

# Uso racional y eficiente de la energía en el ciclo de vida de la vivienda

**Fabio Emiro Sierra Vargas\***  
**Esperanza Caro \*\***  
**Luis Fique\*\*\***

## Rational and efficient use of energy in the life cycle of a house

### **Resumen**

---

El artículo presenta una propuesta novedosa en la cual se relacionan el índice de confort de una vivienda y el consumo de energía en las diferentes fases de la vida útil de ésta a partir del diagrama URE-VIVIENDA. Dicha relación se ha definido como el número URE-VIVIENDA. De acuerdo a la zona en que el número quede ubicado en el diagrama, se podrá determinar si la vivienda cumple con las condiciones mínimas de confort a unas condiciones máximas de consumo energético.

---

**Palabras claves:** *uso racional y eficiente de energía, vivienda, confort, diagrama URE-VIVIENDA.*

### **Abstract**

---

The paper presents a novel proposal where the rate of a home comfort and the energy consumption are related at different phases of its lifetime, by using the diagram URE-VIVIENDA. This relationship has been defined as the number URE-VIVIENDA. According to the area in which the number is located in the diagram, can be determined if the home complies with the minimum of comfort to a maximum power consumption conditions.

---

**Keywords:** *rational and efficient use of energy, housing, confort, diagram URE-VIVIENDA*

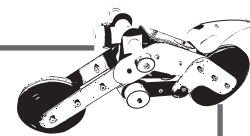
Fecha de recepción: Noviembre 12 de 2010 Fecha de aprobación: Diciembre 14 de 2010

---

\* Doctor en Ingeniería - Universidad de Kassel – Alemania, Magister en Automatización industrial –Universidad Nacional de Colombia, Ingeniero mecánico- Universidad Nacional de Colombia. Profesor Asociado de la Universidad Nacional departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica. E-mail: fesierav@unal.edu.co .

\*\* PhD. Arq . Universidad de Kyusgu Japón. Arquitecta Universidad Nacional de Colombia. Profesora asistente Universidad Nacional facultad de artes, escuela de arquitectura y urbanismo. Email: ecaror@unal.edu.co

\*\*\* Arquitecto – Universidad Nacional de Colombia Email: lafique@unal.edu.co

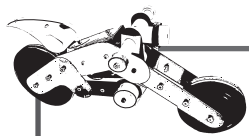


## 1. Introducci3n

En las 3ltimas d3cadas la comunidad mundial ha manifestado su preocupaci3n por la progresiva contaminaci3n ambiental debida al creciente consumo de energ3a, en especial la proveniente de combustibles f3siles. El Gobierno colombiano no es ajeno a tal preocupaci3n y es por ello que ha ratificado su intenci3n de cumplir con los acuerdos adquiridos en la Convenci3n Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Clim3tico mediante la ley 164 de 1995 y con el Protocolo de Kyoto mediante la Ley 629 del 27 de diciembre de 2000. Las principales acciones que se han tomado est3n en el sector industrial fomentando el uso de equipos con alta eficiencia en los procesos de transformaci3n y el uso de energ3as renovables.

Principalmente Los pa3ses de la Uni3n Europea y Estados Unidos entre otros, van a la vanguardia con pol3ticas encaminadas a promover el denominado Uso Racional y Eficiente de la Energ3a-URE. Estas pol3ticas han sido adoptadas en mayor o menor medida por los dem3s pa3ses del contexto mundial. En la actualidad se vienen haciendo exigencias para que la promoci3n del URE se extienda a otras actividades como lo son el transporte y la vivienda.

La forma como se entiende la aplicaci3n de pol3ticas URE en la vivienda en general va relacionada con el c3lculo de energ3a necesario para



mantener las condiciones de confort de acuerdo a las condiciones climáticas en un momento determinado en el año. Esto se debe a que en general los países donde se promueve con mayor fuerza el uso eficiente de la energía y el uso de energías renovables se encuentran ubicados en zonas en las que se presentan estaciones por lo cual en algún periodo del año están sometidos a altas temperaturas (verano) y en otros a muy bajas temperaturas (invierno).

El estado colombiano para dar cumplimiento a las obligaciones derivadas de estas leyes expide la Ley 697 de 2001 *“Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones”* y declara el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales. Con la entrada en vigencia de esta ley, el gobierno expide el Decreto 2501 de 2007 del Ministerio de Minas y Energía (MME), el Ministerio de Comercio Industria y Turismo (MCIT) y el Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) *“por medio del cual se dictan disposiciones para promover prácticas con fines de uso racional y eficiente de energía eléctrica”*.

## 2. La vivienda en Colombia

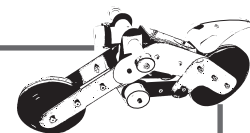
La producción de vivienda en Colombia se puede clasificar en dos grandes grupos, la vivienda formal y la vivienda informal. La formal, corresponde a todas aquellas cuya producción debe cumplir

con las normas y procedimientos establecidos por los diferentes entes competentes que regulan la actividad constructora en el país y por ello, responder a procesos de planeación urbana y territorial que busquen garantizar ciertas condiciones de calidad técnica, tanto para la vivienda como para su entorno. Este tipo de vivienda es el que actualmente cuenta con el mayor apoyo y subsidio económico por parte del estado, quien orienta sus esfuerzos a facilitar que personas con bajos ingresos económicos puedan acceder a ella en propiedad. Las políticas públicas que actualmente se ocupan de este tipo de vivienda están orientadas en términos generales a fortalecer su producción mediante la implementación de varios mecanismos que buscan dinamizar y garantizar el mercado de vivienda de bajo costo, fortaleciendo la economía y disminuyendo el déficit cuantitativo de vivienda.

La vivienda informal por el contrario es producida por fuera de la regulación existente, por lo que no es posible garantizar sus condiciones de calidad en su etapa de producción. Este tipo de vivienda es producida de manera espontánea, no planeada, mediante procesos de autoconstrucción y autogestión que no cuentan con una asesoría técnica adecuada. Las políticas públicas que abordan la problemática inherente a este tipo de vivienda están orientadas a mejorar las condiciones de calidad de los barrios, la titularización de los predios y la gestión del riesgo, con el fin de ayudar a disminuir el déficit cualitativo de la vivienda .

### 2.1 Condiciones de confort para Colombia según el IDEAM

Una vivienda debe cumplir los índices de confort térmico, de iluminación, de ventilación y de mitigación de ruido. El índice de confort térmico está



**Foto 1.** Vivienda formal, Ciudadela Colsubsidio, Bogotá.

La población colombiana en su mayoría no utiliza equipos para acondicionar el ambiente, por lo que un buen diseño de vivienda debe buscar que a través de la buena selección de materiales y del diseño arquitectónico se presenten las condiciones de confort necesarias.

Como confort global se han identificado cuatro factores, el térmico, el lumínico, el de renovación de aire y confort por mitigación de ruido. De acuerdo a esto se debe buscar la mejor relación entre el bienestar por confort para los habitantes de la vivienda y el mínimo consumo de energía, promoviendo a su vez el uso de fuentes renovables.

El IDEAM ha elaborado un mapa de confort térmico, que se aprecia en la figura 1, tomando como base valores desconocidos de satisfacción, para ello identifica una escala que varía entre 0 y más de 15, así clasifica las sensaciones experimentadas, al aplicar las ecuaciones:

$IC = (36.5 - t s) (0.05 + 0.04 v v + h/250)$  para elevaciones inferiores a 1.000 metros (1)

$IC = (34.5 - t s) (0.05 + 0.06 v v + h/180)$  para elevaciones entre 1.000 y 2.000 metros (2)

$IC = (33.5 - t s) (0.05 + 0.18 v v + h/160)$  para elevaciones superiores a 2.000 metros (3)

Donde IC = índice de confort

t s = temperatura del aire en grados Celsius (°C)

v = velocidad del viento (m/s)

h = humedad relativa en porcentaje (%)

relacionado con la temperatura y humedad relativa a la cual una persona se siente agradable.

El índice de confort por iluminación viene determinado por la cantidad mínima y máxima de iluminación natural de la vivienda.

La ventilación en una vivienda debe estar entre los 0,2 y 2 m/s para no generar molestias en los habitantes.

El máximo nivel de ruido admisible en una vivienda es de 50 db, para no ocasionar incomodidad entre los habitantes.

Para el caso colombiano, las condiciones climáticas a las que está sometida una vivienda dependen esencialmente del lugar geográfico en que se encuentran, es por ello que algunas zonas son consideradas de clima caliente permanente, otras de clima cálido y otras de clima frío.

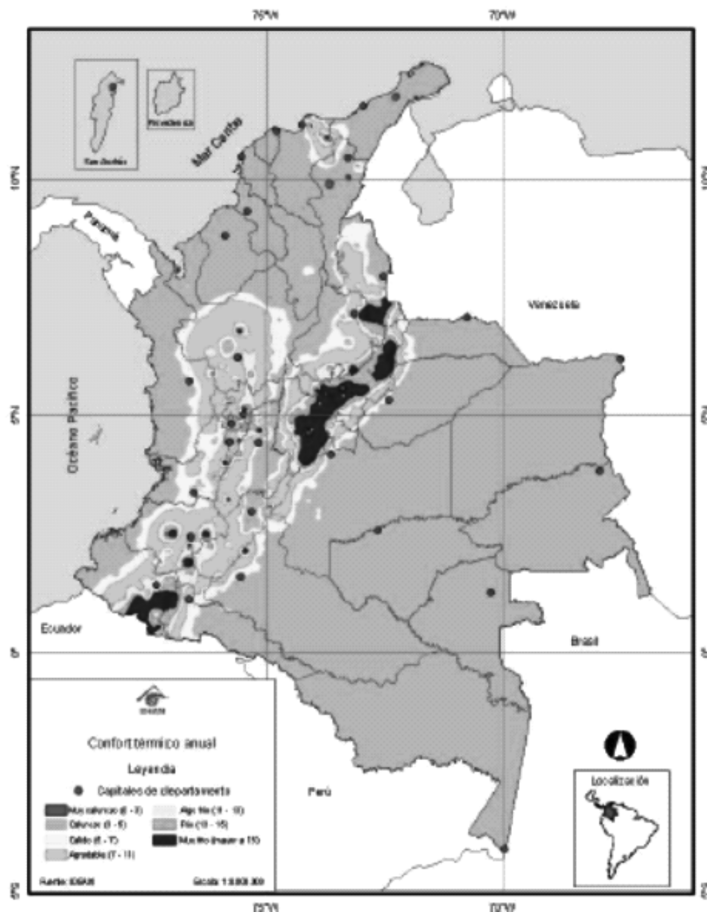
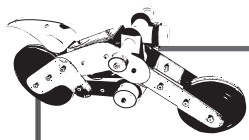


Figura 1 Mapa de Confort Térmico según IDEAM

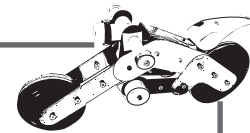
Teniendo en cuenta las condiciones del país se estableció la siguiente clasificación bioclimática por rangos, así:

- 0 a 3 Incómodamente caluroso
- 3 a 5 Caluroso
- 5 a 7 Cálido
- 7 a 11 Agradable
- 11 a 13 Algo frío
- 13 a 15 Frío
- Más de 15 Muy frío

## 2.2 Condiciones de diseño térmico para las viviendas

El diseño de vivienda debe buscar para el clima frío, que la temperatura interior de la vivienda, no baje del límite inferior del rango correspondiente a confort por temperatura para un sitio determinado, y que para clima caliente no pase de la máxima superior admisible.

El diseñador deberá seleccionar materiales de tal forma que, al hacer el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor bajo condiciones extremas medias, se mantengan en el rango exigido de las condiciones de confort; si no fuese así, se deberán utilizar materiales con características tales que permitan mejorarla, para cumplir con las exigencias.



La selección ideal de materiales, es aquella en la que se minimicen los intercambios de calor entre el interior y el exterior de la vivienda. Para el caso de viviendas ubicadas en climas calientes, se puede hacer uso de flujos naturales de aire para disminuir la sensación térmica.

En cuanto a la energía que recibe una vivienda, estas permanecen a una serie de cargas térmicas, internas y externas tales como:

- Radiación Solar transferida por las paredes por conducción.
- Radiación Solar directa que entra por las ventanas con vidrios translúcidos
- Energía inherente a las masas de aire que se filtran a través de ventanas, puertas que introducen o retiran calor según la relación de temperaturas entre el interior y el exterior.

De igual forma existe la transferencia de energía desde techos, pisos y viviendas adyacentes al modelo objeto de estudio. Por otro lado la iluminación, el uso de equipos eléctricos, la cantidad de personas, son fuentes de calor que afectan el sistema térmico.

### 2.3. Fases de vida útil de una vivienda

Se considera que las viviendas tienen seis fases durante su vida útil, a saber: 1- extracción de materiales y materias primas, 2- transporte hasta la fábrica del proceso, 3- elaboración del producto final (ladrillo, baldosa, pintura, etc). 4- Transporte a la obra. 5- Procesos constructivos. 6- Uso de equipos domésticos durante la vida útil de la vivienda.

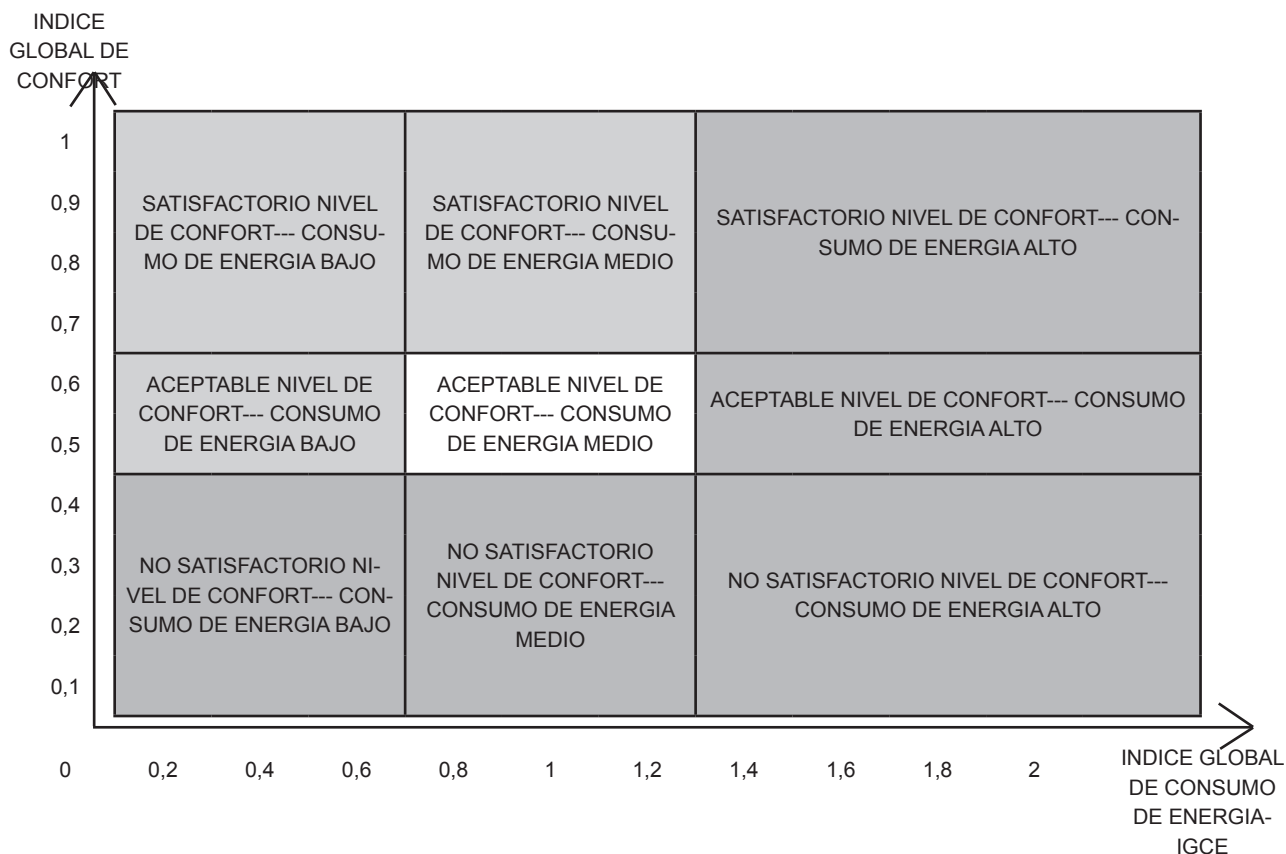
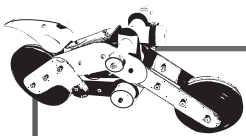
Teniendo en cuenta que estos procesos, que se pueden presentar en un tiempo muy corto, afectan el consumo energético durante toda la vida útil de la vivienda se ha establecido que esta debe diferirse en el tiempo que se considera se usara la misma y por metro cuadrado construido, esto facilitará la comparación entre diversos proyectos. Aunque no hay un consenso sobre cuál es la vida útil de la vivienda, dentro de la comunidad de constructores es bien aceptado que esta sea de 50 años. De acuerdo a esto, la unidad de medida debe ser el MJ/año-m<sup>2</sup>.

### 3. Propuesta de diagrama URE-VIVIENDA

El diagrama que se plantea, “Diagrama URE-VIVIENDA” tiene como ejes el Índice Global de Comfort IGC y el Índice Global de consumo de Energía IGCE. Este diagrama está dividido en 9 zonas, tal como se aprecia en la figura 2. De acuerdo a la zona donde se ubique el punto (IGC-IGCE) el proyecto DE VIVIENDA se encuentra en una de las nueve zonas en que está dividido el mismo. Para los puntos que estén en la zona 1, 2, 4 o 5 el proyecto de vivienda será satisfactorio. En caso en que el punto este en las zonas 7, 8 o 9 deberá modificarse el diseño, ya sea cambiando los materiales o el diseño geométrico de la vivienda. Los puntos que se ubiquen en las zonas 3, 6 y 9 deberán reducir los consumos energéticos calculados para el ciclo de vida del proyecto de vivienda. El diseño y construcción ideal de la vivienda se encuentra en la zona 1.

### 4. Número de URE-VIVIENDA

La metodología a seguir para identificar el Número de URE-VIVIENDA (NURE\_VIVIENDA), con-

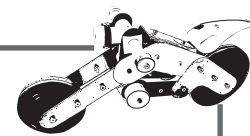


**Figura 2.** Diagrama propuesto URE\_VIVIENDA

siste en definir el punto de índice global de confort a través del cálculo de los índices de confort ya mencionados, multiplicando por la ponderación dada a cada uno de ellos y sumando los mismos. A este valor se le denomina XURE-VIVIENDA. Para determinar el segundo elemento del Número de URE-VIVIENDA se determina el consumo de energía en las diferentes etapas de la vivienda y se suma este valor. El valor resultante se divide por el consumo de energía requerido en las etapas de una vivienda altamente eficiente desde el punto de vista energético; a este cociente se le denomina Coeficiente Global de Consumo de Energía YURE- VIVIENDA.

$$NURE\_VIVIENDA = f(XURE- VIVIENDA, YURE- VIVIENDA)$$

La metodología de cálculo de los índices incluye esencialmente dos fase. En la primera, y para determinar el índice de confort térmico, se identifican las condiciones geométricas de la vivienda, se preselecciona la distribución básica y los materiales de construcción y se somete a estudio de pérdidas o ganancias de calor para identificar si la vivienda se encuentra entre los estándares establecidos. En el caso de conjuntos multifamiliares se toma como modelo la vivienda que se encuentre en la condición más crítica. Para determinar las condiciones de confort ambiental relacionadas con la eficiencia energética de las construcciones, la vivienda debe cumplir con características que permitan que el usuario se sienta cómodo y necesite consumir la menor cantidad de energía para suplir esta necesidad. Las condiciones de confort térmico son determinadas por diversas institucio-



**Foto 3.** Urbanización en Bogotá

nes que señalan la metodología de cálculo a seguir para hallar los valores exigidos de dicho confort.

En la segunda fase de cálculo se determina la energía consumida en las diferentes etapas de la vivienda y se divide por el área de la misma. Teniendo en cuenta que los materiales tienen diferente vida útil, el consumo energético se dará en unidades de energía por metro construido y por año. Para el caso de conjuntos residenciales o edificios se tiene en cuenta la energía requerida en áreas comunales y proporcionalmente se adiciona a cada vivienda.

## 5. Conclusiones

Desde el punto de vista del URE en las diferentes etapas de la vivienda y relacionado con la habita-

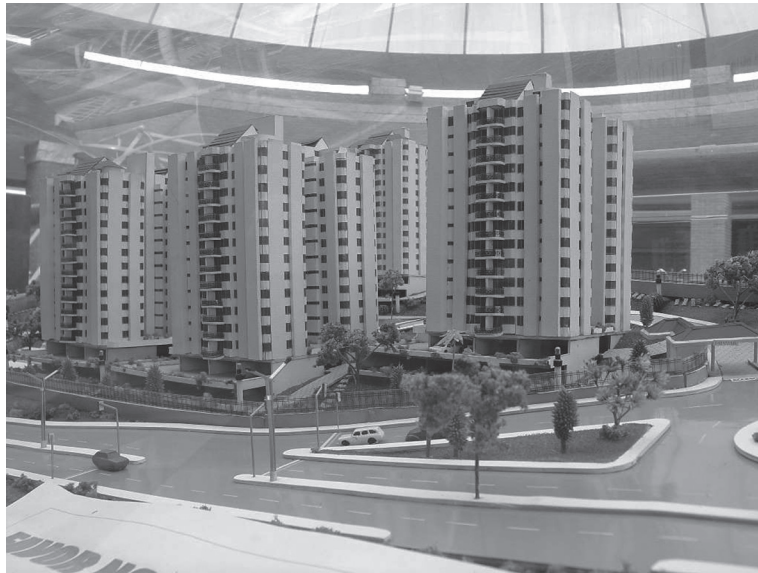
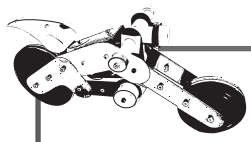
bilidad se pueden presentar las siguientes condiciones:

- Alto consumo de energía y adecuado o buen confort
- Bajo consumo de energía y bajo confort
- Condiciones aceptables de consumo de energía y condiciones aceptables de confort

Debe buscarse a partir del diseño y construcción de la vivienda que se minimice el uso de energía brindando las mejores condiciones de confort.

El diagrama que relaciona los parámetros de confort y de consumo de energía, “Diagrama URE para la VIVIENDA, puede aplicarse para determinar si el diseño de un proyecto de vivienda cumple con las mejores condiciones de confort con el menor gasto energético.





**Foto 4.** Proxima urbanizaci3n en Bucaramanga, Santander.  
Tomado de <http://img103.imageshack.us/img103/4742/maqueta02s4gmgf8.jpg>

## 6. Bibliografía

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers – ASHRAE, 2010, Standard 55-2010 -- Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (ANSI approved), Atlanta, GA, USA.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers – ASHRAE, 2010, Standard 62.2-2010 – Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings, Atlanta, GA, USA.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2006, Atlas Climatol3gico Nacional, Bogotá, DC, Colombia