, ya que el estudio se centra en viviendas unifamiliares. En la tabla se observa los distintos métodos que consideran los 8 requerimientos y se especifica sus respectivos criterios de evaluación, así como sus indicadores, Se determina lo siguiente:

Envolvente, los indicadores que considera son: transmitancia térmica (Factor U), el cual lo consideran todos los métodos. Coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC), que lo consideran cuatro métodos. Tasa de infiltración de aire (m³/min por m²) considerado en tres métodos. Orientación y emplazamiento (factor forma, orientación según zonas climáticas, efectos de elementos de sombra) que lo considera para la evaluación los métodos LEED y VERDE, en los otros métodos se los considera como prerrequisito. Ganancia solar (porcentaje de ventanas en relación con la fachada), el cual la evalúan la mayoría de métodos.

Iluminación, comprende criterios para la iluminación artificial y natural, sin embargo en los métodos se observa que, dentro de la categoría energía, se considera mayormente la de tipo artificial, ya que lo que se evalúa es el consumo. El criterio de iluminación natural algunos métodos lo consideran en otras categorías como ambiente interior. Los indicadores considerados son: presencia de sensores de luz natural o algún otro tipo de sistema de control lumínico, iluminación natural de baños, luminarias de bajo consumo, comprobando los valores de eficacia luminosa (lm/W), índices de reproducción cromática (IRC), Consumo de electricidad por iluminación.

Electrodomésticos, el criterio que se evalúa hace referencia al etiquetado de eficiencia energética en los equipos, y lo consideran la mayoría de métodos a excepción de Qualitel. El indicador consiste en la calificación energética que tenga el equipo.

Uso de energías renovables, comprende el indicador porcentaje de reducción de consumo de energía convencional, que se refiere al empleo de energías diferentes a la convencional, como las solares, hidráulicas, eólicas, o biomasa y es un criterio que se considera en todos los métodos de evaluación. Mediante este, se fomenta la generación de energía que satisfaga significativamente parte de la demanda energética y permita cuantificar el ahorro total de emisiones de carbono.

Agua Caliente Sanitaria (ACS), los criterios dentro de esta categoría lo analizan en su mayoría todos los métodos y consisten en el empleo de tecnologías bajas en carbono para el calentamiento del agua y en la eficiencia del diseño del sistema, los cuales son evaluados en casi todos los métodos. Sus indicadores consisten en: eficiencia de los equipos (verificación de la eficiencia térmica del equipo y con bajas emisiones), rendimiento del sistema (Longitud y aislamiento de tubería) y contribución mínima anual de energía renovable

Equipos de climatización, en este aspecto se determina el nivel de consumo de energía convencional de los equipos para calefacción, refrigeración, ventilación, etc. en hogares. Sus criterios de evaluación son: equipos de bajo consumo energético y el diseño e instalación eficiente de los sistemas, los cuales se evalúan en tres métodos. Sus indicadores, lo analizan en todos los métodos.



Espacio de secado, el indicador que comprende es considerado solamente en un método de evaluación, y lo que se busca es proporcionar a la vivienda un medio para secar la ropa que cumpla con dimensiones mínimas en: ancho, altura y total de metraje de tendal. Además de comprobar que sea un espacio con ventilación natural y se encuentre protegido de vistas desde el exterior de la vivienda.

Tasas de emisión, lo considera dos métodos y se enfoca en minimizar las emisiones que puede producir una vivienda. En un método se considera el CO₂ (Dióxido de carbono); y en otro, el NO_x (óxidos de nitrógeno). La finalidad de este requerimiento es comprobar la reducción de emisiones de CO₂ asociadas al consumo operativo de energía, para esto se prestan programas de modelado virtual que ayudan a comprobar los cálculos de emisiones de CO₂ dando índices porcentuales de eficiencia energética. Sus indicadores son: porcentaje de rangos de emisiones de CO₂ con respecto a valores referenciales y valor mínimo de emisiones de NO_x (gas producto de la combustión en calderas o calefones).

REQUERIMIENTOS	INDICADORES	MÉTODOS DE CERTIFICACIÓN				
		Qualitel	LEED	BREEAM	CASBEE	VERDE
ENVOLVENTE	Factor U (W/m ² K)	✓	✓	✓	✓	✓
	SHGC		✓		✓	
	Infiltración de aire m ³ /min por m ² de ventana o puerta	✓	✓	✓		
	Orientación y emplazamiento		✓			✓
	Ganancia Solar (%)				✓	
ILUMINACIÓN	Iluminación natural del baño	✓				
	Presencia de sensores de luz		✓	✓		
	Eficacia luminosa de las lámparas: Lm/W e índice de reproducción cromática	✓		✓		
ELECTRODOMÉSTICOS	Verificar que los electrodomésticos cuenten con etiqueta de eficiencia energética		✓	✓	✓	✓



ENERGÍAS RENOVABLES	Porcentaje de reducción de consumo de energía convencional por el uso de energías renovables	✓	✓	✓	✓	✓
ACS	Eficiencia térmica de equipo para el calentamiento de agua	✓	✓		✓	✓
	Rendimiento del sistema (Reducir demanda)					✓
	Contribución mínima de energía renovable	✓	✓		✓	✓
EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN	Equipos eficientes energéticamente	✓	✓		✓	
	Sistemas eficientes		✓		✓	✓
ESPACIO DE SECADO	Contar con un espacio eficiente para el secado de ropa			✓		
TASA DE EMISIÓN	Minimizar emisiones de CO2			✓		
	Minimizar emisiones de NOx					✓

Tabla 3. Requerimientos e indicadores para edificaciones residenciales considerados en métodos de evaluación.

3. Análisis de metodologías para la medición del consumo energético

En los últimos años se han realizado muchos estudios para evaluar el consumo energético de las viviendas, utilizando herramientas de software que permiten ejecutar análisis más dinámicos. (Cesaratto, 2013) Tanto el monitoreo como las mediciones son herramientas útiles para la evaluación del funcionamiento de un edificio y consecuentemente para su diagnóstico apropiado.

En el tema energético, es sustancial determinar aspectos constructivos, fuentes y consumos de energía, características de equipos, electrodomésticos y el comportamiento y operación de los miembros del hogar. (M. Bagoña, Lopusniak, M., Katunsky, D., Vertal, M., 2014; Martínez, 2010) Para esto se ha recopilado información de distintos proyectos de investigación, que se clasifican en las tablas 4 y 5. En la primera se indican estudios enfocados en la monitorización y medición de datos, clasificando los aspectos y variables



que analizan además de señalar la metodología aplicada para la medición del consumo eléctrico, donde se puede observar como algunas investigaciones se remiten a la norma ISO 13790:2008, y otras utilizan equipos de medición directa. Y en la segunda tabla se detallan las investigaciones que recopilan datos por medio de encuestas, en esta se determina cuáles son las variables más frecuentes.

ASPECTOS	VARIABLES	"In situ measurement and service monitoring of low-energy building"	"Measured energy and water performance of an aspiring low energy/carbon affordable housing site in the UK"	"Evaluation of Green Buildings' Overall Performance through <i>in situ</i> Monitoring and Simulations "	"Proyecto Sech-Spahousec, Análisis del consumo energético del sector residencial de España "
Información de consumo energético	Consumo eléctrico	✓	✓	✓	✓
	Tipo de combustible y fuentes energéticas utilizadas	✓	✓	✓	✓
	Consumo de agua caliente		✓		✓
Características del edificio	Área de construcción	✓	✓	✓	✓
	Propiedades termo técnicas básicas (Factor U)	✓		✓	
	Número de dormitorios		✓		✓
	Número de pisos		✓	✓	✓
	Tipo de ventanas	✓			✓
	Niveles de luminancia e iluminación			✓	
	Forma de la vivienda			✓	✓
Miembros/ Usuarios del hogar	Número de miembros		✓		
Condiciones climáticas internas y externas	Temperatura promedio interior	✓	✓	✓	
	Temperatura exterior	✓	✓	✓	✓
	Humedad relativa	✓	✓		✓
	Intensidad de radiación solar	✓		✓	

Tabla 4. Metodologías para la medición del consumo energético de viviendas (medición y monitorización)
Fuente: (Asdrubali, 2013; M. Bagoña, Lopusniak, M., Katunsky, D., 2010; Gill, 2011; Sech-Spahousec, 2011)



ASPECTOS	VARIABLES	INVESTIGACIONES/ARTÍCULOS			
		"Factors Influencing Energy Consumption of Star and Non-Energy Star Homes"	"Modeling of the space and domestic hot-water heating energy-consumption in the residential sector using neural networks"	"Residential Energy Consumption Survey: Household Questionnaire"	"Indicadores de eficiencia energética en el sector residencial, Taller de Indicadores de Eficiencia Energética en México"
Información de consumo energético	Consumo eléctrico anual (kWh/m2/persona)	✓			
	Consumo de gas natural anual (unidades térmicas/m2/persona)	✓			
	Tipo de combustible y fuentes energéticas utilizadas		✓	✓	✓
	Número de calentadores de agua		✓	✓	
	Edad del sistema (ACS)		✓		
Características del edificio	Año de construcción	✓			✓
	Tipo de vivienda (adosada)			✓	
	Bloques que componen la vivienda			✓	
	Forma de la vivienda (Rectangular, L)			✓	
	Número de dormitorios			✓	✓
	Número de pisos	✓		✓	
	Tamaño del tanque de agua		✓		
	Tipo de emplazamiento (adosada, etc)		✓	✓	
	Tipo de ventanas	✓		✓	
	Área de paredes		✓		
	Área de pisos		✓		
	Área de cubiertas		✓		
	Presencia de buhardilla			✓	
	Edad de elementos constructivos (pisos, paredes)		✓		
	Número de luminarias eficientes			✓	
Aislamiento del hogar			✓		
Características de electrodomésticos	Tipo de Equipo utilizado			✓	✓
	Cantidad de equipos			✓	✓
	Frecuencia de uso	✓		✓	✓
	Edad del equipo	✓		✓	
Miembros/ Usuarios del hogar	Número de miembros	✓	✓	✓	✓
	Edad de miembros		✓	✓	✓
	Ocupación durante el día		✓	✓	
Condiciones climáticas	Temperatura promedio interior		✓		
	Tipo de paisaje (desierto, bosque)	✓			
	Ubicación Geográfica	✓			
	Temperatura del suelo		✓		

Tabla 5. Metodologías para la medición del consumo energético de viviendas (encuestas)

Fuente: (Aydinalp, 2004; EIA, 2009; SENER, 2011; Shrestha, 2013)



Se ha podido distinguir, generalmente, metodologías que consideran tres aspectos:

1. Percepción de los usuarios mediante **encuestas**: cuyo objetivo es proporcionar estimaciones sobre la demanda por características de calidad y valoración de indicadores de sustentabilidad medioambientales, enfocados en el tema energético.
2. Comportamiento de la vivienda mediante **simulaciones y monitorizaciones**:
 - **Simulaciones**: las cuales permiten valorar y predecir el comportamiento energético de un diseño y optimizarlo. (Soutullo, 2015)
 - **Monitorización**: metodología empírica que se basa en el registro de datos físicos, lo cual permite un análisis al comportamiento del sistema. (Soutullo, 2015)
3. Estado físico de la vivienda mediante el **levantamiento arquitectónico o mediciones**: este último es intrínseco a la metodología, puesto que, es el primer paso para conseguir la base de información gráfica del estado actual de la vivienda.

A través de estas se busca determinar información en relación al consumo energético y características del edificio, para una posterior evaluación.

4. Propuesta de metodología para la medición de indicadores energéticos en viviendas unifamiliares de ciudades del Ecuador

REQUERIMIENTOS	INDICADORES	HERRAMIENTAS		
		Fórmula / Ecuación	Procedimiento	Regulación
ENVOLVENTE	Factor U	$U (W/m^2K)$	El valor será obtenido del cálculo en un software de simulación	NEC-11
	SHGC	SHGC ventanas		LEDD
	Tasa de infiltración	La infiltración de aire se mide con equipos.	Mediante equipo BlowerDoor 1) Verificar los requerimientos del sistema para la instalación de los programas de medición y registro de datos. 2) Armar el sistema de medición con los equipos y elementos correspondientes 3) Realizar pruebas del sistema computarizado 4) Crear un reporte de prueba	
	m ³ /min por m ² de ventana o puerta			



	Orientación y emplazamiento	Se orientará la edificación de acuerdo a las necesidades de ganancia o protección solar y de ventilación, calidad de aire y aislamiento acústico. Para la zona ZT3 se recomienda que las fachadas principales tengan orientaciones Este y Oeste, ya que maximizan la ganancia solar directa en la mañana y en la tarde.		Levantamiento de información en campo	NEC-11
		f= S/V	f= factor forma	Cálculo a través de la fórmula. Datos previamente tomados en los levantamientos de campo	INEN 2506:2009
			S= Superficie del edificio (m2) V= Volumen encerrado por la superficie total del edificio (m3)		
	Efecto de elementos de sombra	Porcentaje de sombra que generan los elementos	Mediante el software de simulación, determinar el porcentaje de sombra que generan los elementos sobre las superficies acristaladas	NEC-11	
	Ganancia solar	Porcentaje de ventanas= sv/sf	Porcentaje de ventanas en relación con la fachada	Cálculo de área de ventanas en relación a cada fachada	NEC-11
sv= superficie de ventanas (m2)					
sf= superficie total de fachada (m2)					
ILUMINACIÓN	Illuminación natural del baño principal	Por observación		Los elementos serán cuantificados en sitio. Por datos obtenidos mediante levantamiento en campo.	QUALITEL
	Presencia de sensores de luz en espacios exteriores	Las luminarias deberán estar controladas mediante equipos de apagado automático			LEED-BREEAM
	Eficacia luminosa de las lámparas: Lm/W e índice de reproducción cromática	Por observación de especificaciones en luminarias			BREEAM
	Consumo de electricidad por iluminación	Kwh	Equipo: Contador instantáneo de electricidad.		
	Se acopla el sensor al cable fase del cuadro eléctrico y el equipo graba las acciones de consumo.				



ELECTRODOMÉSTICOS	Verificar que los electrodomésticos cuenten con etiqueta de eficiencia energética	Verificar que los electrodomésticos cuenten con una etiqueta de eficiencia energética y serán cuantificados en sitio	Por encuestas y levantamiento en campo.	
	Consumo de electricidad	Kwh	Equipo: Contador instantáneo de electricidad.	
			Se acopla el sensor al cable fase del cuadro eléctrico y el equipo graba las acciones de consumo.	
ENERGÍAS RENOVABLES	Porcentaje de reducción de consumo de energía convencional por el uso de energías renovables	Calcular el porcentaje o contribución de las renovables al consumo energético del edificio	1. Determinar el consumo de energía final en kWh/año 2. Calcular el consumo de energía anual por fuentes renovables (kWh/año) 3. Determinar el porcentaje de reducción.	VERDE/-NEC-11
ACS	Eficiencia de equipos	Verificar que la vivienda cuente con equipos de eficiencia térmica del calentador de agua (mayor a 0,9)	Por encuestas	LEED
	Rendimiento del sistema (Reducir demanda)	Longitud del ramal más largo de las tuberías desde el calentador de agua (m)	Por levantamiento en campo y encuestas	NEC-11
	Contribución mínima anual de energía renovable	Porcentaje de aporte de energía renovable		
EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN	Equipos de bajo consumo energético	Verificar que los equipos cuenten con una etiqueta de eficiencia energética	Por levantamiento en campo y encuestas	LEED
	Diseño e instalación eficiente del sistema	Limitar la tasa de pérdida de aire en los ductos	Por levantamiento en campo, haciendo ensayos de fugas hacia el exterior, o examinando las fugas en los conductos.	LEED
ESPACIO DE SECADO	Contar con un espacio eficiente para el secado de ropa	Verificar la presencia y dimensiones de un espacio de secado, según los criterios especificados en BREEAM ES.	Por levantamiento en campo y encuestas	BREEAM



TASA DE EMISIÓN	Minimizar emisiones de CO2	Determinar las emisiones de CO2 asociadas al consumo de energía primaria del edificio	<p>A través de cálculo determinar la mejora porcentual de emisiones de CO2 del índice de eficiencia energética real del edificio:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Calcular el índice de eficiencia energética del edificio (BEPI) 2. Índice de eficiencia energética de estándares actuales (CSBEPI) 3. Calcular el porcentaje a través de la fórmula: $\frac{CSBEPI - BEPI}{CSBEPI} \times 100 = mejora\%$	BREEM
	Minimizar emisiones de NOx	Verificar que las calderas generen baja emisión de NOx igual o inferior a 40mg/kWh	Obtener la información técnica de los equipos a través de levantamiento en campo y encuestas	VERDE

Tabla 6. Propuesta de metodología para la medición de indicadores energéticos en viviendas unifamiliares.

En la tabla 6 se propone una serie de herramientas para la toma de datos de indicadores energéticos, para la evaluación de viviendas unifamiliares durante su fase de uso. Además adjunto se encuentra la regulación o método de certificación a la que se acoge cada medición; en el caso del uso de equipos no se coloca, pero el empleo de los mismos debe sujetarse a sus respectivos manuales de uso.

Las herramientas y procedimientos que se especifican para la medición de cada indicador son variados, considerándose entre ellos: el empleo de equipos, encuestas, simulaciones mediante software especializado, aplicación de fórmulas, así como datos conseguidos a través del levantamiento arquitectónico de cada vivienda. Tabla 6.

Dentro de los requerimientos que se consideran están el de envolvente, iluminación, ACS, equipos de climatización (considerando los de ventilación que se usa mayormente en la costa ecuatoriana), electrodomésticos (donde se considera el etiquetado de eficiencia energética de los mismos, es un criterio propio de los usuarios, pero importante de mencionar, pues una selección inapropiada de electrodomésticos causa un mayor consumo), espacio de secado cuya finalidad es evitar el uso de equipos mecánicos que representen un mayor consumo de energía, y tasa de emisión que se refiere a las emisiones de CO2 y NOx que emiten las calderas utilizadas en sistemas de calefacción mecánica.

Se observa además en la tabla, el requerimiento de energías renovables, que en el país presenta ciertas limitaciones, pues según una investigación realizada en el país, se concluye con un análisis económico que los costes de equipos para la implementación de energía fotovoltaica aún se encuentran con valores elevados y adicionalmente la falta de incentivos para su uso, lo vuelven poco atractivo, pues implica la recuperación de la



inversión inicial en tiempos casi triplicados al promedio de la vida útil de los equipos. (Mogrovejo, 2011) De la misma manera, emplear otro tipo de energía todavía no es una práctica habitual en el país ya que para el caso de paneles solares, según datos del INEC, indica que en los últimos años se ha reducido su instalación, desde 1.9% a 1.26%.

5. Conclusiones

Debido al gasto energético actual que se observa en el mundo, se hace imprescindible la búsqueda de nuevas alternativas para conseguir un mejor uso de la energía en todos los campos, incluyendo el de la edificación. En las edificaciones, la fase de uso sería la de mayor importancia, debido a que dentro del ciclo de vida posee el período de tiempo más largo, siendo el que registra un mayor consumo energético.

El sector residencial es punto importante para el planteamiento de criterios sobre eficiencia energética, ya que es uno de los principales consumidores de energía en el país.

La evaluación de las edificaciones como se dijo, impulsa la implementación de estrategias sustentables en el sector residencial, por ello se ve necesaria su aplicación en el país.

Contar con una metodología para la medición de indicadores dinamiza el tiempo de la toma de datos necesaria para una evaluación energética, por lo que la presente constituye una herramienta para facilitar y sistematizar esta tarea. Así se presenta en la tabla 6 una serie de procedimientos para medir cada uno de los indicadores propuestos.

Agradecimientos

El trabajo forma parte del proyecto de investigación “Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas” apoyado y financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca (DIUC) y por la facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca – Ecuador.

Referencias

- Asdrubali, F., Buratti, C., Cotana, F., Baldinelli, G. (2013). Evaluating of Green Buildings' Overall Performance through in Situ Monitoring and Simulations. *Energies*, 6. doi: 10.3390/en6126525
- Aydinalp, M., Ismet, V., Fung, A. (2004). Modeling of the space and domestic hot-water heating energy-consumption in the residential sector using neural networks. *Applied Energy*, 79, 159-178.
- Bagoña, M., Lopusniak, M., Katunsky, D. (2010). In Situ Measurement and Service Monitoring of Low-Energy Building. *Technical Transactions, Civil Engineering*(4).
- Bagoña, M., Lopusniak, M., Katunsky, D., Vertal, M. (2014). Measurements of Electricity Consumption In a Low-energy Building in Mid-Europe Climatic Conditions. *Energy Engineering*, 111(2), 62-78.



- Cesaratto, P., De Carli, M. (2013). A measuring campaign of thermal in situ and possible impacts on net energy demand in buildings. *Energy and Buildings*, 59, 29-36.
- EIA, E. I. A. (2009). *Residential Energy Consumption Survey: Household Questionnaire*. United States.
- Gill, Z., Tierney, M., Pegg, Ian., Allan, N. (2011). Measured energy and water performance of an aspiring low energy/carbon affordable housing site in the UK. *Energy and Buildings*, 43, 117-125.
- Guillén, V., Quesada, F., López, M., Orellana, D., Serrano, A. (2014). Eficiencia energética en edificaciones residenciales. *ESTOA*, 5.
- Guzmán, O. (2009). Eficiencia energética. Un panorama regional. *Nueva Sociedad*.
- ICLEI. (2011). Instrumentos de Clasificación y Certificación de Edificios. Retrieved 31-Mar-2016, from www.iclei.org/lacs/portugues
- Martínez, P. (2010). *Usos finales de energía eléctrica y GLP en el Cantón Cuenca. Escenarios al año 2015*. (Magíster en Gestión Tecnológica), Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2616>
- Mogrovejo, W., Sarmiento, J. (2011). *Análisis de factibilidad técnica y económica en la implementación de energía fotovoltaica y termo solar para generación de electricidad y calentamiento de agua mediante paneles solares fijos y con un seguidor de sol de construcción casera, para una vivienda unifamiliar*. (Ingeniero Eléctrico Tesis de Pregrado), Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. (TE314)
- NEC, N. E. d. I. C. (2011). Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador. In C. E. d. I. N. E. d. I. construcción (Ed.), *Capítulo 13*. Quito, Ecuador.: Gobierno Nacional de la República del Ecuador.
- Quesada, F. (2014). Métodos de evaluación sostenible de la vivienda: Análisis comparativo de cinco métodos internacionales *Revista Hábitat Sustentable*, 4(N1), 56-57.
- Rey, F., Velasco, E. (2006). *Eficiencia Energética en edificios: certificación y auditorías energéticas*. Madrid, España: Paraninfo, S.A.
- Sech-Spahousec, P. (2011). *Proyecto Sech-Spahousec: Análisis del consumo energético del sector residencial en España*. España: Ministerio de Industria, energía y turismo.
- SENER. (2011). Indicadores de eficiencia energética en el sector residencial. *Taller de Indicadores de Eficiencia Energética en México*.
- Shrestha, P., Kulkarni, P. (2013). Factors Influencing Energy Consumption of Energy Star and Non-Energy Star Homes. *Journal of Management in Engineering*, 29(3).
- Soutullo, S. (2015). *Evaluación energética experimental. Monitorización*. Antigua, Guatemala.: Centro de Investigaciones energéticas, medioambientales y tecnológicas.
- VERDE_NE. (2012). Guía para los Evaluadores Acreditados GEA VERDE NE, *Residencial y Oficinas V 1.a* (pp. 398). España: Green Building Council - España.