



TÍTULO / AUTOR

PAG.

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

<i>Modelo de Simulación Jerárquico para la Proyección Espacio Temporal de la demanda eléctrica: caso de estudio en CENTROSUR</i> S. Zambrano, M. Molina, W. Chumbi, C. Patiño	7
<i>Desarrollo de una Herramienta Software para la Detección y Ubicación de Fallas en un Sistema Eléctrico de Potencia usando el módulo DPL de DigSILENT PowerFactory</i> D. Chávez, J. Abad, H. Arcos	17
<i>Sintonización de los estabilizadores de sistemas de potencia del Sistema Nacional Interconectado ecuatoriano – aplicación y comparación de métodos heurísticos en ambiente multimáquina</i> F. Armendáriz, D. Panchi, H. Arcos	26
<i>Estudio por Microáreas de la Demanda Actual y Futura del Área de Cobertura de la Subestación 57 Pomasqui del Distrito Metropolitano de Quito</i> J. Jiménez, F. Pérez, R. Loor	33
<i>Estudio de coordinación de protecciones del sistema de subtransmisión de CNEL EP Unidad de Negocios Sucumbíos ante un nuevo punto de conexión al Sistema Nacional Interconectado (SNI)</i> J. Guamán, F. Pérez, J. Estrada	44
<i>Evaluación de Estabilidad Transitoria de Sistemas de Potencia utilizando el concepto de Centro de Inercia</i> D. Echeverría, J. Cepeda	54
<i>Filtro activo de potencia para instalaciones bifásicas con capacidad de balance de corrientes</i> M. Fajardo, J. Viola, F. Quizhpi	64
<i>Metodología para Identificar Áreas de Control de Voltaje en un sistema eléctrico de potencia aplicando simulación Monte Carlo</i> L. Bonilla, D. Echeverría, J. Cepeda	72
<i>Consideraciones Conceptuales sobre Análisis de Estabilidad Transitoria en el Ajuste del Tiempo de Recierre Monofásico de la Línea de Transmisión San Rafael - El Inga de 500 kV</i> L. Dután, J. Cepeda.	80

EFICIENCIA ENERGÉTICA

<i>Estudios eléctricos de la interconexión temporal del Sistema Eléctrico Interconectado Petrolero Extendido (SEIP-E) de Petroamazonas EP al Sistema Nacional Interconectado (S.N.I.)</i> R. Sanguil, M. Solís	92
<i>Análisis Espacio Temporal del Impacto al Sistema de Distribución de Nuevos Tipos de Carga con Alto Consumo de Energía: Caso de Estudio en CENTROSUR con la Cocina de Inducción</i> S. Zambrano, B. Jaramillo, J. Cárdenas, M. Mejía, A. Padilha, J. Melo	101

PRODUCCIÓN Y USO DE LA ENERGÍA

<i>Operación Óptima del Sistema Eléctrico Aislado de la Isla San Cristóbal, con Generación Renovable y Vehículos Eléctricos</i> R. Barreto, PF. O. Gomis J. Heredia	110
--	-----

TÉCNOLÓGICOS E INNOVACIÓN

<i>Evaluación de la Distorsión Armónica debida a la Operación del Compensador Estático de Potencia Reactiva en la Subestación Chorrillos</i> B. Jadán, F. Ordoñez, W. Vargas, H. Arcos	122
<i>Medidor Inteligente de energía eléctrica utilizando la tarjeta electrónica Raspberry Pi</i> L. Tipán, J. Rumipamba	131
<i>Estudio Técnico para la Determinación de la Ubicación Óptima de Unidades de Medición Fasorial en el Sistema Eléctrico Ecuatoriano basado en Criterios de Observabilidad ante Contingencias</i> L. Armas, A. Narváez	140

Revista Técnica “energía” • Número 14 • Enero 2018. Revista tradicionalmente anual que se ha constituido en el medio para compartir criterios y experiencias técnicas a través de Artículos Científicos que son de responsabilidad de sus Autores; y, no necesariamente corresponden a aquellos criterios sostenidos por CENACE. A partir del 2018, se ha propuesto el proyecto de cambiar la periodicidad a semestral.

Comité Editorial

Ing. Víctor Orejuela

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, MEER, Ecuador
E mail: victor.orejuela@meer.gob.ec

Ing. Ricardo Narváez

Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, INER, Ecuador
E mail: ricardo.narvaez@iner.gob.ec

Dr. Jesús López Villada

Escuela Politécnica Nacional, EPN, Ecuador
E mail: jesus.lopez@epn.edu.ec

Dr. Jaime Cepeda

Subgerente Nacional de Investigación y Desarrollo. CENACE, Ecuador
E mail: jcepeda@cenace.org.ec

Consejo Editorial CENACE

Ing. Gabriel Argüello Ríos

Director Ejecutivo CENACE

Ing. Michelle Nieto

Subgerente de Planificación y Gestión Estratégica, CENACE

Ing. Juan Carlos Herrera

Gerente Nacional de Transacciones Comerciales, CENACE

Srta. Wendy Arias

Subgerencia de Planificación y Gestión Estratégica, CENACE

Msc. Karla Lucero

Subgerencia de Planificación y Gestión Estratégica, CENACE

Ing. Diego Echeverría

Subgerencia Nacional de Investigación y Desarrollo, CENACE

Ing. Paulina Vásquez

Subgerencia Nacional de Investigación y Desarrollo, CENACE

Ing. Joffre Constante

Corporación Eléctrica del Ecuador Unidad de Negocio Coca Codo Sinclair

Copyright © 2018 CENACE. Todos los derechos reservados
Diseño y diagramación www.grupoinnovando.com

La Revista Técnica “energía” de CENACE, ha sido tradicionalmente publicada con una periodicidad anual (en el 2018 se ha planificado modificar la periodicidad a semestral), y su distribución no tiene costo alguno. Se permite la reproducción total o parcial de esta revista citando la fuente.

Indización

Revista Técnica “energía” está indizada en las bases de datos de “EBSCO Information Services”. El acceso a la versión electrónica se encuentra en: www.ebscohost.com

Revista Técnica “energía” está indizada en el catálogo Latindex, Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. El acceso a la catalogación electrónica se encuentra en www.latindex.unam.mx



MISIÓN DE LA REVISTA TÉCNICA “energía”

La Revista Técnica “energía”, auspiciada por el Operador Nacional de Electricidad, CENACE, está orientada a la publicación del conocimiento científico en el país, permitiendo la difusión del conocimiento generado en las diferentes áreas de CENACE, así como en otras instituciones relacionadas con los sectores eléctrico y energético, colegios profesionales, institutos de investigación e instituciones de educación superior, cuyos temas sean de interés dentro del ámbito eléctrico, energético y empresarial.

Dentro de la Revista Técnica “energía” existen dos categorías y cada autor o autores deben indicar en la presentación de su trabajo técnico, en qué categoría desean participar:

CATEGORÍA I

Comprende los trabajos relacionados con aplicaciones prácticas o de desarrollo basados en la ejecución de los procesos de las diferentes instituciones del sector eléctrico y energético.

CATEGORÍA II

Comprender los artículos basados en trabajos científicos y académicos de investigación de Universidades e Institutos, así como también trabajos académicos de tesis de grado para la obtención de títulos de tercer nivel o cuarto nivel (especialidad, maestría o doctorado).

El temario referencial de la Revista Técnica “energía” es el siguiente:

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

- Planificación, expansión, operación y mantenimiento de sistemas eléctricos, considerando la evolución de los cambios tecnológicos
- Análisis operativo y comercial del sistema eléctrico
- Integración eléctrica y energética, perspectivas en la región
- Modelos, regulación y aspectos normativos

EFICIENCIA ENERGÉTICA

- Calidad de energía
- Energías renovables: regulación, comercialización e incorporación al sistema eléctrico
- Uso eficiente de la energía eléctrica y control de la demanda

PRODUCCIÓN Y USO DE LA ENERGÍA

- Uso y producción de la energía, en todas sus formas (hidrocarburos, térmica, mecánica, transporte, etc)
- Políticas energéticas
- Acceso a la energía
- Modelos de gestión energética

TECNOLÓGICOS E INNOVACIÓN

- WAMS, WACS, FACTS y redes inteligentes (SMART GRIDS)
- Nuevas tecnologías aplicadas en la operación de sistemas eléctricos y energéticos
- Uso de nuevas tecnologías en generación, transmisión, distribución y comercialización
- Proyectos de manejo de la información en tiempo real para la operación de sistemas
- Proyectos de sistemas de información aplicados a procesos en el sector eléctrico y energético
- Aplicación de técnicas modernas de análisis a sistemas eléctricos (Data Mining, Inteligencia Artificial, etc.)

GESTIÓN EMPRESARIAL

- Gestión de riesgos
- Gestión de recursos humanos
- Sistemas de gestión integrados
- Responsabilidad social
- Gestión del conocimiento



Sustainable Housing Assessment Method in the City of Cuenca, Ecuador

Método de Evaluación Sustentable de la Vivienda en la Ciudad de Cuenca, Ecuador

J.F. Quesada¹ A. E. Calle¹ V.F. Guillén¹ J.M. Ortiz¹ K.J. Lema²

¹Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador

E-mail: felipe.quesada@ucuenca.edu.ec; andrea.calle@ucuenca.edu.ec; vanessa.guillen@ucuenca.edu.ec; jessortizfernandez@gmail.com

²Instituto Tecnológico Superior Particular Sudamericano

E-mail: jlema@sudamericano.edu.ec

Abstract

At present, Building Sustainable Assessment methods (BSA) have developed systems to measure and rate the level of compliance of buildings. However, many authors have identified potential problems that could arise from a poor import of these assessments. The present method was the result of an investigation that proposes to observe and analyze a series of specific performances of the dwelling and its parts, which allow to ensure the quality of the project and to certify the future performance of the dwelling based on appropriate sustainability indicators for the city of Cuenca. The methodological design of the research went through three stages of development: First, a new approach on sustainable building assessment is presented, which may be suitable for developing countries, based on an exhaustive review of the state of the art. Second stage, based on the study of the city's housing stock, defines criteria and indicators. Finally, weightings for each evaluation topic are defined by different experts in the area. The result of this research is an evaluation scheme composed of a hierarchical structure of 3 levels ranging from general to specific: 8 categories, 38 requirements and 80 evaluation criteria that apply to single family and multifamily houses.

Resumen

En la actualidad, los métodos de evaluación sustentable de la edificación “BSA” (Building Sustainable Assessment) han desarrollado sistemas para medir y calificar el nivel de cumplimiento de las edificaciones, sin embargo, muchos autores han determinado los posibles problemas que pudieran darse por una mala importación de estas evaluaciones. El presente método fue producto de una investigación que propone observar y analizar una serie de desempeños específicos de la vivienda y sus partes, las cuales permitan calificar la calidad del proyecto y certificar el futuro desempeño de la vivienda en base a indicadores de sustentabilidad apropiados para la ciudad de Cuenca. El diseño metodológico de la investigación atravesó por tres etapas de desarrollo: En la primera, se plantea un nuevo enfoque de la evaluación sustentable de la edificación que pueda ser adecuado para países en vías de desarrollo, basado en una exhaustiva revisión del estado de arte. En la segunda, a partir del estudio del parque de viviendas de la ciudad, se definen criterios e indicadores. Por último, con la participación de expertos en el área, se definen ponderaciones para cada uno de los temas de evaluación. Los resultados de esta investigación son un esquema de evaluación compuesto por una estructura jerárquica de 3 niveles que van de lo general a lo específico: 8 categorías, 38 requerimientos y 80 criterios de evaluación que se aplican a viviendas multifamiliares y 8 categorías, 28 requerimientos y 58 criterios de evaluación a viviendas unifamiliares.

Index terms— Sustainability, evaluation, method, housing, Cuenca.

Palabras clave— Sustentabilidad, evaluación, método, vivienda, Cuenca.

Recibido: 29-11-2017, Aprobado tras revisión: 04-12-2017

Forma sugerida de citación: Quesada, F.; Calle, A.; Guillen-Mena, V.; Ortiz, J.; Lema, J. (2018). “Método de Evaluación Sustentable de la Vivienda en la ciudad de Cuenca - Ecuador”. Revista Técnica “energía”. No. 14, Pp. 204-212
ISSN 1390-5074.

1. INTRODUCCIÓN

La problemática habitacional en países en vías de desarrollo, tiene varios frentes, entre los cuales podemos mencionar el déficit habitacional tanto cuantitativo como cualitativo, la demanda de recursos y los impactos ambientales generados por el sector. En el Ecuador, el 50% de las familias no poseen vivienda o habitan en viviendas inadecuadas, en donde la precariedad de los materiales y la falta de acceso a infraestructura son los aspectos más notorios [1], lo cual expone a un alto riesgo al bienestar de los habitantes, tal como lo demuestran algunos estudios sobre las enfermedades que se pueden adquirir debido a las condiciones que poseen las viviendas [2-4]. En cuanto a la demanda de recursos, el sector residencial consume el 36,79% de la energía a nivel nacional [5], siendo uno de los sectores de mayor demanda y su tendencia para el 2020 indica que esta situación no variará [6]. En lo que respecta a los impactos ambientales, en nuestro país el manejo de desechos se ha vuelto crítico. De los 221 municipios, tan solo 61 municipios presentan un manejo de sus desechos parcialmente controlado, lo que genera una gran contaminación de suelo, agua y aire, con la consiguiente afección a la salud de la población [7]. Problemas en la calidad de aire por el incremento considerable de algunos contaminantes como CO₂, NO_x y SO_x, se presenta en donde existen granadas concentraciones de población urbana, como es el caso de Quito, Guayaquil y Cuenca, en donde el sector residencial es el segundo contribuyente de emisiones de contaminantes [8].

Una alternativa que ha dado soluciones efectivas a esta problemática, han sido la construcción de edificaciones sustentables que sean eficientes y eficacia, en su propósito de brindar condiciones habitabilidad a sus ocupantes, lo cual se define en una relación entre el confort conseguido y el impacto ambiental causado por alcanzarlo [9].

1.1. Edificaciones Sustentables

La sustentabilidad, es una de las mayores preocupaciones en la actualidad y probablemente el mayor desafío que enfrenta la humanidad [10], debido al modelo de desarrollo y consumo adoptado por los países industrializados y a las consecuencias que resultan de este sistema. La definición de “Desarrollo Sustentable”, ha pasado por un proceso de evolución largo y complejo, pero mundialmente ha sido acogido, el concepto presentado en el informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas, que lleva por título “Nuestro Futuro Común” (1987), conocido como informe Brundtland. En este documento, en su parte inicial de recapitulaciones de la Comisión, al tratar sobre desarrollo duradero, se establece que “está en manos de la humanidad hacer que el desarrollo sea sostenible, duradero, o sea, asegurar que satisfaga las

necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias” [11]. Este concepto, exige un cambio en el modelo de desarrollo. El sector de la industria es fundamental en la estructura del desarrollo sustentable, del mismo modo que la industria de la construcción juega en este contexto un papel importante a través de su actividad, pudiendo contribuir a la disminución de los niveles de consumo de recursos y la contaminación del medioambiente (Por ejemplo: con el diseño y gestión del ambiente urbano construido y edificios), y también, en el tratamiento de las necesidades humanas básicas (provisión de vivienda e infraestructura social, basados en promoción de la salud, accesibilidad universal y adaptación funcional en base a las necesidades específicas de la persona).

En este ámbito, los llamados Métodos de Evaluación Sustentable de la Edificación “BSA” (Building Sustainable Assessment) han desarrollado herramientas que evalúan el desempeño de la edificación, con lo cual se puede verificar el cumplimiento de estándares sustentables que mejoren las prácticas habituales de construcción y las prestaciones que entregan los edificios a sus habitantes. Estos métodos para alcanzar los objetivos de la edificación sustentables, han estructurado sus evaluaciones a través de categorías (temas de evaluación) que premian las estrategias de reducción del impacto ambiental negativo, la demanda energética, la eficiencia de los equipos, entre otros; y a la vez, promueven las prácticas sustentables en todas las etapas del ciclo de vida de la edificación (diseño, construcción, utilización y demolición).

1.2. Evaluación Sustentable de la Edificación

La evaluación implica la medición de lo bien o mal, que un edificio se desempeña o puede llegar a desempeñarse, en contra de un conjunto de criterios declarados [12], por lo tanto, las herramientas BSA han tratado de ser la respuesta a las necesidades de los diseñadores y ocupantes de edificios [13]. En la actualidad, a pesar que existe una extensa variedad de BSA, solo pocos han tenido difusión y reconocimiento internacional, tal es el caso de los siguientes métodos:

1.2.1 Leed

LEED (por sus siglas en inglés Leadership in Energy & Environmental Design), fue desarrollado por U.S. Green Building Council (USGBC) en Estados Unidos, es un sistema estándar basado en el consenso y en criterios de mercado para desarrollar e implementar prácticas sustentables de alta eficiencia en todo el ciclo de vida de un edificio [14]. El método de evaluación ofrece la certificación para varias tipologías edificatorias y para viviendas unifamiliares existe “LEED-Homes”. La metodología que emplea consiste en la verificación del cumplimiento de una lista de requisitos “checklist”, la cual posee una

puntuación de créditos que el sistema exige a cada proyecto. El esquema de su método de evaluación y las temáticas de evaluación, se presentan en la Fig. 1.

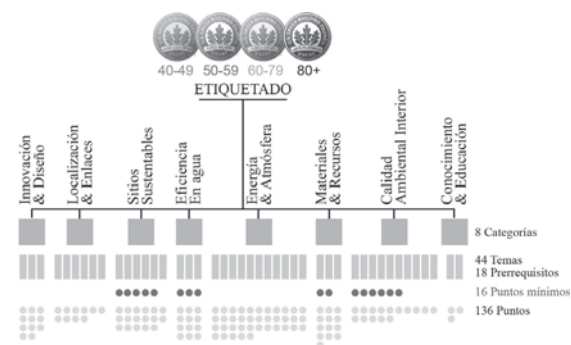


Figura 1: Esquema del Método de Evaluación LEED

1.2.2 Breeam

Es un método de evaluación del desempeño ambiental de los edificios, desarrollado por la organización inglesa BRE Global Ltd. Este sistema posee una metodología de evaluación y certificación de la sustentabilidad que puede aplicarse a distintas tipologías de edificios y para vivienda existe “BREEAM Multi-Residencial”. El método un conjunto de herramientas y procedimientos dirigidos a medir, evaluar y ponderar los niveles de sustentabilidad de la edificación en sus fases de diseño, ejecución y mantenimiento. Posee varias categorías y está determinada por la combinación de los siguientes elementos que evalúan el rendimiento global del edificio (ver Fig. 2): La puntuación de referencia (benchmark), exigencias mínimas, Ponderaciones de la importancia para cada tema y asignación de créditos [15].

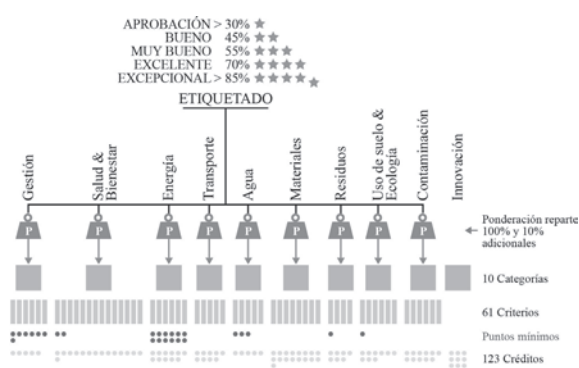


Figura 2: Esquema del Método de Evaluación Breeam

1.2.3 GBC España - verde

Comúnmente llamada “Certificación VERDE” fue desarrollada por la organización Green Building Council España (GBCe). El método evalúa temáticas medioambientales de la edificación a través de proponer una serie de criterios y de reglas que definen los límites y requerimientos necesarios para certificar un edificio [16]. Para los edificios de

tipologías residenciales y oficinas existe “VERDE NE Residencial y Oficinas”. Posee un método prestacional basado en el análisis de diferentes categorías durante el ciclo de vida de la edificación a través de la evaluación de la reducción de impactos ambientales que el edificio y su emplazamiento generan, comparándolo con el impacto generado por el Edificio de Referencia (ver Fig. 3).

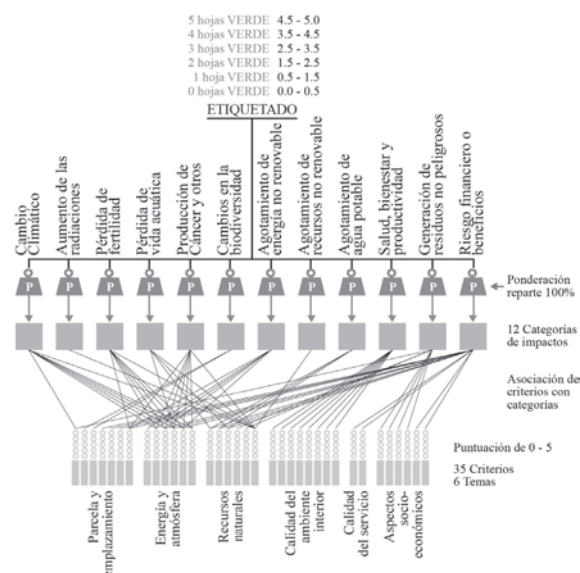


Figura 3: Esquema del Método de Evaluación GBC España - verde

1.2.4 Casbee

Es una herramienta japonesa para la evaluación del desempeño ambiental de los edificios y del entorno construido. Fue desarrollado por Japan GreenBuild Council (JaGBC) y Japan Sustainable Building Consortium (JSBC). El método posee varias herramientas de evaluación y para la vivienda se aplica CASBEE para Nueva Construcción. La evaluación se basa en el concepto de ecosistemas cerrados que relaciona el lote con el exterior, de manera que el sistema considera juntos, por un lado, los aspectos negativos (impactos ambientales) que van más allá del lote, y por otro, los aspectos positivos (la mejor calidad de vida posible para los habitantes) que están dentro del lote (ver Fig. 4).

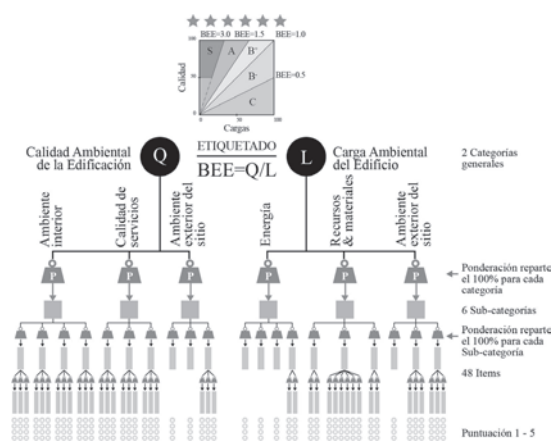


Figura 4: Esquema del Método de Evaluación Casbee

1.2.5 Qualitel

Es una certificación desarrollada por la Association QUALITEL de aplicación mayoritariamente en Francia y está sujeta a los acuerdos de colaboración, mediante protocolos de entendimiento para propietarios, promotores y constructores. Para la vivienda existe la certificación “Qualitel y Habitat & Environnement”, el cual reconoce las principales cualidades ambientales, el uso, el confort y el mantenimiento del proyecto (ver Fig. 5) [17].

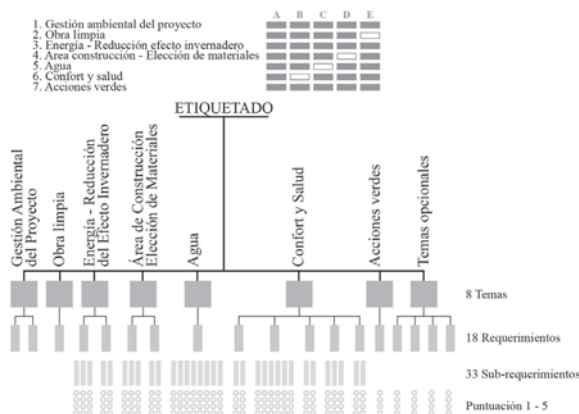


Figura 5: Esquema del Método de Evaluación Qualitel

Luego de esta exposición, hemos podido observar que los BSA, a pesar que pretenden evaluar los mismos temas, son muy diferentes entre ellos. Esta situación se da debido a que actualmente no existe un consenso sobre la composición y estructura que deben tener los métodos de evaluación [18]. Estas diferencias están dadas por una clara influencia de las situaciones regionales donde fueron desarrollados, entre las cuales se pueden mencionar las condiciones climáticas, características geográficas, potencial de energías renovables, consumo de recursos, sistemas constructivos, normativas nacionales, valor histórico de las edificaciones, entre otras [19].

1.3. Aplicación de BSA en Diferentes Contextos

Desde finales de los noventa, cuando los BSA tuvieron mayor divulgación internacional, las publicaciones científicas han expuesto las dificultades que dichos métodos tenían para aplicarse en regiones diferentes para las cuales fueron desarrollados, debido a que poseen de forma implícita o explícita el propósito de sus autores el cual responde a países específicos [20], [21], [22], por lo cual, el desarrollo de un sistema estandarizado de aplicación universal es reconocido como un problema [13].

Adicionalmente, para los países en desarrollo, la problemática puede agudizarse debido a que el concepto que manejan los métodos de evaluación, generados en los países desarrollados, en lo que respecta al desempeño de la edificación (building

performance) y desarrollo sustentable, tienen una implicancia limitada en estos países. De los 3 pilares de la sustentabilidad (ambiental, social y económico), los aspectos sociales y económicos son más importantes en los países en vías de desarrollo que en los países desarrollados, mientras que los aspectos medioambientales están limitados al contexto nacional. En consecuencia, los países en desarrollo deben preocuparse en mejorar la calidad de vida de su población, para lo cual requieren satisfacer las necesidades básicas, evitando impactos ambientales negativos con mayor preocupación en lo social y económico de la sustentabilidad [23]. De esta manera, en los países en vías de desarrollo es fundamental construir métodos de evaluación nacionales que puedan ayudar a resolver problemas locales relacionados a la edificación, estableciendo objetivos de la sustentabilidad, adecuados a los contextos en donde actuarán los BSA.

2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación tiene como objetivo desarrollar un Método de Evaluación Sustentable (BSA) para viviendas que trate de medir las mejoras en el desempeño en relación con las prácticas comunes o requisitos típicos. EL método servirá para la evaluación de la etapa de diseño de proyectos arquitectónicos, el cual parte del conocimiento científico desarrollado en el tema y, con la incorporación de factores locales y regionales, define un concepto de calidad para las edificaciones sustentables en la ciudad de Cuenca – Ecuador.

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para alcanzar el objetivo de la investigación se optó por una metodología que posee una estrategia de diseño multidimensional que involucra una variedad de enfoques cuantitativos y cualitativos, incluyendo el enfoque del trabajo de campo (medición de variables y determinantes en la viviendas), entrevistas con cuestionario estructurado y no estructurado (encuestas), enfoque empirismo (evaluación de habitabilidad) y el enfoque crítico (la reflexión como categoría legítima de creación del conocimiento). La metodología de la investigación plantea tres etapas:

3.1. Determinación de Estructura de Evaluación

Con bases en Quesada [18] se determina una estructura jerárquica que permita cubrir los temas y subtemas de evaluación. Para el sistema de calificación se estableció una puntuación que se asigna por el cumplimiento de niveles de desempeño. Se concluye identificando la estructura del método de evaluación, los temas, categorías y criterios que componen las dimensiones de la sustentabilidad (ambiental, social y económica), que guiará el trabajo de las siguientes etapas de la investigación.

3.2. Selección de Criterios de Evaluación

En esta etapa se realiza el siguiente proceso:

3.2.1 Estudio de variables locales

Se realiza un diagnóstico de la situación del parque de viviendas y de las expectativas que tienen los habitantes. Para analizar la situación de las viviendas, en primer lugar, se levanta información por medio de encuestas sobre tipologías de viviendas, los sistemas constructivos, satisfacción con la vivienda y su barrio en una muestra de 280 cabeza de hogares. En segundo lugar, se analizan 10 viviendas (casos de estudio) ubicadas en las 15 parroquias urbanas de la ciudad de Cuenca. La obtención de datos se lo realizó por medio de monitorización y medición de variables ambientales y determinantes físicas existentes en las viviendas, para dos épocas del año (mese de menor y mayor temperatura). Por último, se analiza el marco regulatorio para el diseño y construcción de viviendas.

3.2.2 Selección de criterios de evaluación

Con los criterios de evaluación identificados en los BSA internacionales (realizado en la etapa anterior) y con los resultados de los análisis de las 10 viviendas se evalúan para establecer la pertinencia de cada criterio de evaluación para ser utilizado en la ciudad de Cuenca. Adicionalmente, con el análisis de los casos de estudio y el marco regulatorio, se establecen los niveles de desempeño que serán premiados por puntuaciones.

3.3. Definición de un Sistema de Ponderaciones

Para definir los pesos de importancia de los criterios de evaluación, se optó por el consenso de expertos mediante el uso del método Analytic Hierarchy Process (AHP).

3.3.1 Método Analytic Hierarchy Process (AHP)

El método compara alternativas a través de la interpretación de datos en una estructura jerárquica. En cada nivel de su jerarquía realiza comparaciones entre pares de elementos en base a la contribución de cada uno al elemento superior al que está vinculado. Las comparaciones se evalúan según la escala numérica que el método entrega. Finalmente, evaluadas las contribuciones a los elementos superiores de la jerarquía, se calcula, a través de agregación de tipo aditiva, las contribuciones de cada alternativa al objetivo global [24].

3.3.2 Diseño de encuesta

Se diseñó una encuesta por cuestionario estructurado, con preguntas de elección forzosa para recoger datos cuantitativos. El cuestionario se basa en

el Método AHP, el cual plantea la comparación de dos aspectos a través de la asignación de una puntuación en una escala de 1 a 9.

3.3.3 Panel de expertos

Se considera valiosa su aporte de expertos como actores del conocimiento y poseedores de experiencia, para definir los rangos de importancia que posee cada criterio de evaluación. Se seleccionó un panel de expertos para cada categoría de evaluación de diferentes áreas de formación contando con un mínimo de 30 expertos por cada categoría (ver Fig. 6). El total de expertos que participo en la encuesta a nivel nacional fue de 285.

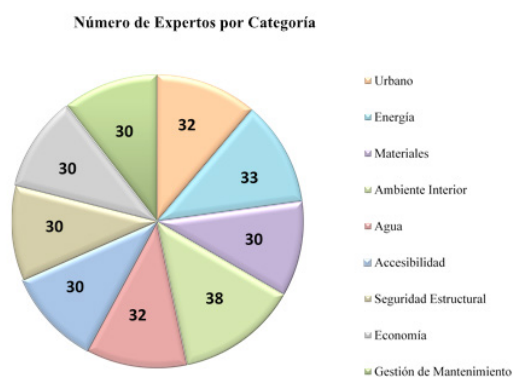


Figura 6: Número de Expertos por Categoría

4. RESULTADOS

4.1. Estructura Jerárquica

Esta metodología posee una estructura jerárquica de 4 niveles, que van de lo general a lo específico, en la organización de los datos y de los objetivos que persigue la evaluación. Los cuatro niveles de la estructura jerárquica son:

- I. Objetivo de evaluación: Es el objetivo principal de la evaluación que nos permite definir el desempeño global de la edificación.
- II. Categorías: Son especificaciones del objetivo en forma de temáticas.
- III. Requerimientos: Son las cualidades (propiedades físicas del edificio y su entorno inmediato) que posee cada categoría para ser analizadas en la evaluación.
- IV. Criterios de evaluación: Son las características más importantes que se evalúan para obtener el nivel de desempeño.

Esta estructura jerárquica, dependiendo de la tipología de vivienda, está compuesta de:

- Viviendas Multifamiliares: 8 categorías, 38 requerimientos y 80 criterios de evaluación.
 - Viviendas Unifamiliares: 8 categorías, 28 requerimientos y 58 criterios de evaluación.
- Las categorías o los grandes temas de evaluación son: a) urbano, b) energía, c) agua, d) materiales, e) ambiente interior, f) accesibilidad, g) seguridad estructural, h) gestión de mantenimiento: (solo para vivienda multifamiliar) y economía (solo para vivienda unifamiliar) (ver Fig. 7).

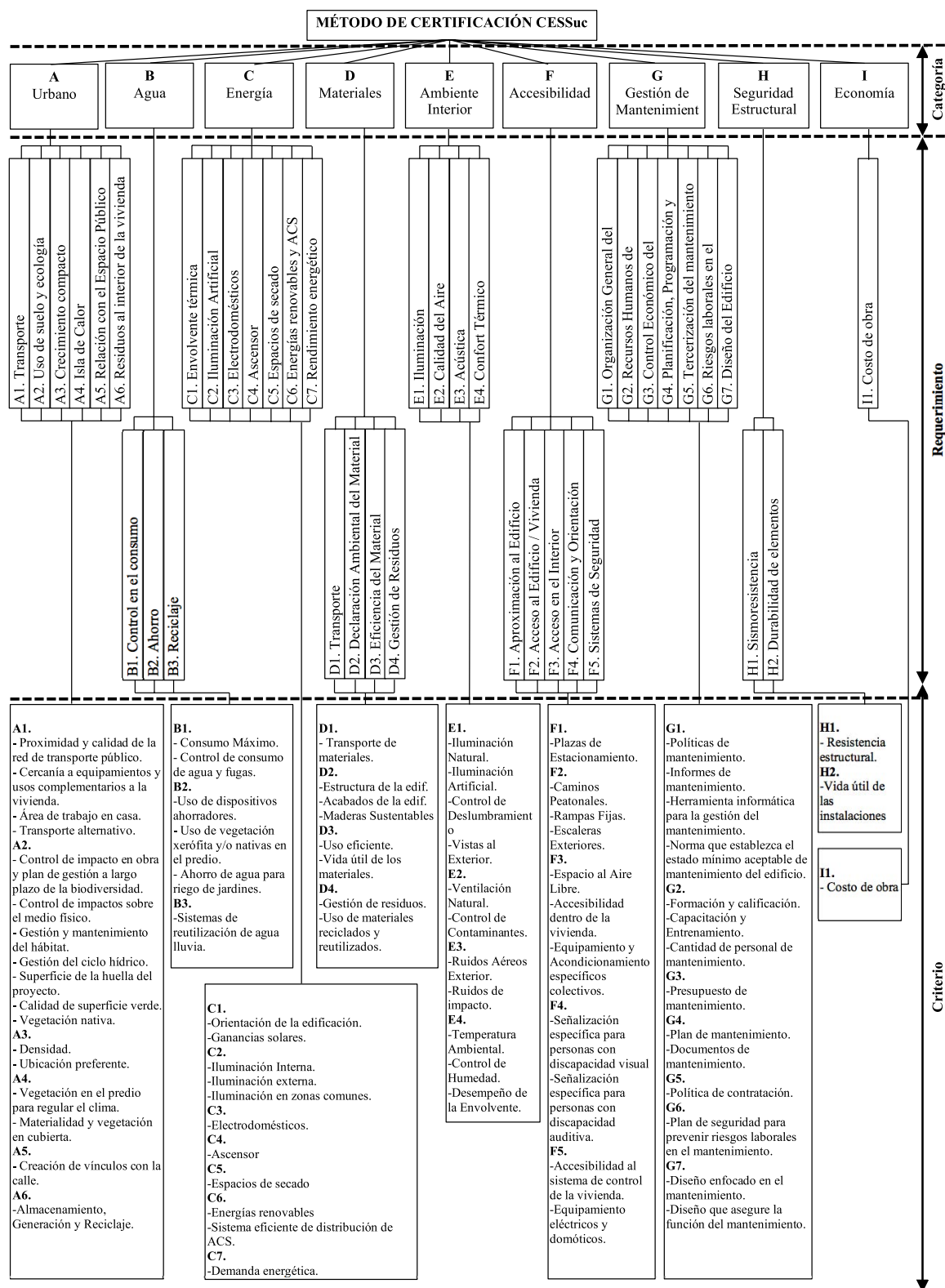


Figura 7: Estructura del Método de Evaluación de la Sustentabilidad

4.2. Los Criterios de Evaluación y Niveles de Desempeño

Los criterios de evaluación son el núcleo de la evaluación y calificación del sistema y están configurados por componentes que son apropiados y exclusivos para cada temática de evaluación [18]:

a) Método de evaluación: El camino a seguir para evaluar las exigencias que plantea el criterio. Se especifican técnicas de medición, que dependen de las normas nacionales e internacionales.

b) Indicadores: Se encuentran las unidades de medición con el sistema de cálculo. Dependen de las normas nacionales e internacionales, las directrices y los objetivos del sistema, pudiendo ser en términos cualitativos o cuantitativos.

c) Niveles de desempeño: Establece las exigencias que deben cumplir los diferentes aspectos evaluados, para lograr el mejor desempeño posible. Llamado también benchmarks.

d) Puntuación: Escala de valoración, que representa el nivel de desempeño, a través de la asignación de puntos o créditos.

Los niveles de desempeño de los criterios de evaluación son tres, los cuales otorgan una puntuación (de 1 a 5 puntos) por su cumplimiento:

I. Prácticas Estándar: Reconoce el desempeño mínimo de cumplimiento, con sometimiento absoluto a las exigencias constructivas, ambientales, y sociales de la normativa nacional y prácticas sustentables socialmente aceptadas (1 punto).

II. Prácticas Mejores: Reconoce el desempeño intermedio, que sobrepasa las exigencias normativas nacionales con respecto a prácticas constructivas y ambientales (3 puntos).

III. Prácticas Superiores: Desempeño más alto a ser alcanzado, que sobrepasan el desempeño de los dos niveles anteriores y toman como referencia las normas internacionales para ser alcanzadas con tecnologías y prácticas existentes a nivel nacional (5 puntos).

4.3. Sistema de Calificación

La puntuación obtenida es multiplicada por el factor de ponderación establecido para cada criterio de evaluación, los cuales se suman y entregan la puntuación a cada categoría. De esta forma las ponderaciones contribuyen a definir el grado de importancia que tiene cada tema de evaluación. La Tabla 1 presenta las ponderaciones y nivel de la estructura de la categoría ambiente interior a manera de ejemplo.

Tabla 1: Ponderaciones y Nivel de la Estructura de la Categoría Ambiente Interior

Requerimiento	Peso (%)	Criterio de Evaluación	Factor
Iluminación	23.97	Iluminación Nat.	0.49
		Iluminación Arti.	0.11
		Deslumbramiento	0.21
		Vistas al exterior	0.19
Calidad del Aire	27.57	Ventilación Natu.	0.71
		Contaminantes	0.29
Acústica	11.39	Ruido Aéreo Ext.	0.56
		Ruido de Impacto	0.44
Confort Térmico	37.07	Temperatura	0.27
		Control Humedad	0.34
		Envolvente	0.39

La calificación final es obtenida en un valor único por la suma directa de los resultados que entrega cada categoría. Esta calificación representa el desempeño global de la edificación y la puntuación para el umbral de cada nivel de desempeño según el tipo de vivienda es el siguiente:

a) Puntuación para vivienda multifamiliar (ver Fig. 8).

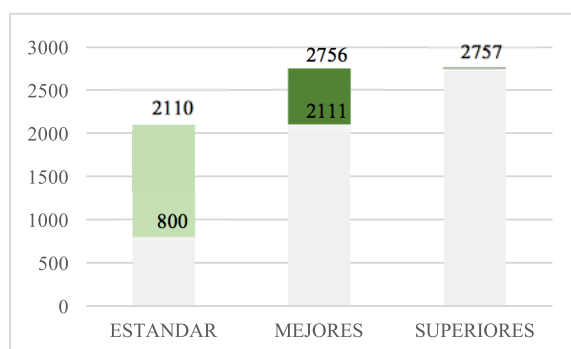


Figura 8: Niveles de Calificación del Método para Viviendas Multifamiliares

b) Puntuación para vivienda unifamiliar (ver Fig. 9).

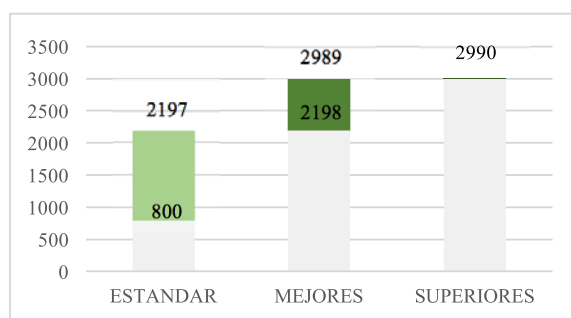


Figura 9: Niveles de Calificación del Método para Viviendas Unifamiliares

5. CONCLUSIONES

Para fomentar el cambio es indispensable un mejor desempeño en los edificios, para lo cual, los métodos de evaluación sustentable de la edificación “BSA” contribuyen significativamente de dos maneras, por una parte, advierten sobre la importancia de una edificación sustentable, y por otro, amplían el debate sobre el confort y otros aspectos que están estrechamente ligados al desempeño de la edificación más allá de las medidas técnicas y científicas

El éxito e influencia que han tenido los “BSA” ha comenzado a mostrar y aclarar sus potenciales nuevas funciones, pero todavía no está claro su verdadero rol. Esta falta de claridad es evidente cuando se presentan propuestas para desarrollo de sistemas globales (tal es el caso de LEED, BREEAM, entre otros) que al parecer son beneficiosas para el mercado inmobiliario y las empresas transnacionales, pero poseen el riesgo de simplificar y unificar aspectos complejos de la evaluación por su necesidad de aplicación a diferentes contextos. Es decir, siempre estará presente el peligro de homologación y reducción de la sensibilidad al reconocimiento y la promoción de estrategias apropiadas a diseños regionales. De esta manera, la inapropiada importación intercultural de determinadas técnicas y estrategias, puede ser perjudicial para una apropiada evaluación.

Para evitar estos problemas, es importante entender que la esencia de un edificio sustentable es asegurar el bienestar humano a largo plazo y la evaluación de la edificación debe dar garantías sobre el entorno físico para asegurar y mantener el bienestar de los habitantes. En este sentido, el desarrollo de un método de evaluación debe ser adecuado al contexto de implantación, sin olvidar que la función principal de los métodos es proporcionar una evaluación exhaustiva de las características de la edificación, utilizando un conjunto de objetivos y criterios verificables.

El desarrollo de “BSA” es un camino muy amplio y no existe una guía que establezca las prioridades a considerar para su desarrollo y adaptación a contextos específicos. Sin embargo, la presente investigación podido establecer que la extracción selectiva de ideas que se incorporen y modifiquen el desarrollo de futuros métodos, exponiendo y dirigiéndose hacia los aspectos controversiales del desempeño de la edificación, es una función válida en este proceso. Para esto, el estudio planteó tres etapas:

1. Determinación de las características regionales.
2. Selección de criterios de evaluación con base en métodos internacionales.
3. Participación de expertos para identificar prioridades regionales.

Con esta metodología de investigación, se pudo evidenciar que, al incorporar realidades de la localidad, se pueden realizar evaluaciones más adecuadas para sus edificaciones.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad de Cuenca y a su Dirección de Investigación DIUC por el financiamiento del presente proyecto de investigación que lleva por título: Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BID, Un espacio para el desarrollo: Los mercados de vivienda en América Latina y el Caribe, 1ª ed ed. Washington, D.C., 2012.
- [2] G. W. Evans, N. M. Wells, and A. Moch, “Housing and Mental Health: A Review of the Evidence and a Methodological and Conceptual Critique,” *Journal of Social Issues*, vol. 59, pp. 475-500, July 2003.
- [3] A. Sánchez, *Enfermería Comunitaria I; Concepto de Salud y Factores que la Condicionan*. Madrid: McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A., 2000.
- [4] OPS and OMS. (1999). *Iniciativa de vivienda saludable*. Available: www.cepis.ops-oms.org
- [5] MEER, “Plan Estratégico Institucional,” Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, QuitoEnero 2014.
- [6] MIDUVI, “Norma Ecuatoriana de la Construcción,” in *Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador* vol. NEC-11, ed, 2011.
- [7] MAE. (2014, Octubre). Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos. Available: <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>
- [8] G. Fontaine, I. Narváez, and P. Cisneros, *GOE Ecuador 2008: Informe sobre el estado del medio ambiente: FLACSO-MAE-PNUMA*, 2008.
- [9] A. Cuchí, A. Sagrera, F. López, and G. Wadel, *La Qualitat Ambiental als Edificis*, 1ra. ed. vol. 29, 2009.
- [10] T. Blair, *Climate Change. The UK Programme 2006*. Norwich: TSO, 2006.
- [11] G. Brundtland and O. C. M. s. e. m. A. y. e. *Desarrollo, Nuestro Futuro Común*, 2007.
- [12] R. J. Cole, “Building environmental assessment methods: redefining intentions and roles,” *Building Research & Information*, vol. 33, pp. 455-467, 2005/09/01 2005.

- [13] I. Cooper, "Which focus for building assessment methods – environmental performance or sustainability?," *Building Research & Information*, vol. 27, pp. 321-331, 1999/07/01 1999.
- [14] U. S. G. B. Council. (2013, Abril). USGBC. Available: <http://www.usgbc.org/>
- [15] BRE, Breeam New Construction. UK, 2011.
- [16] G. España, HADES: Herramienta de Ayuda al Diseño para una Edificación Más Sostenible. Madrid, 2011.
- [17] CERQUAL, Qualitel, Habitat & Environnement: Certifications Habitat Neuf, 2012.
- [18] F. Quesada, "Métodos de evaluación sostenible de la vivienda: Análisis comparativo de cinco métodos internacionales," *Revista Hábitat Sustentable*, vol. 4, pp. 56-67, junio 2014.
- [19] S. H. Alyami and Y. Rezgui, "Sustainable building assessment tool development approach," *Sustainable Cities and Society*.
- [20] R. J. Cole, "Emerging trends in building environmental assessment methods," *Building Research & Information*, vol. 26, pp. 3-16, 1998.
- [21] D. B. Crawley and I. Aho, "Building environmental assessment methods: applications and development trends," *Building Research & Information*, vol. 27, pp. 300-308, 1999.
- [22] N. Kohler, "The relevance of Green Building Challenge: an observer's perspective," *Building Research & Information*, vol. 27, pp. 309-320, 1999/07/01 1999.
- [23] J. Gibberd, "The Sustainable Building Assessment Tool Assessing How Buildings Can Support Sustainability in Developing Countries," presented at the Built Environment Professions Convention, Johannesburg, South Africa, 2002.
- [24] R. W. Saaty, "The analytic hierarchy process—what it is and how it is used," *Mathematical Modelling*, vol. 9, pp. 161-176, // 1987.



Felipe Quesada Molina.- Nació en Cuenca, Ecuador en 1976. Recibió su título de Arquitecto de la Universidad de Cuenca en 2004; de Magister en Construcción en Madera de la Universidad del Bío-Bío, Chile en 2007; y su título de Doctor en Arquitectura y

Urbanismo en la Universidad del Bío-Bío, de Chile. Sus campos de investigación están relacionados con la Evaluación Sustentable de la Edificación y el Confort del Ambiente Interior de las Edificaciones.



Andrea Estefanía Calle Pesántez.- Nació en Cuenca, Ecuador en 1990. Recibió el título de Arquitecta de la Universidad de Cuenca en 2015. Actualmente, se encuentra desarrollando sus estudios de Maestría en "Geographical Information Science & Systems (UNIGIS M.Sc.)" en el Programa UNIGIS de la Universidad de Salzburgo. Sus campos de investigación están relacionados con la Planificación Urbana y Territorial, así como con los Sistemas de Información Geográfica.



Vanessa Fernanda Guillén Mena.- Nació en Cuenca, Ecuador en 1987. Recibió su título de Arquitecta de la Universidad de Cuenca en el año 2012; de Máster en Investigación en Eficiencia Energética y Sostenibilidad en Edificación y Urbanismo de

la Universidad del País Vasco en el año 2013. Sus campos de investigación están relacionados con los aspectos energéticos en edificaciones y análisis de ciclos de vida de los materiales de construcción.



Jessica Mariela Ortiz Fernandez.- Nació en Cuenca, Ecuador en 1991. Recibió su título de Arquitecto de la Universidad de Cuenca en 2016; su trabajo de titulación se enfoca en el estudio energético de las viviendas en Cuenca y sobre el desarrollo de estrategias para la reducción

del consumo de energía. Su campo de investigación está relacionado con la sustentabilidad de viviendas y eficiencia energética en la edificación.



Kléber John Lema Polo.- Nació en Cuenca, Ecuador en 1983. Recibió su título de Diseñador Gráfico en la Universidad del Azuay en 2006. Actualmente se encuentra egresado de la Maestría en Diseño Multimedia, Segunda Edición, de la Universidad del Azuay. Su campo de

investigación está relacionado con el Diseño y Desarrollo Web Responsivo, la Arquitectura de la Información, Usabilidad Web, Experiencia de Usuario y Visualización de Información.