



*Indicadores de sostenibilidad urbana para la ciudad de Cuenca-Ecuador:
Estrategias energéticas*

*Indicators of urban sustainability for the city of Cuenca-Ecuador: Energy
strategies*

*Indicadores de sustentabilidade urbana para a cidade de Cuenca-Ecuador:
estratégias energéticas*

Diego Leonardo Mogrovejo-Narváz ^I
diego.mogrovejo.60@est.ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4534-4918>

Juan Felipe Quesada-Molina ^V
felipe.quesada@ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6931-0192>

Correspondencia: diego.mogrovejo.60@est.ucacue.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de julio de 2022 * **Aceptado:** 12 de agosto de 2022 * **Publicado:** 09 de septiembre de 2022

- I. Ingeniero en Electrónica Digital y Telecomunicaciones, por la Universidad Tecnológica Israel de Quito Ecuador, Posgradista en el Programa de Maestría en Construcciones con Mención en Administración en la Construcción Sustentable en la Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- II. Arquitecto por la Universidad de Cuenca, Diplomado en Docencia Universitaria, Máster en Construcción en Madera por la Universidad de Bío-Bío de Chile, Doctor en Arquitectura y Urbanismo por la Universidad de Bío-Bío de Chile, Tutor en la Maestría en Construcciones en la Universidad de Católica de Cuenca, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Resumen

A medida que la población se urbaniza, el tema de sostenibilidad urbana se actualiza día tras día, pues esto se ha convertido en un importante asunto a tratar a nivel político, social, económico y medioambiental. Muchas ciudades alrededor del mundo enfrentan desafíos relacionados al desgaste medioambiental y la habitabilidad, Cada una busca tener las estrategias necesarias para alcanzar la Sostenibilidad Urbana. Esta Sostenibilidad va de la mano con las costumbres de la sociedad y el uso de los recursos energéticos ambientales. Con esto nace la necesidad de tener un marco de indicadores establecidos en estrategias energéticas encaminadas hacia la sostenibilidad urbana de las distintas ciudades. El presente artículo busca sintetizar las literaturas, teorías y trabajos existentes relacionados al tema de sostenibilidad urbana las cuales sean aplicables en el medio, específicamente enfocados en la ciudad de Cuenca-Ecuador, evaluando el comportamiento urbano y estableciendo un marco de indicadores que busquen un equilibrio medioambiental y centralicen a la población hacia la sostenibilidad urbana.

Palabras clave: Sostenibilidad; estrategias; medio ambiente; urbano; población.

Abstract

While the population gets urbanized, the matter of urban sustainability gets updated day after day, as this has become an important issue to deal with at the political, social, economic and environmental levels. Many cities around the world face challenges related to environmental degradation and the quality of life of their inhabitants, and each one of them seeks to have the necessary strategies to achieve urban sustainability. This sustainability goes hand in hand with the customs of society and the use of energy resources from the environment. With this, the need to have a framework of indicators rises, based on energy strategies aimed at urban sustainability in the different cities. This article seeks to synthesize the literature, theories and existing works related to the issue of urban sustainability which are applicable in the environment, specifically focused on the city of Cuenca-Ecuador, evaluating urban behavior and establishing a framework of indicators that seek a balance. environment and centralize the population towards urban sustainability.

Keywords: Sustainability; strategies; environment; urban; population.

Resumo

À medida que a população se urbaniza, a questão da sustentabilidade urbana é atualizada dia após dia, pois esta se tornou uma questão importante a ser tratada nos níveis político, social, econômico e ambiental. Muitas cidades ao redor do mundo enfrentam desafios relacionados ao desgaste ambiental e habitabilidade, cada uma busca ter as estratégias necessárias para alcançar a Sustentabilidade Urbana. Essa Sustentabilidade anda de mãos dadas com os costumes da sociedade e o uso dos recursos energéticos ambientais. Com isso surge a necessidade de se ter um quadro de indicadores estabelecidos nas estratégias energéticas voltadas para a sustentabilidade urbana nas diferentes cidades. Este artigo busca sintetizar a literatura, teorias e trabalhos existentes relacionados ao tema da sustentabilidade urbana aplicáveis ao meio ambiente, especificamente voltados para a cidade de Cuenca-Ecuador, avaliando o comportamento urbano e estabelecendo um quadro de indicadores que busquem um equilíbrio. meio ambiente e centralizar a população para a sustentabilidade urbana.

Palavras-chave: Sustentabilidade; estratégias; meio Ambiente; população; urbana.

Introducción

En este momento, el 55% de la población mundial vive en áreas urbanas, mientras que el número y los porcentajes de habitantes urbanos están en constante crecimiento. Se espera que debido a la urbanización y al crecimiento de la población mundial, la proporción urbana de la población alcance el 68% en 2050 (ONU, Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2015).

El consumo de energía debido a los parámetros sociales está relacionado principalmente con el crecimiento en el número de hogares; tales desarrollos sociales se producen, por ejemplo, debido a la aparición de nuevas industrias y al crecimiento de ciertos sectores, además una mejor comprensión consumo de energía urbana, particularmente en los países en desarrollo, puede fortalecer la seguridad energética, la mitigación del cambio climático y la reducción de la contaminación local (Haddad & Ahmed, 2021), de tal manera que el inevitable deterioro del ecosistema mundial, conjuntamente con “el desarrollo industrial y tecnológico verificado a partir de la segunda mitad del siglo XX ha provocado una creciente explotación de los combustibles fósiles” (Correa, González, & Pacheco, 2016).

“La degradación del medio ambiente con el consecuente cambio climático es una bomba de tiempo que debe desactivarse si no queremos desaparecer como especie del planeta tierra” (Díaz, 2012), “estos efectos adversos del cambio climático son considerados como amenazas cuyos impactos pueden poner en riesgo el desarrollo de los países y la integridad ecosistémica a nivel mundial. Numerosas especies vegetales y animales debilitadas ya por la contaminación y la pérdida de hábitat, no sobrevivirán los próximos años” (Ministerio del Medio Ambiente, 2014).

La búsqueda de soluciones a esta problemática tiene varios puntos, uno de ellos es la creación de diversos indicadores que centren a la sociedad hacia una sostenibilidad energética, a través de estrategias enfocadas preservar el medio ambiente y utilizar energías renovables.

El sector energético es uno de los principales motores de desarrollo en el Ecuador, y sabiendo que el país es autosuficiente en generación de energía eléctrica, gran parte de la energía del mundo se está produciendo y utilizando actualmente de formas que pueden no ser sostenibles a largo plazo. Para poder evaluar el progreso en el futuro desarrollo energético sostenible, se necesitan indicadores energéticos para medir y monitorear de cerca los desarrollos importantes.

“Aún no existe total consenso para establecer aquellos indicadores que dan mejor cuenta de los avances en la calidad de vida urbana y, dada la improbabilidad de lograr una ciudad sostenible, pues la huella ecológica actual sobrepasa lo que la naturaleza puede generar, es necesario avanzar en la búsqueda de indicadores que posibiliten determinar las mejoras tendientes a la sostenibilidad de los asentamientos humanos” (Jofré, 2009).

“Los enfoques basados en indicadores contribuyen a la creación de sistemas autorregulados sostenibles que integran el desarrollo y la protección del medio ambiente, por lo que estos proporcionan una base sólida para la toma de decisiones en todos los niveles y son cada vez más utilizados” (Hiremath, Bimlesh, Bansode, & J, 2013). La sostenibilidad de las áreas urbanas es esencial para la sostenibilidad de las regiones, las naciones y el mundo en su conjunto, pues los indicadores de sostenibilidad urbana pueden desempeñar un rol fundamental en desarrollo de la ciencia y la práctica del mantenimiento de los sistemas urbanos (Huang & Wu, 2015).

“El desarrollo urbano sostenible significa específicamente lograr un equilibrio entre el desarrollo de las áreas urbanas y la protección del medio ambiente con miras a la equidad en los ingresos, el empleo, la vivienda, los servicios básicos, la infraestructura social y el transporte en las áreas urbanas” (Hiremath, Bimlesh, Bansode, & J, 2013).

En el año 2015, la ONU, desarrolla la llamada Agenda 2030, la cual manifiesta 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y unas 169 metas asociadas, las mismas que tienen la intención de garantizar que cada nación y persona de todo el mundo sea alcanzada e incluida en el logro de estos objetivos(ONU, Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2015).

¿Qué es el desarrollo sostenible?

Según la ONU (2015):

- El desarrollo sostenible se precisa aquel desarrollo que logra satisfacer las necesidades de un individuo sin atentar la capacidad de las futuras generaciones con el fin de complacer sus necesidades.
- Se define como desarrollo sostenible aquel que exige esfuerzos concentrados en elaborar un futuro sostenible y resiliente, para el mundo y las personas.
- Con el fin lograr un desarrollo sostenible, es necesario acoplar tres factores básicos: protección del medio ambiente, crecimiento económico y inclusión social. Estos factores son interdependientes además todos se vuelven indispensables para la sociedad e individuos.
- El querer suprimir la pobreza de manera permanente es una situación esencial con el fin de establecer un desarrollo sostenible. Para ello se debe promover el aumento sostenible, económico, equitativo e inclusivo brindando un mayor número de oportunidades para todos, disminuyendo la desigualdad, procesar los niveles básicos de vida, impulsando el desarrollo de una sociedad justa, equitativa e incluyente, fomentar la gestión sostenible e integrada de los ecosistemas y recursos naturales.

Para medir el desempeño de las ciudades, se necesitan indicadores, y a menudo los indicadores existentes no son estandarizados, consistentes o comparables a lo largo del tiempo, es por ello que la ISO (2014) desarrollo un conjunto de indicadores estandarizados, los cuales proporcionan un enfoque uniforme de cómo se mide y como se realizan estas mediciones. Pues, para lograr un desarrollo sostenible se debe tomar en cuenta todo el sistema de la ciudad, es decir, los aspectos económicos, sociales y medioambientales.

Con este contexto, a pesar de la importancia que presentan estos indicadores en el área energética del Ecuador, aún no se encuentran desarrollados con exactitud, por tal motivo y debido a la gran

extensión, complejidad y crecimiento de la ciudad de Cuenca-Ecuador, nace la necesidad de desarrollar indicadores de sostenibilidad energética urbana, bajo indicadores de marcos internacionales que se ajusten y guíen el desarrollo sostenible de la ciudad, con esta investigación se contara con los indicadores de sostenibilidad urbana enfocados en estrategias energéticas óptimas que puedan encaminar hacia un desarrollo urbano sostenible.

La presente investigación tiene el objetivo de desarrollar un marco de indicadores de sostenibilidad basado en estrategias energéticas que enfoquen a la ciudad de Cuenca hacia una sostenibilidad urbana, revisar y analizar las guías metodológicas como: 1. “Guía metodológica para los sistemas de auditoría, certificación o acreditación de la calidad y sostenibilidad en el medio urbano” (Barcelona, 2012), 2. “Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles. Tercera Edición BID” (Desarrollo, 2016), 3. “ISO 37120 Desarrollo Sostenible de Comunidades. Indicadores para servicios de la ciudad y calidad de vida” (ISO, 2014), 4. “Objetivo 11 de Desarrollo Sostenible” (ONU, Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2015), y 5. “Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías” (IAEA, 2008). También herramientas de valoración como: 1. “Manual Técnico de Comunidades” (BREEAM), 2. “LEED v4.1 Ciudades y Comunidades: Planificar y Diseñar” (LEED, 2020).

Metodología

Esta investigación ofrece un análisis sistemático de la literatura, por ello se han utilizado diversas fuentes y perspectivas de autores para lograr a una correcta conclusión al respecto, por lo que se planteó una metodología que consta de 3 etapas que están descritas en la figura 1.

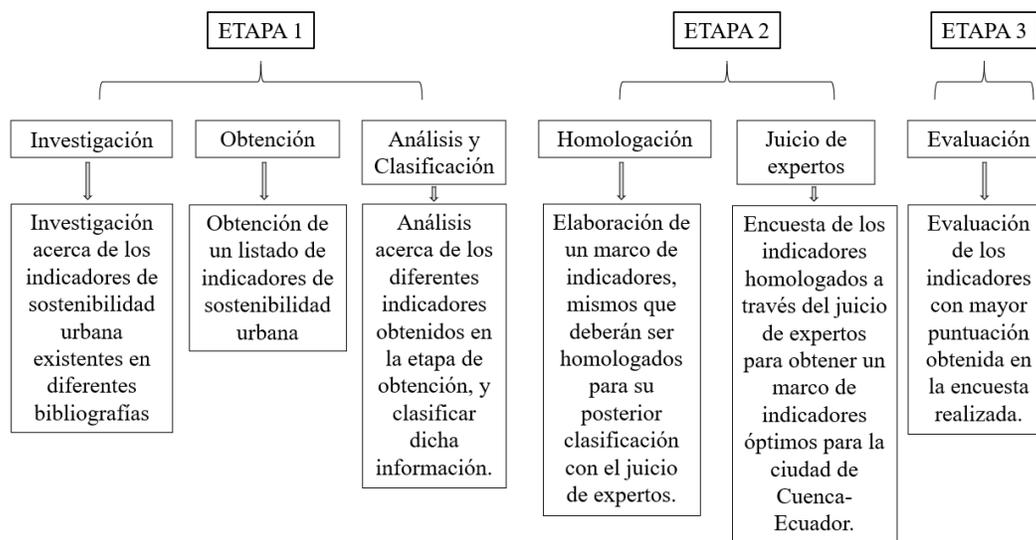


Figura 1: Metodología de trabajo

Etapa 1. Mediante las diversas fuentes literarias mencionadas, en las cuales se encuentran Guías Metodológicas y Manuales Técnicos, se obtuvo una primera selección de Indicadores de Sostenibilidad Urbana relacionados con estrategias energéticas, dentro de los cuales se encontró cierta similitud entre ellos. Estos indicadores fueron clasificados en 3 distintos tipos: Indicadores Económicos, Indicadores Sociales e Indicadores Medioambientales, de tal manera que, dentro de cada tipo, los indicadores que midan el mismo parámetro serán homologados en un solo indicador, para ser evaluados posteriormente mediante el juicio de expertos.

Etapa 2. Luego de haber culminado la etapa, se efectúa la aprobación de los indicadores expuestos en la Etapa 1, siendo útil para distinguir información y emitir juicio de expertos.

Juicio de expertos

“El juicio de expertos se define como una opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros como expertos cualificados en este, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones” (Escobar & Cuervo, 2008)

El número total de expertos necesarios para que la herramienta sea valorada y analizada adecuadamente varía entre los diferentes autores, de tal manera que (Schilling, y otros, 2007) en

su publicación relacionada con el estudio de validez de contenido en la investigación en trabajo social, recomienda un número de expertos mínimos de 3, por otra parte (Gable & Wolf, 2013) proponen un rango de entre 2 a 20 expertos. El número del panel de expertos varía dependiendo del nivel de experiencia y experticia deseada, pues (Grant & Davis, 1997) recomiendan un rango de 10 expertos, añadiendo que el uso de un mayor número de expertos puede generar más información sobre el parámetro que se desea medir.

Además, según (Escobar & Cuervo, 2008), para la realización de un juicio por expertos es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Delimitar el objetivo del juicio de expertos
2. Escoger a los jueces
3. Enunciar las dimensiones y los indicadores que son encargados de medir cada ítem de la prueba
4. Detallar el objetivo de la prueba
5. Definir la diferencia en cuestión de pesos a las dimensiones de la prueba
6. Elaborar de planillas o encuestas
7. Cuantificar el acuerdo entre los jueces
8. Preparar conclusiones del juicio

Perfil para juicio de expertos

El perfil necesario que deberá tener el experto para realizar la encuesta “INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD URBANA ENFOCADOS EN ESTRATEGIAS ENERGETICAS PARA LA CIUDAD DE CUENCA-ECUADOR”, deberá cumplir con ciertos requisitos como: 5 años de experiencia profesional, Título de tercer nivel en Electricidad, Electrónica, Arquitectura, Ingeniería Civil o carreras afines, además una Maestría o Doctorado en Eficiencia Energética, Desarrollo sostenible, Energías Renovables, Administración de proyectos de energía, o afines y también tener experiencia profesional en áreas relacionadas con Eficiencia energética, energías renovables, Desarrollo sostenible, dentro del sector público o privado para proyectos de consultoría, docencia o afines en libre ejercicio profesional”.

Tomando como base la revisión de la bibliografía (Gable & Wolf, 2013) se escogió a 6 expertos en donde se detalla su perfil profesional a partir de la tabla 1.

Figura 2: Perfiles de expertos

Experto	Formación Académica	Áreas de Experiencia Profesional	Tiempo de experiencia Profesional (años)	Labor actual
Experto 1	- Arquitecto - Master en Arquitectura & Sostenibilidad - Master en Arquitectura Bioclimática, Confort & Eficiencia Energética - Diplomado en Arquitectura del Paisaje - Diplomado en Eficiencia Energética	- Sostenibilidad - Bioclimática	+10	- Sector privado (Docente - Universidad del Azuay)
Experto 2	- Ingeniero Eléctrico - Doctor en Energías Renovables - Máster en Sistemas Eléctricos de Potencia - Posgrados en Sistemas de Calidad, Ambiente y redes de Comunicaciones.	- Docencia en secundaria, pregrado y posgrado. - Miembro del grupo de investigación de Energía de la Universidad Politécnica Salesiana. - Mas de 15 años como consultor ambiental calificado en el sector energético.	+10	- Sector privado (Docente - Universidad Politécnica Salesiana)
Experto 3	- Ingeniero Eléctrico - Master en Energías Renovables	- Energías Renovables	+10	- Libre ejercicio - Sector Privado (Docente - Universidad del Azuay)
Experto 4	- Ingeniera Industrial - Magister en Planificación y Gestión Energética	- Energías Renovables	De 5 a 10	- Sector Publico (CELEC)
Experto 5	- Ingeniero Eléctrico - Master in Geographical Information Science	- Energías Renovables	+10	- Sector Publico (CELEC)
Experto 6	- Tecnólogo en Electromecánica - Ingeniero Eléctrico - Diploma Superior en Emprendimiento e Innovación - Magister Unigis en Sistemas de Información Geográfica - MASTER RESEAUX ET BATIMENTS INTELLIGENTS - Doctorado en Ingeniería Eléctrica	- Energías Renovables	De 5 a 10	- Sector Privado (Docente - Universidad Católica de Cuenca)

La herramienta utilizada para esta investigación a través del juicio de expertos será la encuesta, la misma que se registrará con la siguiente metodología:

Método de agregados individuales

Este método es comúnmente utilizado debido a sus características de ser bastante accesible o barato, puesto que no se requiere los expertos se reúnan en un lugar en específico (Corral, 2009) seguimos este conjunto de pasos:

Los especialistas son invitados uno por uno para otorgar una estimación directa de cada componente del instrumento. Podemos considerarlo un método reducido ya que las preguntas se

realizan a cada especialista por separado debido a esto los expertos no obtienen una retroalimentación entre ellos, pues no comparten experiencias, opiniones ni puntos de vista. A pesar de este inconveniente, es esencial para evadir sesgos en los datos por presiones entre expertos, conflictos interpersonales, etc.

De tal manera que:

- Se seleccionan como mínimo tres especialistas o jueces que se encargaran de valorar individualmente la relevancia y congruencia de los accesos al material teórico, la transparencia de lo escrito y la tendencia o sesgo al momento de construir los ítems, en otras palabras, si es recomiendan o no brindar una respuesta.
- Cada uno de los especialistas es responsable de contar con suficiente información escrita que trate sobre: el objetivo del experimento, el concepto del universo de contenido, la ficha técnica o el funcionamiento de las variables a estudiar.
- Cada uno de los especialistas recibe una herramienta para confirmar, que contenga: similitud de dominio de elementos, transparencia, sesgos y objeciones o correcciones.
- Las herramientas de validación se recopilan y analizan

Etapla 3. Luego de realizada la encuesta con juicio de especialistas, se procesa la información obtenida y se calcula el factor V de Aiken. Con la finalidad de obtener un total de 3 indicadores con mejor aceptación por los expertos, de tal manera que evaluando estos indicadores significativos se puede determinar si con el evidente crecimiento poblacional y por consecuencia la alta demanda de energética, la ciudad de Cuenca está considerando de manera primordial estrategias energéticas que garanticen el buen vivir y la Sostenibilidad Urbana.

Coefficiente V de Aiken

Este es un factor que le permite cuantificar la importancia de los elementos en dependencia del dominio de contenido en función de las puntuaciones de N jueces. Según (Penfield & Giacobbi, 2004) el coeficiente V de Aiken se calcula utilizando la ecuación (1):

$$V = \frac{\bar{X} - l}{k}, \quad (1)$$

Donde:

V = Coeficiente V de Aiken

\bar{X} = Media muestral de las calificaciones de los jueces

l = Calificación más baja posible

$$k = \text{Rango de valores posibles de la escala}$$

El valor mínimo admitido para considerar válido el coeficiente de Aiken, existen varias propuestas, una de ellas está la de (Aiken, 1985), el cual propone que el valor mínimo para considerar un ítem como válido debería de ser de 0,69, por otra parte, (Penfield & Giacobbi, 2004) consideran conservar ítems con valores de V mayores 0,75.

Resultados y discusión

Del análisis bibliográfico de las principales Guías Metodológicas y herramientas de Evaluación se obtuvieron un total de 37 indicadores (figura 2), de los cuales 7 indicadores fueron obtenidos de “Agencia de Ecología Urbana de Barcelona” (Barcelona, 2012), 6 indicadores de (LEED, 2020), 7 indicadores de BID (Desarrollo, 2016), 7 indicadores de (ISO, 2014), 1 indicador de (ONU, OBJETIVO 11: Ciudades y comunidades sostenibles., 2020), 1 indicador de BREEAM (BREEAM, 2020) y 8 indicadores de Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA O. I., 2008)



Figura 3: Cantidad de indicadores por Marco Teórico

Estos indicadores fueron clasificados en 3 distintos tipos: Indicadores Económicos, Indicadores Sociales e Indicadores Medioambientales, de los cuales 8 indicadores corresponden al tipo Económico, 10 al tipo Social, y 19 al tipo Medioambiental.

Una vez obtenidos todos los indicadores según su clasificación, fueron expuestos a un proceso de homologación, consiguiendo así un total de 13 indicadores de Sostenibilidad Urbana basados en estrategias energéticas, como se muestra en la tabla 2.

Figura 4: Lista de indicadores homologados

# Indicador Homologado	Indicador	Unidad de medida
Homologación indicadores Económicos		
1	Porcentaje de hogares de la ciudad con conexión legal a fuentes de energía eléctrica	Porcentaje %
2	Uso de energía por unidad de PIB	Electricidad: kilovatios/hora (kWh) por dólar estadounidense
3	Porcentaje de ingresos de los hogares dedicado a combustibles y electricidad	Porcentaje %
4	Porcentaje de hogares (o de población) sin electricidad o energía comercial, o muy dependientes de energías no comerciales	Porcentaje %
Homologación indicadores Sociales		
5	Cantidad promedio de interrupciones eléctricas al año por cliente	Cantidad/año/cliente
6	Duración promedio de las interrupciones eléctricas	Hrs./cliente
7	Demanda energética en el espacio público	KWh/m2 año
Homologación indicadores Medio Ambientales		
8	Potencial de captación de energías renovables	Solar: [kWh/m2/año] Eólica: [m/s]
9	Existencia de normas de eficiencia energética en vigencia	Cumple/No cumple
10	Porcentaje de energía derivada de fuentes renovables que forma parte del consumo total de energía de la ciudad.	Porcentaje %
11	Consumo total de energía eléctrica per cápita	(kWh/año)
12	Demanda energética en el sector residencial.	kWh/hogar/año
13	Porcentaje de energía renovable sobre el total de generación energética	Porcentaje %

Proceso de juicio de expertos

Tomando en cuenta que se seleccionaron 6 expertos que cumplen con el perfil solicitado, además de su excelente criterio y experiencia, fueron elegidos para realizar la encuesta de los 13 indicadores para valorar estos indicadores en base en la tabla para juicio de expertos de (Escobar & Cuervo, 2008), contamos con distintos criterios como de: Suficiencia, Claridad, Relevancia y

Coherencia, donde contamos de igual forma con un rango de calificación de 1 (Criterio especificado no es cumplido), 2 (Bajo Nivel), 3 (Moderado Nivel) y 4 (Alto Nivel, donde se cumple el criterio), cada uno de los indicadores que consigan un ítem con la calificación más baja (No cumple), se apartan inmediatamente dentro del análisis, logrando la tabla que se muestra en la figura 3.

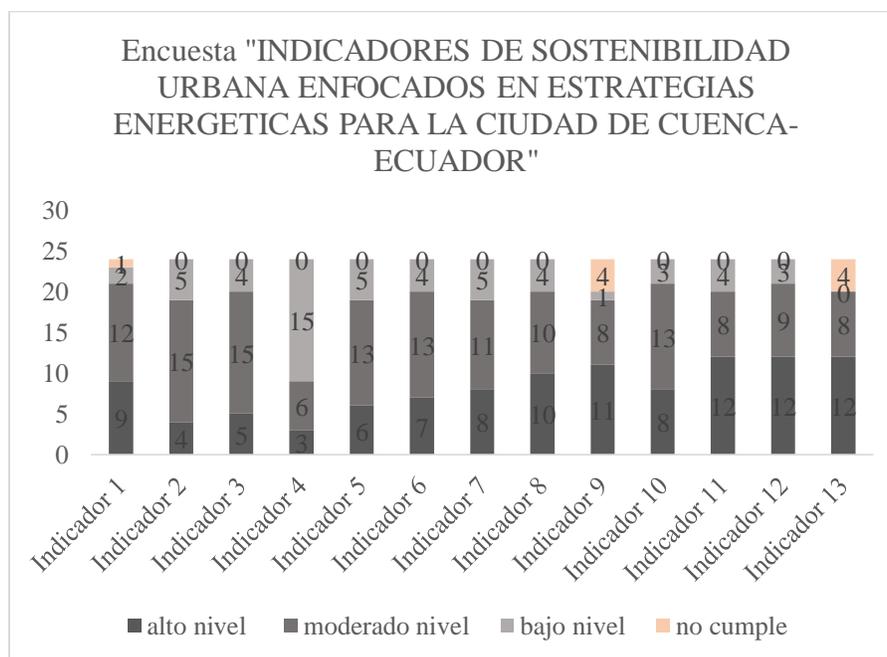


Figura 5: Resultados de la Encuesta "INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD URBANA ENFOCADOS EN ESTRATEGIAS ENERGETICAS PARA LA CIUDAD DE CUENCA-ECUADOR".

Al revisar los resultados de la figura 3 se refleja la significancia de cada indicador dentro de la sostenibilidad energética en la ciudad de cuenca. Además, obtenemos que el indicador número 1, 9 y 13 queden descartados dentro de la homologación y del análisis, debido a que, según los expertos, estos no cumplen con el criterio suficiente del cual este indicador pretende medir.

Por otra parte, basándonos en el coeficiente de la V de Aiken calculado para estos 13 indicadores, con el criterio de aceptación de (Penfield & Giacobbi, 2004), los que obtuvieron un coeficiente mayor o igual a 0,75 presentan mayor aceptación por los expertos y son válidos para su evaluación, obteniendo así los siguientes indicadores: Indicador 8 "Potencial de captación de energías renovables", indicador 11 "Consumo total de energía eléctrica per cápita" e indicador 12 "Demanda energética en el sector residencial". Véase la tabla 3.

Solar: >4,4 kWh/m ² /día	Solar: 3,4 - 4,4 kWh/m ² /día	Solar: <3,4 kWh/m ² /día
Eólico: >7,25 m/s	Eólico: 5,5 - 7,25 m/s	Eólico: < 5,5 m/s
Indicador medido en la Ciudad de Cuenca Ecuador:	3,8362	kWh/m²/día
	3,9816 m/s	

El primer indicador evaluado el cual está relacionado con el Potencial de captación de energías renovables presenta un nivel de mediana sostenibilidad en el ámbito de generación solar fotovoltaica, y muestra ser no sostenible en el ámbito de generación eólica, este indicador ha sido evaluado obteniendo la información de radiación solar de la página de la (NASA, 2022) llamada Data Acces Viewer, de la cual se obtuvo 365 datos, 1 de cada día del año desde el 1 de enero del 2021 hasta el 1 de enero de 2022, obteniendo un valor promedio de radiación solar de 3,8362 kWh/año, y una velocidad promedio del viento de 3,9816 m/s en la zona geográfica de la ciudad de Cuenca-Ecuador, con coordenadas de latitud -2.9014 y Longitud -78.9996, detallados en la Tabla 5:

Figura 8: Evaluación Indicador 11

Indicador 11: Consumo total de energía eléctrica per cápita		
Objetivo del indicador: Conocer el consumo total de energía eléctrica per cápita en un periodo de un año.		
Método de Evaluación del indicador: El uso total de energía eléctrica per cápita se calculará como el uso eléctrico total de una ciudad en kilovatios hora, incluido el uso residencial y no residencial (numerador), dividido por la población total de la ciudad (denominador). El resultado se expresará como el uso eléctrico total per cápita en kilovatios hora/año.		
Unidad de medición: kWh/año		
Niveles de exigencias:		
Sostenible	Medianamente Sostenible	No Sostenible
< 1200 kWh/año	1200 - 1600 kWh/año	>1600 kWh/año
Indicador medido en la Ciudad de Cuenca Ecuador: 1466,8219		
kWh/año		

Una vez evaluado el segundo indicador relacionado con el Consumo total de energía eléctrica per cápita, los resultados muestran que la ciudad de Cuenca para ese indicador presenta ser medianamente sostenible, obteniendo un resultado de 1466,8219 kWh/año, pues este valor se encuentra dentro del rango medianamente sostenible con un nivel de tolerancia entre 1200 - 1600 kWh/año. Este indicador ha sido evaluado utilizando la información de población de la Ciudad de Cuenca del censo realizado en el año 2010 proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2010) y la información de consumos entregada por la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, detallados en la Tabla 6:

Figura 9: Evaluación Indicador 12

Indicador 12: Demanda energética en el sector residencial.		
Objetivo del indicador: Lograr que la necesidad energética de las viviendas nuevas y rehabilitadas sea mínima, manteniendo unos niveles de confort adecuados. Para que la demanda energética sea baja se deben construir los edificios empleando criterios de eficiencia energética.		
Método de Evaluación del indicador: Consumo eléctrico del sector residencial en kWh anual (numerador), dividido para la cantidad de usuarios pertenecientes al sector residencial (denominador).		
Unidad de medición: kWh/hogar/año		
Niveles de exigencias:		
Sostenible	Medianamente Sostenible	No Sostenible
	900 - 1500 kWh/por hogar/año;	
1500 - 3500 kWh/por hogar/año	3500-5000 kWh/por hogar/año	<900 kWh/por hogar-año; >5000 kWh/por hogar/año
Indicador medido en la Ciudad de Cuenca Ecuador:		1609.12 kWh/hogar-año

El tercer indicador evaluado, referente a la demanda energética en el sector residencial, los resultados muestran que la ciudad de Cuenca-Ecuador presenta ser sostenible, con un valor obtenido de 1609.12 kWh/hogar-año, pues el rango de tolerancia para que este indicador se considere sostenible es de 900 -1500 kWh/por hogar/año y 3500-5000 kWh/por hogar/año. Este

indicador ha sido evaluado utilizando la información de consumos entregada por la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

Los resultados obtenidos dentro del estudio de indicadores de sostenibilidad energética para la ciudad de Cuenca-Ecuador muestran que, en el área de consumo de energía eléctrica, la ciudad es energéticamente sostenible. Sin embargo, una ciudad se denomina sostenible cuando es resiliente a impactos producidos por el cambio climático y promueve modalidades de consumo y de producción las cuales sean sostenibles a largo plazo.

La ciudad de Cuenca-Ecuador presenta un nivel de mediana sostenibilidad en el ámbito de generación solar fotovoltaica, y no sostenible en el ámbito de generación eólica, estos resultados radican en la ubicación geográfica de la ciudad, pues esta se encuentra en las coordenadas de latitud -2.9014 y Longitud -78.9996 , y a una altitud de 2550 metros sobre el nivel del mar, de tal forma que según el estudio desarrollado por (Delgado & Ordóñez, 2017) en su publicación relacionada a la determinación de zonas con potencial para generación fotovoltaica en la ciudad de Cuenca, muestra las principales zonas geográficas y horarios óptimos para un gran aprovechamiento del recurso solar, y de igual manera en el estudio realizado por (Peña & López, 2017) en la cual realiza un caso práctico de aprovechamiento de energía eólica en la ciudad de Cuenca-Ecuador, donde obtiene un valor de velocidad media del viento de 2,4 m/s, dando a conocer que la velocidad del viento es intermitente y variable, además afirma que entre las 14:00 y las 15:00 es posible registrar mayores velocidades de viento.

Conclusión

Muchos de los indicadores obtenidos de las diferentes Guías Metodológicas y Herramientas de evaluación, muestran estar más relacionados con aspectos sociales, económicos y medioambientales, los cuales van de la mano con el consumo de fuentes de energía, mismos que permiten el buen manejo de la información que se utilizó dentro de esta investigación.

Según los resultados obtenidos de la encuesta realizada, los expertos muestran más atención a indicadores relacionados al consumo de energía eléctrica dentro de la ciudad, y presentan menos aprobación en cuanto a indicadores relacionados a normas de eficiencia energética y porcentaje de hogares sin electricidad o energía comercial, esto puede estar relacionado al nivel económico actual de la zona urbana de la ciudad de Cuenca-Ecuador.

El indicador relacionado con el Potencial de captación de energías renovables, ha sido evaluado únicamente con factores meteorológicos, los cuales están bien para un primer análisis, pero es necesario profundizar evaluando factores logísticos, económicos, arquitectónicos entre otros para considerar un nivel de Sostenibilidad Urbana más a detalle, tema el cual queda abierto para posteriores investigaciones.

Acceso a la información de producción y consumo de energía eléctrica dentro de la ciudad de Cuenca-Ecuador está limitada, pues no es de fácil acceso para una persona natural, esto es una desventaja a comparación con otros países más desarrollados que cuentan con análisis mediante el uso del conocido “Big Data”, que permite a la población estar informada en cualquier momento el estado del sistema eléctrico basándose en los valores de producción y consumo.

Al momento de realizar encuestas es necesario enfocarse en los objetivos principales de la encuesta, diseñando la encuesta de forma intuitiva y fácil de responder, lo cual sirve tanto para el encuestado y posteriormente para analizar la información.

Agradecimiento

El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestría en Construcción con Mención en Administración de la Construcción Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, vinculados al Proyecto de Investigación: INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD URBANA PARA LA CIUDAD DE CUENCA – ECUADOR, por ello agradecemos a todos y cada uno de los instructores pertenecientes a los grupos de investigación; Ciudad, Ambiente y Tecnología (CAT), y Sistemas embebidos y visión artificial en ciencias, Arquitectónicas, Agropecuarias, Ambientales y Automática (SEVA4CA), por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

Referencias

1. Aiken, L. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131–142. . Obtenido de <https://doi.org/10.1177/0013164485451012>
2. Barcelona, A. d. (2012). Guia metodologica para los sistemas de auditoría, certificacion o acreditacion de la calidad y sostenibilidad en el medio urbano. Obtenido de Secretaría General Técnica Ministerio de Fomento: <https://geoinnova.org/libro/guia-metodologica->

para-los-sistemas-de-auditoria-certificacion-o-acreditacion-de-la-calidad-y-sostenibilidad-en-el-medio-urbano/

3. BREEAM. (2020). BREEAM Communities Technical Manual . Obtenido de <https://www.heattracing.co.uk/upload/BREEAM-WAT-04-Sanitary-Supply-Shut-Off-System---Communities-Technical-Manual-2012.pdf>
4. Corral, Y. (2009). Validez y Confiabilidad de los Instrumentos de Investigación para la recolección de datos. . Revista_FCE_Vol 33.indd, 19, 20.
5. Correa, P., González, D., & Pacheco, J. (2016). ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE. SU REGULACIÓN JURÍDICA EN ECUADOR. Revista Universidad y Sociedad, 183.
6. Delgado, I., & Ordóñez, V. (2017). Determinación de zonas con potencial para generación fotovoltaica en la ciudad de Cuenca, a través de la adquisición de datos de un piranómetro y modelación en SIG. . Universidad Del Azuay.
7. Desarrollo, B. I. (Octubre de 2016). Guía Metodologica Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/guia-metodologica-programa-de-ciudades-emergentes-y-sostenibles-tercera-edicion>
8. Diaz, G. (2012). Ciencia y Sociedad: El cambio climatico. Ciencia, XXXVII(2), 227–240.
9. Escobar, J., & Cuervo, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización. ResearchGate, 27-36.
10. Gable, R., & Wolf, M. (2013). Instrument development in the affective domain : measuring attitudes and values in corporate and school settings. Springer; 2nd ed. 1993 edición (6 Octubre 2012).
11. Grant, J., & Davis, L. (1997). Selection and Use of Content Experts for Instrument Development. National Library of Medicine, 269-74.
12. Haddad, A., & Ahmed, H. (2021). Marco para la evaluación de la sostenibilidad energética urbana. Sostenibilidad 13.
13. Hiremath, R., Bimlesh, B., Bansode, S., & J, M. (2013). Indicator-based urban sustainability—A review. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082613000707>
14. Huang, L., & Wu, J. (2015). Defining and measuring urban sustainability: a review of indicators. Obtenido de LANDSCAPE ECOLOGY:

https://www.researchgate.net/publication/276621753_Defining_and_measuring_urban_sustainability_a_review_of_indicators

15. IAEA. (2008). Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices metodológicas. Obtenido de Organismo Internacional de Energía Atómica: https://www-pub.iaea.org/MTCDB/publications/PDF/Pub1222s_web.pdf
16. IAEA, O. I. (2008). Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías. Artículo, 193. Obtenido de <http://www.iaea.org/books>
17. INEC. (2010). Ecuador en Cifras. Obtenido de www.ecuadorencifras.gob.ec
18. ISO. (2014). ISO 37120 Sustainable development of communities. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:37120:ed-1:v1:en>
19. Jofré, M. (2009). Índice de sostenibilidad urbana: Una propuesta para la ciudad compleja. Obtenido de <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num7/art44/art44.pdf>
20. LEED, v. (2020). Ciudades y Comunidades: Planificar u Diseñar. Consejo de La Construcción Ecológica de Estados Unidos. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/524123410/LEED-v41-CC-Plan-and-Design-Guide-Spanish-Jun-2020>
21. Ministerio del Medio Ambiente, S. d. (2014). Plan nacional de adaptación al cambio climático. Obtenido de https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2015/03/Acuerdo-CMS_21-14-Plan-Nacional-Adaptacion-Cambio-Climatico.pdf
22. NASA. (2022). Power Data Access Viewer. Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
23. ONU. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Obtenido de PNUD: <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
24. ONU. (2020). OBJETIVO 11: Ciudades y comunidades sostenibles. Obtenido de <https://ecuador.un.org/es/sdgs/11>
25. Penfield, R., & Giacobbi, P. (2004). Applying a score confidence interval to Aiken's item content-relevance index. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 8(4), 213–225. Obtenido de https://doi.org/10.1207/S15327841MPPE0804_3
26. Peña, D., & López, J. (2017). Aprovechamiento de la energía eólica en ambientes urbanos. Marques.

27. Schilling, L., Dixon, J., Knafl, K., Grey, M., Ives, B., & Lynn, M. (Septiembre de 2007). Determining Content Validity of a Self-Report Instrument for Adolescents Using a Heterogeneous Expert Panel. . Obtenido de National Library of Medicine: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17846558/>

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).