



*Indicadores de sostenibilidad urbana para la ciudad de Cuenca-Ecuador:
Evaluación del riesgo de inundación*

*Indicators of urban sustainability for the city of Cuenca-Ecuador: Flood risk
assessment*

*Indicadores de sustentabilidade urbana para a cidade de Cuenca-Ecuador:
avaliação do risco de inundação*

Fabricio Jinmy Pastuzo-Urgiles ^I
fabricio.pastuzo.39@est.ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8208-6175>

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

Correspondencia: fabricio.pastuzo.39@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 Civil por la Universidad de Guayaquil, Posgradista en el Programa de Maestría en Construcciones con Mención en la Administración de 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 Chile, Tutor en la Maestría en Construcciones en la Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Resumen

Las constantes lluvias en Cuenca durante el invierno han puesto en peligro a las personas que habitan cerca de los ríos Tarqui, Yanuncay, Tomebamba y Machángara (Primicias, 2021). El desbordamiento de estos ríos provoca severos daños en edificaciones privadas y públicas (El Comercio, 2021). Por esta razón, es importante realizar una búsqueda bibliográfica de los indicadores internacionales para la evaluación del riesgo de inundaciones para su aplicación local en la ciudad de Cuenca. Se ha desarrollado un marco de indicadores de riesgo de inundaciones, que puede orientar a la ciudad hacia el desarrollo sostenible a través de su implementación, seguimiento y control. Sin embargo, la literatura científica aún no es capaz de determinar cómo implementar a las diferentes ciudades, ya que prácticamente cada una tiene sus propias metas, objetivos y desafíos diferentes para lograr un desarrollo sostenible. Actualmente no existe una metodología para la aplicación de indicadores de riesgo de inundación, y en este sentido el propósito de este estudio es desarrollar un conjunto de indicadores para la ciudad de Cuenca. Con base en las guías metodológicas como: INICIATIVA CIUDADES EMERGENTES Y SOSTENIBLES. Tercera Edición BID., ISO 37120 Desarrollo Sostenible de Comunidades., El Objetivo 11 de Desarrollo Sostenible y herramientas de evaluación: Manual Técnico de Comunidades BREEAM, CASBEE para ciudades, LEED v4.1 Ciudades y Comunidades: Planificar y Diseñar. esta información será una ayuda para el desarrollo de técnicas y métodos aplicables al contexto local. El método propuesto se basa en el enfoque descriptivo y la encuesta aprobada con profesionales expertos en este campo. Para lo cual los indicadores homologados se realizó una calificación en base a criterios de Suficiencia, Claridad, Relevancia y Coherencia a través de un juicio de expertos, quienes contribuyeron de forma decisiva a la identificación de indicadores y, finalmente evaluando aquellos con mayor puntuación.

Palabras claves: Sostenible; Riesgo de inundación; Desarrollo; Ambiental.

Abstract

The constant rains in Cuenca during the winter have endangered the people who live near the Tarqui, Yanuncay, Tomebamba and Machángara rivers (Primicias, 2021). The overflow of these rivers causes severe damage to private and public buildings (El Comercio, 2021). For this reason,

it is important to carry out a bibliographic search of the international indicators for the evaluation of the risk of floods for their local application in the city of Cuenca. A framework of flood risk indicators has been developed, which can guide the city towards sustainable development through its implementation, monitoring and control. However, the scientific literature is not yet able to determine how to implement the different cities, since practically each one has its own different goals, objectives and challenges to achieve sustainable development. Currently there is no methodology for the application of flood risk indicators, and in this sense the purpose of this study is to develop a set of indicators for the city of Cuenca. Based on methodological guides such as: EMERGING AND SUSTAINABLE CITIES INITIATIVE. Third Edition BID., ISO 37120 Sustainable Development of Communities., The Objective 11 of Sustainable Development and evaluation tools: Technical Manual of BREEAM Communities, CASBEE for cities, LEED v4.1 Cities and Communities: Plan and Design. this information will be an aid for the development of techniques and methods applicable to the local context. The proposed method is based on the descriptive approach and the approved survey with expert professionals in this field. For which the approved indicators were rated based on criteria of Sufficiency, Clarity, Relevance and Coherence through expert judgment, who contributed decisively to the identification of indicators and, finally, evaluating those with the highest score.

Keywords: Sustainable; Flood risk; Development; Environmental.

Resumo

As chuvas constantes em Cuenca durante o inverno colocaram em perigo as pessoas que vivem perto dos rios Tarqui, Yanuncay, Tomebamba e Machángara (Primicias, 2021). O transbordamento desses rios causa graves danos a edifícios privados e públicos (El Comercio, 2021). Por esta razão, é importante realizar uma pesquisa bibliográfica dos indicadores internacionais para a avaliação do risco de inundações para sua aplicação local na cidade de Cuenca. Foi desenvolvido um quadro de indicadores de risco de inundação, que pode orientar a cidade em direção ao desenvolvimento sustentável por meio de sua implementação, monitoramento e controle. No entanto, a literatura científica ainda não é capaz de determinar como implementar as diferentes cidades, pois praticamente cada uma tem suas próprias metas, objetivos e desafios para alcançar o desenvolvimento sustentável. Atualmente não existe uma metodologia para a aplicação de indicadores de risco de inundação, e neste sentido o objetivo

deste estudo é desenvolver um conjunto de indicadores para a cidade de Cuenca. Baseado em guias metodológicos como: INICIATIVA CIDADES EMERGENTES E SUSTENTÁVEIS. Terceira Edição BID., ISO 37120 Desenvolvimento Sustentável de Comunidades., O Objetivo 11 de Desenvolvimento Sustentável e ferramentas de avaliação: Manual Técnico de Comunidades BREEAM, CASBEE para cidades, LEED v4.1 Cidades e Comunidades: Plano e Desenho. essas informações servirão de auxílio para o desenvolvimento de técnicas e métodos aplicáveis ao contexto local. O método proposto baseia-se na abordagem descritiva e no levantamento aprovado com profissionais especialistas nesta área. Para os quais os indicadores aprovados foram avaliados com base nos critérios de Suficiência, Clareza, Relevância e Coerência por meio de julgamento de especialistas, que contribuíram decisivamente para a identificação dos indicadores e, por fim, avaliação daqueles com maior pontuação.

Palavras-chave: Sustentável; Risco de inundação; Em desenvolvimento; Ambiental.

Introducción

Las Naciones Unidas (ONU, 2016), definen el desarrollo sostenible de la siguiente manera: Satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de satisfacer las generaciones futuras, el desarrollo sostenible se ha convertido en una directriz para el desarrollo global a largo plazo.

En esta dirección los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) del 2015, se han convertido en un marco de referencia para operar el desarrollo sostenible y contribuir a la integración multidimensional que se ha propuesto desde hace muchos años. En este sentido el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) considera a los ODS “un llamado común para acabar con la pobreza proteger el planeta y lograr que todos disfruten de la paz y la prosperidad del año 2030” (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD 2020) ;(Garmendia, 2020).

El concepto de desarrollo sostenible se identificó como políticamente importante para la ordenación de territorio. La necesidad de desarrollar estrategias para ayudar a las comunidades a avanzar hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental está presente en los debates y la investigación sobre la planificación y la práctica modernas, (Mascarenhas et al., 2015).

Además, según (Ahvenniemi et al., 2017) Naciones Unidas prevé que para el año 2050 el 66% de la población mundial se está mudando a las áreas urbanas, lo que genera grandes desafíos

relacionados con la contaminación del aire la congestión, la gestión de desechos y la salud humana. A nivel mundial el desarrollo de la sostenibilidad de las ciudades es un inconveniente que a lo largo de estos años afectan al buen progreso de las ciudades, incrementado de manera exponencial el desorden y por consiguiente también los peligros que se pueden presentar para la ciudad (Morote Seguido & Pérez Morales, 2019).

De igual manera (Moncoulon et al., 2020), expresa que las inundaciones han representado el 55% de las reclamaciones por daños experimentadas desde 1982. Las reclamaciones resultantes de la escorrentía representan el 22% de la siniestralidad global en Francia para el período 1995-2019. Es importante de decir que la percepción pública del riesgo de inundación y la información sobre el riesgo de inundación a menudo se pasan por alto cuando se desarrollan planes de gestión del riesgo de inundación (Bradford et al., 2012). Sin embargo, las inundaciones pueden transformar una amenaza cuando el hombre ocupa zonas susceptibles de ser inundadas, lo cual genera impactos socioeconómicos (Burgos Choez et al., 2019)

Las lluvias en el occidente de Ecuador se concentran en febrero y mayo. Durante estos meses la corriente cálida de "El Niño" superará a la corriente fría de Humboldt hacia el sur, lo que provocará meses de fuertes lluvias y posibles inundaciones graves (Cadier et al., 1997).

Sobre todo, las inundaciones en la ciudad de Cuenca – Ecuador, debido a las intensas lluvias se producen desbordamientos de los ríos, lo cual causa graves daños a las viviendas, avenidas, cultivos, puentes peatonales, tuberías de agua potable (Castillo, 2021). (Primicias, 2021) expresa, cuando las llueve demasiado los ríos Tomebamba, Tarqui y Yanuncay se desbordan causando deslizamiento de tierras en el sector Loma de la Virgen. El río Tarqui es uno de los principales causantes de la mayoría de desastres que ocurren en la temporada invernal, afectado a varias familias (el Universo, 2021).

Según un estudio realizado entre los años 2010 y 2011 en Cuenca hay unas 15 zonas vulnerables a inundaciones por el desbordamiento de los cuatro ríos de esta ciudad. En este estudio se revela que al salirse de su cauce el río Tomebamba, las áreas de mayor riesgo son donde están la Quinta de Balzaín, el coliseo Jefferson Pérez y El Paraíso. Asimismo, de desbordarse el Yanuncay, los sitios más susceptibles de quedarse bajo el agua son: el puente de Misicata, los Tres Puentes y la Universidad del Azuay. (El Mercurio, 2021). Según datos de la Secretaría de Riesgos del Ecuador, hay más de 460 afectados por las intensas lluvias (Que! Noticias, 2021).

¿Qué es riesgo de inundación?

Las inundaciones son los desastres naturales más comunes en el planeta, casi en todas partes se experimenta algún tipo de inundación debido a lluvias extremas, derretimiento de nieve y hielo, ciclones, huracanes (Olín Fabela, 2017).

Según (Rezende et al., 2020) el riesgo de inundación generalmente consta de dos factores: la probabilidad de que ocurra un evento peligroso y sus consecuencias. La primera parte es la fuente del riesgo y está impulsada principalmente por la magnitud de la inundación, aunque la velocidad del flujo y la duración de la inundación pueden desempeñar papeles importantes. El segundo refleja la vulnerabilidad del sistema socioeconómico ante las inundaciones.

También (LEED, 2020), indica que para identificar riesgos se deben utilizar mapas nacionales y datos históricos para determinar el impacto de las áreas de riesgo para identificar posibles amenazas. Estimar la probabilidad de eventos extremos y realizar investigaciones sobre sus características, frecuencia y gravedad potencial para las evaluaciones de impacto socioeconómico y ambiental.

Además, el efecto acumulativo de estos cambios es alterar el equilibrio y el flujo natural del agua. Por lo tanto, una técnica común de gestión de aguas pluviales de la ciudad es transmitir la escorrentía tan pronto como sea posible a las instalaciones centralizadas, en la base de las áreas de drenaje. Sin embargo, esta estrategia, aunque diseñada para prevenir inundaciones y promover un drenaje eficiente, puede dañar las cuencas hidrográficas.

Por otra parte, el aumento del nivel del mar sumado a un aumento de la precipitación media invernal, así como un aumento, frecuencia, duración e intensidad de las precipitaciones, pueden generar riesgo de inundaciones. Es probable que el cambio climático aumente la frecuencia de hundimientos, deslizamientos de tierra, erosión y deslizamientos de tierra (BREEAM, 2012).

También, el efecto acumulativo de estos cambios es alterar el equilibrio y el flujo natural del agua. Por lo tanto, una técnica común de gestión de aguas pluviales de la ciudad es transmitir la escorrentía tan pronto como sea posible a las instalaciones centralizadas, en la base de las áreas de drenaje. Sin embargo, esta estrategia, aunque diseñada para prevenir inundaciones y promover un drenaje eficiente, puede dañar las cuencas hidrográficas. El riesgo también se define como una combinación de la probabilidad de inundación y el grado de las posibles consecuencias de la inundación.

En los últimos años los efectos del cambio climático se han hecho más notorios en Ecuador. En particular el riesgo de inundación relacionado con las intensas lluvias durante la temporada invernal se reconoce cada vez más como una amenaza potencial en la ciudad de Cuenca.

¿Que son los indicadores de sostenibilidad?

La desaceleración del crecimiento económico mundial, las desigualdades sociales y la degradación ambiental que caracterizan nuestra realidad actual plantean desafíos sin precedentes para la comunidad internacional. De hecho, nos enfrentamos a tiempos de cambio. La perspectiva de continuar con los mismos patrones de producción, energía y consumo ya no es realista y necesitamos cambiar el paradigma de desarrollo predominante a uno que allane el camino para el desarrollo sostenible, impulsado por el desarrollo con una visión integral y de largo plazo (Parra Cortés, 2018).

Se propone una investigación descriptiva, a través de una revisión bibliográfica basada en la producción científica de marcos internacionales, para recopilar información relacionada disponible en la ciudad de Cuenca; también se propone realizar un juicio de expertos, de esta manera se podrá hacer una valoración de los indicadores que se pueden aplicar. En este estudio se propone realizar un análisis sobre los indicadores de sostenibilidad que se pueden desarrollar para la ciudad de Cuenca para evaluar la qué tan sostenible es la ciudad frente a los riesgos de inundación.

El propósito de esta investigación es desarrollar un marco de indicadores de sostenibilidad para la ciudad de Cuenca a través de una revisión bibliográfica y juicio de expertos para establecer la evaluación de los riesgos de inundación que impulsen la sostenibilidad urbana.

Metodología

La metodología emprendida en este estudio incluye la revisión y análisis de las guías metodológicas tales como: 1. Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles. Tercera Edición BID (Guía metodológica, 2016); 2. ISO 37120. Desarrollo Sostenible de Comunidades. Indicadores para servicios de la ciudad y calidad de vida (ISO, 2014) y 3. Objetivo 11 de Desarrollo Sostenible (UN-Habitat & ONU, 2016). También herramientas de evaluación como: 1. Manual Técnico de Comunidades BREEAM (BREEAM, 2012); 2. CASBEE para ciudades (CASBEE, 2012) y 3. LEED v4.1 Ciudades y Comunidades: Planificar y Diseñar (LEED, 2020).

La investigación es de tipo exploratoria y descriptiva por que se exploró las guías metodológicas, herramientas de evaluación, en las cuales se plantean varios indicadores de diferentes características, debido al tipo y nivel de investigación, la misma se divide en tres fases para el desarrollo las cuales son indicadas en la Figura 1.

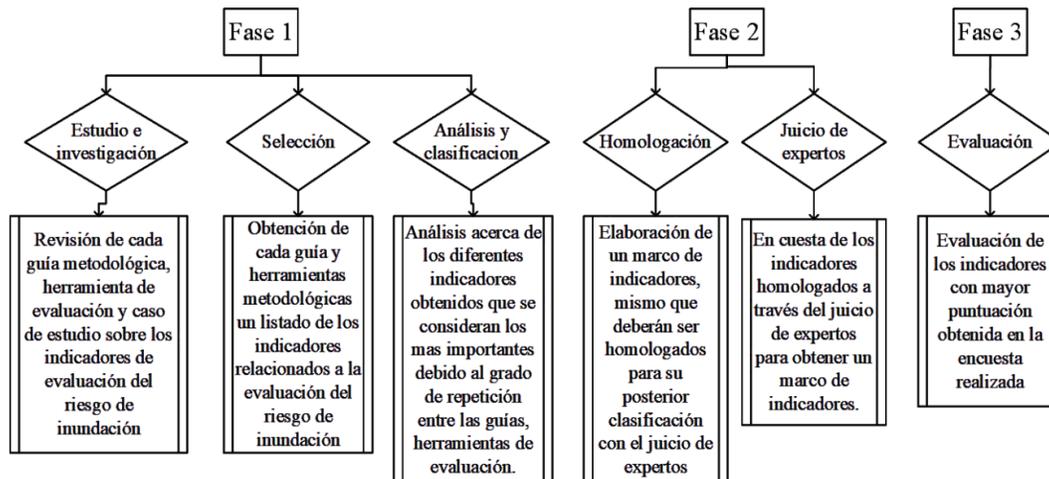


Figura 1: Proceso de selección de un marco de indicadores para la evaluación del riesgo de inundación

Fase 1: A través de las diversas fuentes, en particular guías metodológicas, herramientas de evaluación y manuales técnicos, se ha obtenido una primera selección de indicadores de sostenibilidad orientados a la evaluación del riesgo de inundación, donde se puede apreciar que varios indicadores presentan algunas similitudes entre ellos. Por lo tanto, los indicadores deben ser homologados en un solo indicador para su posterior evaluación por el juicio de expertos.

Fuente: (Morocho Sanmartín et al., 2022)

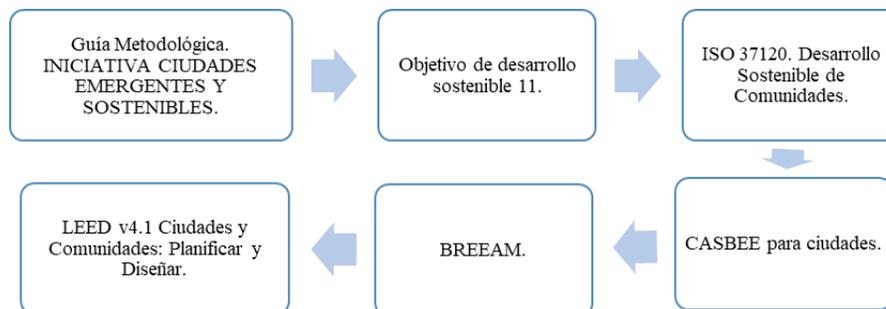


Figura 2: Estudio cada guía y proceso de selección de indicadores

Fase 2: Luego de completar la fase 1, donde se analizaron y categorizaron los indicadores, se realiza una homologación de estos, lo cual sirve para discernir la información para después proceder con el juicio de expertos.

Juicio de expertos

La validez del contenido a menudo se evalúa mediante un panel o el juicio de expertos, y muy rara vez se basa en datos empíricos (Ding & Hershberger, 2002). Según (Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez, 2008) definen el juicio de expertos como una opinión bien informada de quienes tienen una larga trayectoria en el campo, precisamente por ello para obtener el marco del índice para la ciudad de Cuenca, han sido identificado por personas con diferentes perfiles.

Perfil para el juicio de expertos

Se debe considerar de manera similar lo mencionado por el mismo autor que cita a Gable y Wolf (1993), Grant y Davis (1997) y Lynn (1986) (citado en McGartland et al. 2003.) Recomienda una gama de dos a 20 expertos. Hyrkas et al. (2003) afirmaron que diez proporcionaría una estimación fiable del valor de contenido de un instrumento. Los expertos serán seleccionados en base en el siguiente perfil que se describe a continuación:

Los expertos son un profesional que cuenta con un título de tercer nivel en arquitectura o ingeniería civil o carreras afines, tiene una maestría o un doctorado en construcción sustentable, desarrollo sustentable, gestión de riesgos, gestión ambiental, así como conocimientos en áreas de experiencia profesional relacionadas con la sustentabilidad, medio ambiente, gestión de riesgos, en proyectos de consultoría en el sector público o privado, docencia o afines, en libre ejercicio profesional. Publicaciones relacionadas con el tema: gestión ambiental, gestión de riesgos, sustentabilidad o afines con un mínimo de 3 años de experiencia profesional.

Proceso de juicio de expertos

Basándose en la bibliografía revisada de Gable & Wolf, (1993); Schilling et al., (2007); Waltz & Strickland, (1991), se han seleccionado a 5 expertos cuyos perfiles profesionales se encuentran detallados en la tabla 1.

Fuente 3: Perfiles profesionales de expertos

Nombre y Apellidos	Formación Académica	Áreas de Experiencia profesional	Tiempo de experiencia (años)	Labor actual
Experto 1	Doctorado	Prevención de desastres	> 3años	Sector publico
Experto 2	Título de Cuarto nivel (Posgrado)	Manejo y Conservación de Agua y Suelo	> 3años	Sector privado
Experto 3	Título de Cuarto nivel (Posgrado)	Gestión ambiental	> 3años	Sector privado
Experto 4	Doctorado	Hidráulica, Hidrología, GIS	> 3años	Docencia
Experto 5	Título de Tercer nivel (Grado)	Construcción sostenible	> 3años	Sector publico

A través del criterio y/o experiencia del juicio de expertos, se evaluará un grupo de cinco indicadores para verificar si son aplicables a la ciudad de Cuenca, para lo cual se tomó en consideración la siguiente guía:

GUÍA PARA LA REALIZACIÓN DE UN JUICIO DE EXPERTOS: según (Morocho Sanmartín et al., 2022)

- ✓ Definir el objetivo del juicio de expertos
- ✓ Selección de los jueces
- ✓ Explicar tanto las dimensiones como los indicadores que está midiendo cada uno de los ítems de la prueba
- ✓ Especificar el objetivo de la prueba
- ✓ Establecer los pesos diferenciales de las dimensiones de la prueba
- ✓ Diseño de planillas
- ✓ Calcular la concordancia entre jueces
- ✓ Elaboración de las conclusiones del juicio

Figura 4

Después se procedió a realizar un formulario en el cual se utilizó el siguiente método:

Método de Agregados Individuales

Se usa comúnmente porque la economía no necesita que los expertos se reúnan en un lugar determinado, por lo que los pasos para recopilar datos de acuerdo con este método según (Corral, 2009) son los siguientes:

Cada experto es invitado individualmente a proporcionar una estimación de primera mano de los elementos del instrumento. Este parece ser un método limitado ya que los expertos son entrevistados individualmente y no pueden compartir sus opiniones, puntos de vista y experiencias. Sin embargo, esta restricción es precisamente la que se busca para evitar sesgos en los datos provocados por conflictos interpersonales, presión de expertos, etc.

Por lo cual se establece lo siguiente:

- Se seleccionarán al menos tres expertos o jueces para evaluar de forma independiente la pertinencia y relevancia de las entradas para el contenido teórico, la claridad de la redacción y el sesgo tendenciosidad en la formulación de los ítems, es decir, si recomienda o no una respuesta.
- Cada experto deberá recibir información escrita adecuada sobre: el propósito del experimento (los objetivos), el concepto del universo de contenidos, la ficha técnica o el funcionamiento de las variables de estudio.
- A cada experto se le debe proporcionar un instrumento de validación que incluya: congruencia ítem-dominio, claridad, tendenciosidad o sesgo y observaciones.
- Se recogen y analizan los instrumentos de validación.

Una vez realizada la encuesta con juicio de expertos, la información obtenida será procesada para obtener el total de los indicadores con mejor puntaje, evaluando cuales son los indicadores más relevantes para la evaluación del riesgo de inundación para la ciudad.

Etapa 3: Tras realizar una encuesta con el juicio de expertos, se procesa la información obtenida y se calcula el coeficiente V de Aiken para obtener los indicadores con más aceptación por parte de los expertos, ya que, por lo tanto, valorando estos indicadores clave, es posible determinar si el calentamiento global así como el cambio climático, las continuas lluvias que se presentan durante el invierno, la ciudad de Cuenca está considerando estrategias que ayuden a evaluar el riesgo de inundación de una manera que asegure el buen vivir y la sustentabilidad urbana

Método para validar de contenido del juicio de expertos: Coeficiente de V de Aiken

El coeficiente de validez V de Aiken se calcula como la relación entre los datos obtenidos y la suma máxima de posibles diferencias de los valores posibles. Esto se puede calcular en base a las valoraciones de un grupo de expertos relevantes para el tema en estudio. Asimismo, las valoraciones de un experto pueden ser dicotómicas o politómicas. Los valores que se pueden obtener oscilan entre 0 y 1, a medida que sea más elevado el valor, el ítem consultado tendrá una mayor validez. (Escrura Mayaute, 1969).

Ecuación (1)

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

V = Coeficiente V de Aiken.

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

l = Calificación más baja posible.

k = Rango de valores posibles de la escala

Resultados

Luego de revisar varias guías metodológicas y herramientas de evaluación, se obtuvieron ocho indicadores relacionados con el tema de inundaciones.

Como se muestra en la figura 4, se puede ver que la guía en la cual se encontró la mayor cantidad de indicadores era en la de, comunidades BREEAM. Manual técnico con un número de 3 indicadores seguido por la guía de LEED v4.1 ciudades y comunidades: planificar y diseñar, el

resto de guías como la Iso 37120 para el desarrollo sostenible de las comunidades, Guía metodológica. Iniciativa ciudades emergentes y sostenibles BID y el Objetivo de desarrollo sostenibles 11, tienen 1 indicador cada una.

Fuente: (Morocho Sanmartín et al., 2022)

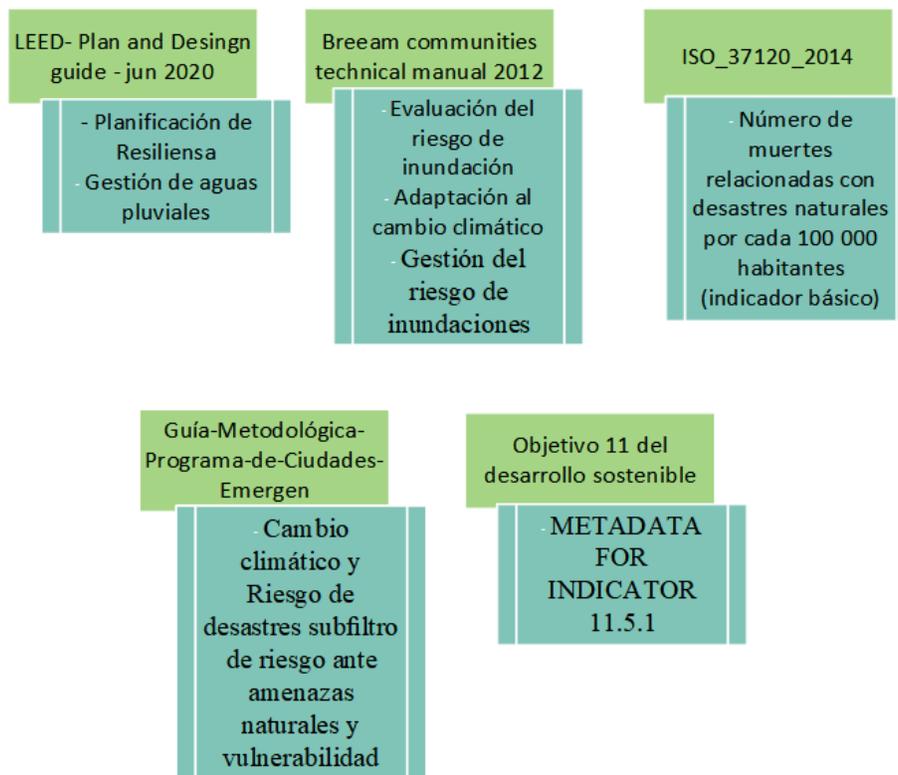


Figura 5: Indicadores referentes a la evaluación del riesgo de inundación

Proceso de Homologación

Una vez obtenidos los indicadores generales se procede con la homologación es decir analizaran cuales indicadores tienen similitudes entre ellos, procediendo a unirlos convirtiendo en 1 indicadores mediante este proceso, de los ocho indicadores se consiguieron en la primera fase ahora se obtuvieron 5 indicadores finales que abarcan el tema de las inundaciones.

Fuente: (Morocho Sanmartín et al., 2022)



Figura 6: Homologación de indicadores para la evaluación del riesgo de inundación

Proceso se juicio de expertos

Cinco expertos seleccionados que cumplen con el perfil requerido, a los cuales se les presentó a través de una encuesta los cinco indicadores de esta investigación, para que según su criterio y experticia calificaran estos indicadores en base a la tabla para juicio de expertos de (Escobar & Cuervo, 2008). Con los criterios de Suficiencia, Claridad, Relevancia y Coherencia, en un rango de calificación de: 1 (No cumple con el Criterio), 2 (Bajo Nivel), 3 (Moderado Nivel) y 4 (Alto Nivel), los indicadores que reciben una calificación de 1 son descartados automáticamente en el análisis, obteniendo el siguiente resultado que se muestra en la figura 5.

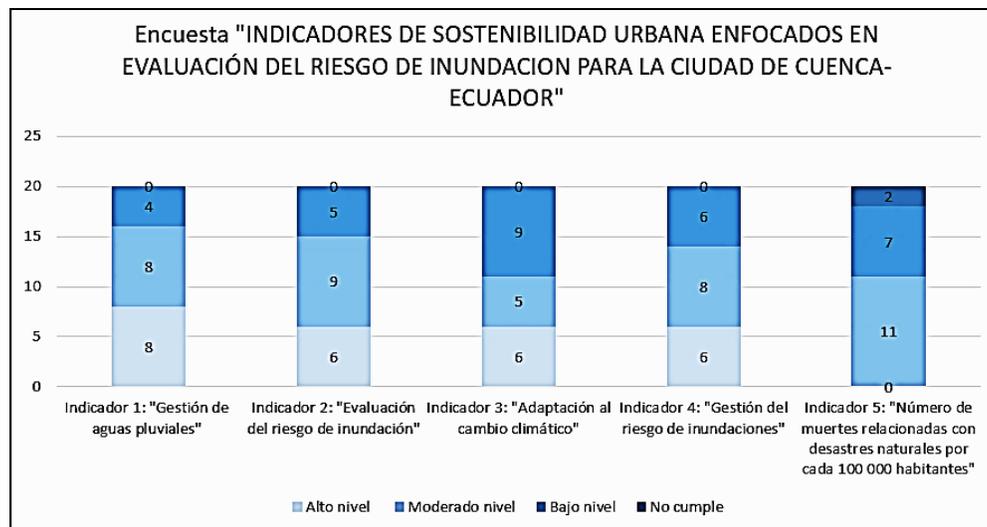


Figura 7: Resultado de la encuesta

Los resultados que se indica en la figura 5, podemos apreciar la importancia que tiene cada indicador dentro del análisis para la ciudad de Cuenca, según la perspectiva de los expertos el indicador 1 “gestión de aguas pluviales” es el que tiene un grado alto de importancia dentro de la sostenibilidad de Cuenca seguido por el indicador 2 “evaluación del riesgo de inundación” mientras que los indicadores 3 y 4 son mediamente importantes

Asimismo, el indicador 5 que está relacionado con el número de muertes relacionadas con los desastres naturales, su importancia es baja para la evaluación del riesgo de inundación según la calificación otorgada por los expertos.

Por otra parte, para validar las calificaciones de los indicadores obtenidos anteriormente, los resultados se basaron en el coeficiente V de Aiken calculados para estos cinco indicadores, según los criterios de aceptación realizados por (Merino Soto & Livia Segovia, 2009), se seleccionaron resultados superiores a 0.70, que se considera un valor mínimo aceptable y válido para la evaluación, donde se identifican los siguientes indicadores: Indicador 1 “Gestión de aguas pluviales” e Indicador 2 “Evaluación del riesgo de inundación” como se detalla en la tabla 2

Figura 8: Análisis de resultado con V. Aiken

Indicador	Experto 1				Experto 2				Experto 3				Experto 4				Experto 5				v. Aiken
	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia																	
Indicador 1:	4	3	4	4	2	3	3	4	2	3	3	3	4	4	4	4	3	2	3	2	0.73
Indicador 2:	3	3	4	4	2	2	2	3	2	3	2	3	4	4	4	4	3	3	3	3	0.70
Indicador 3:	3	2	3	4	3	3	3	4	2	2	2	2	4	4	4	4	2	2	2	2	0.63
Indicador 4:	4	3	3	4	3	2	3	3	3	2	3	3	4	4	4	4	2	2	2	2	0.67
Indicador 5:	2	3	3	3	1	1	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	0.50

Como fase final de la presente investigación, se realizó la evaluación de 2 indicadores que son más aceptables por los expertos encuestados, con base en el análisis del coeficiente V de Aiken, con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 9: Indicadores obtenidos del análisis V. Aiken

N ^o	Nombre del indicador	Definición	Unidad de medida	Valores de referencia		
				Sostenible	Mediana sostenible	No sostenible
1	Gestión de aguas pluviales	Proporcionar la infraestructura adecuada para gestionar las aguas pluviales dentro de la ciudad	Créditos	57 - 70	43 - 56	≤42
2	Evaluación del riesgo de inundación	Asegurar que el desarrollo tenga en cuenta el riesgo de inundación y, donde esté presente, tome las medidas apropiadas para reducir el riesgo de inundación.	Créditos	1	2	3

Luego de haber planeado los valores de referencia de cada indicador como se detalla en la tabla 3, se procede a realizar la evaluación de los dos indicadores, con la información proporcionada por ETAPA EP de la ciudad de Cuenca, además también se obtuvo información la cual fue proporcionada por el municipio de Cuenca.

La tabla 4 a continuación se detalla cómo se lleva a cabo la evaluación del indicador 1, la cual se la realiza través de una lista de verificación en la cual unidad de evaluación se mide mediante créditos que van desde los 3 créditos hasta los 5 créditos, estos valores dependerán de los percentiles de los datos que otorga la entidad encargada de recolectarlos cuales pueden ser 60°, 80° y 90°. Además, están divididos en 3 categorías los cuales son Pluviometría, Reducir la escorrentía de aguas pluviales posterior al desarrollo y la d Infraestructura de aguas pluviales verde cada una tiene criterios que van hacer evaluados a los cuales se les otorgara los créditos que correspondan según a la información obtenida.

Figura 10: Análisis del indicador 1 “Gestión de aguas pluviales”

Criterios	Pluviometría	Reducir la escorrentía de aguas pluviales posterior al desarrollo	Infraestructura de aguas pluviales verde
Datos de precipitación de los últimos diez años que muestran 60°, 80° o el 90°	4	-	-
Planes típicos, detalles o secciones transversales que representen las condiciones del proyecto y estrategias GI o LID, topografía, destacando, la dirección del flujo de agua, y el área de sitio que cada uno direcciones instalación de gestión de aguas pluviales	3	3	3
Narrativa confirmando medidas que califican como GI o LID	-	-	-
Los cálculos de volumen de agua de lluvia gestionados por las estrategias de GI o LID	-	-	-
Cálculos de volumen de escorrentía para cada zona de la ciudad basada en los tipos de uso del suelo, mostrando reducciones en los volúmenes de escorrentía para la fase de post-desarrollo mediante la preservación de escorrentía en las condiciones del pre-desarrollo	-	-	-
Plan maestro de infraestructura verde designado de aguas Lluvias	-	-	3
Cálculo que muestre el porcentaje de la superficie total con la infraestructura verde designado de aguas pluviales	-	-	-
Descripción de las estrategias que se adoptarán para la inspección y mantenimiento de las instalaciones de aguas pluviales	-	-	-

Para la evaluación del indicador 2 “Evaluación del riesgo de inundación” al igual que la evaluación del anterior indicador se la realiza mediante una lista de verificación del cumplimiento de los criterios que se describen la tabla 5, también se otorgan créditos según el número de criterios que se hayan cumplido.

Figura 11: Análisis del indicador 2 "Evaluación del riesgo de inundación"

Descripción de los criterios	Cumplimiento
Criterio1: Se lleva a cabo una evaluación del riesgo de inundación específica del sitio de acuerdo con las mejores prácticas y políticas de planificación actuales	
- El riesgo y las consecuencias de las inundaciones de todas las fuentes en el sitio y del sitio al área circundante y cómo se gestionarán los riesgos	X
- Cambios en el riesgo de inundación debido al cambio climático	X
- Consulta con los organismos gubernamentales apropiados	X
- El conocimiento del posible riesgo de inundación que tiene la comunidad local.	X
Se cumple el criterio 1=	SI
Criterio 2: La zona o zonas de inundación para el desarrollo se determinan de acuerdo con las mejores prácticas y políticas de planificación actuales.	X
Criterio 3: se hace un compromiso para incorporar las recomendaciones de todos los organismos estatutarios apropiados en el plan maestro	X
Se cumplen los criterios 1 a 3 es igual a un crédito	1 crédito
Criterio 4: Donde exista un riesgo medio o alto de inundación en cualquier parte del desarrollo, el desarrollo ha sido diseñado para minimizar el riesgo de inundación en el sitio y fuera del sitio	
- se evita el desarrollo en áreas del sitio de desarrollo que son susceptibles a inundaciones	-
- la infraestructura esencial esté situada en áreas del sitio que tengan el menor riesgo de inundación	X
- en áreas donde el riesgo de inundación no se puede evitar, se toman medidas para defender o proteger el desarrollo de inundaciones sin aumentar el riesgo de inundación en las áreas aguas arriba y aguas abajo	X
- cualquier riesgo residual se gestione de forma segura y adecuada y se incorporen medidas resilientes en los diseños de los edificios a satisfacción del organismo gubernamental pertinente	X
- el nivel del suelo planificado de los edificios y el acceso a los edificios y el sitio están diseñados (o zonificados) para que estén al menos 600 mm por encima del nivel de inundación de diseño	-

Finalmente, en la tabla 6 se presenta un resumen de los resultados obtenidos luego de aplicar la metodología para cada indicador, de los dos indicadores evaluados, se puede observar que en el indicador 1 sobre gestión de aguas pluviales se evalúa con 12 créditos, que se considera como un puntaje bajo por lo cual cae en la categoría de no sostenible mientras que el indicador 2 de evaluación del riesgo de inundación se obtuvo 3 créditos, lo que se califica como sostenible debido a que cumple con la mayoría de los criterios propuestos en el indicador.

Figura 12: Resumen análisis de indicadores

Nº	Nombre del indicador	Evaluación	Unidad de medida
1	Gestión de aguas pluviales	12	Créditos
2	Evaluación del riesgo de inundación	3	Créditos

Discusión

El desarrollo de un marco de indicadores para la evaluación de los riesgos de inundación es de vital importancia para el desarrollo sostenible de la ciudad y sus habitantes, es por ello que identificar los respectivos indicadores en este artículo como un punto de partida para conocer cuáles son que, como ciudad, se pueden hacer o mejorar para reducir significativamente el riesgo de inundaciones.

Como esta es un área de investigación poco explorada o aún en estudio, hay poca información disponible para evaluar el riesgo de inundación. Por lo tanto, la evaluación realizada en este momento podría mejorarse con los años mediante la implementación de normas que contribuyan a la reducción del riesgo de inundación o la realización de estudios relacionados que proporcionen datos adicionales.

Los indicadores que los expertos consideran más relevantes para la ciudad de Cuenca se basan en la gestión de aguas pluviales y la implementación de planes para reducir y evaluar los posibles peligros que se presentan las lluvias intensas en la ciudad.

Sin embargo, se dice que una ciudad es sostenible cuando es resiliente a los impactos del cambio climático e identifica estrategias para mitigar los riesgos que se presentan. La ciudad de Cuenca – Ecuador muestra un bajo nivel de sostenibilidad en la gestión de aguas pluviales, por el contrario, es sostenible en la evaluación del riesgo de inundación. La razón del bajo nivel de sostenibilidad en la gestión de aguas pluviales es la ausencia de cálculos para el volumen de agua lluvia gestionado por la infraestructura de aguas pluviales, así como de estrategias para gestionar este volumen, así como estrategias de mantenimiento e instalación otro rasgo de las aguas pluviales, es el cálculo del volumen de escorrentía para cada zona de la ciudad por todas las razones antes expuestas son el motivo por el cual este indicador ha obtenido una valoración baja de sostenibilidad.

Conclusión

Según el análisis realizado a través de este estudio, parece que las guías metodológicas y las herramientas de evaluación se centran más en la investigación de los aspectos sociales, ambientales y, en última instancia, económicos. Por lo tanto, se puede concluir que la gestión del riesgo de inundación está íntimamente relacionada con el uso correcto de los recursos de los que dispone una ciudad.

Los indicadores resultantes tienen una fuerte relación entre ellos, pero cada uno tiene una valoración cuantitativa diferente, cuyos límites deben establecerse según la ciudad analizada. Todos los indicadores obtenidos de la revisión bibliográfica no dieron buenos resultados, solo 2 indicadores fueron bien aceptados por los expertos.

A partir de la evaluación de los 2 indicadores de gestión del riesgo de inundaciones propuestos para la ciudad de Cuenca, se obtuvo un indicador de gestión de aguas pluviales para el cual había muchos datos para evaluarlo, por lo que, se obtuvo un valor de referencia bajo, mientras que el indicador evaluación del riesgo de inundación se evalúa como bajo.

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; Cuidad, 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. Ahvenniemi, H., Huovila, A., Pinto-Seppä, I., & Airaksinen, M. (2017). What are the differences between sustainable and smart cities? *Cities*, 60, 234–245. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2016.09.009>
2. Bradford, R. A., O’Sullivan, J. J., van der Craats, I. M., Krywkow, J., Rotko, P., Aaltonen, J., Bonaiuto, M., de Dominicis, S., Waylen, K., & Schelfaut, K. (2012). Risk perception – issues for flood management in Europe. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12(7), 2299–2309. <https://doi.org/10.5194/NHESS-12-2299-2012>
3. BREEAM. (2012). *Breeam communities technical manual*.
4. Burgos Choez, B. D., Cartaya Ríos, S. J., & Mero del Valle, D. J. (2019). Análisis de la vulnerabilidad a inundaciones de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga, provincia de Manabí, Ecuador. *Investigaciones Geográficas*, 98. <https://doi.org/10.14350/rig.59767>
5. Cadier, É., Gornez, G., Calvez, R., & Rossel, F. (1997). *Inundaciones y Sequias en el Ecuador: el proyecto INSEQ*. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers10-09/010006883.pdf
6. CASBEE. (2012). *Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency for cities for cities*. Japan Sustainable Building Consortium (JSBC).
7. Castillo, L. (2021, May 16). Inundaciones dejaron graves daños en Cuenca. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/inundaciones-cuenca-lluvias-graves-danos.html>
8. Corral, Y. (2009). *Validez y Confiabilidad de los Instrumentos de Investigación para la recolección de datos*. 19, 20.
9. Ding, C. S., & Hershberger, S. L. (2002). Assessing content validity and content equivalence using structural equation modeling. *Structural Equation Modeling*, 9(2), 283–297. https://doi.org/10.1207/S15328007SEM0902_7

10. el Universo. (2021, May 15). *Crecida de ríos e inundaciones en Cuenca por lluvia; hay 14 evacuados, 25 zonas afectadas, daños materiales y alerta roja en dos afluentes / Ecuador / Noticias*. <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/crecida-de-rios-e-inundaciones-en-cuenca-por-lluvia-hay-14-evacuados-25-zonas-afectadas-danos-materiales-y-alerta-roja-en-dos-afluentes-nota/>
11. Escobar, J., & Cuervo, A. (2008). *Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización*.
12. Ecurra Mayaute, L. M. (1969). Cuantificación de la validez de contenido por criterio de jueces. *Revista de Psicología*, 6(1–2), 103–111. <https://doi.org/10.18800/psico.198801-02.008>
13. Gable, R. K., & Wolf, M. B. (1993). *Instrument development in the affective domain : measuring attitudes and values in corporate and school settings*. 275.
14. Garmendia, G. M. (2020). Desarrollo sostenible y políticas públicas: enfoque de la ONU y ecología política. *Revista Ciencia Jurídica y Política*, 6(12), 73–87. <https://doi.org/10.5377/RCIJUPO.V6I12.11174>
15. Guía metodológica. (2016). *Iniciativa de ciudades emergentes y sostenibles* (Ellis J. Juan - Horario Cristian Terraza - Gilberto Chona - Carolina Barco, Ed.; Tercera). Banco Interamericano Desarrollo .
16. ISO. (2014). ISO 37120 standar on city indicators-how they help city leaders set tangible targets, including service quality and quality of life. *Centre for Liveable Cites*.
17. LEED. (2020). *Plan and Desingn guide* (v4 ed.).
18. Mascarenhas, A., Nunes, L. M., & Ramos, T. B. (2015). Selection of sustainability indicators for planning: Combining stakeholders' participation and data reduction techniques. *Journal of Cleaner Production*, 92, 295–307. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.005>
19. Merino Soto, C., & Livia Segovia, J. (2009). Intervalos de confianza asimétricos para el índice la validez de contenido: Un programa Visual Basic para la V de Aiken. *Anales de Psicología*, 25(1). <https://doi.org/10.6018/71631>
20. Moncoulon, D., Marchal, R., & Onfroy, T. (2020). Risks related to runoff hazard, the analysis of claims data. *Houille Blanche*, 2021-March(6), 56–65. <https://doi.org/10.1051/lhb/2020058>

21. Morocho Sanmartín, A. P., Quesada Molina, J. F., & Quezada Ortega, J. R. (2022). Indicadores de sostenibilidad urbana para la ciudad de Cuenca-Ecuador: espacios recreativos y áreas verdes. *ConcienciaDigital*, 5(1.2), 86–104. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i1.2.2087>
22. Morote Seguido, Á.-F., & Pérez Morales, A. (2019). La comprensión del riesgo de inundación a través del trabajo de campo: una experiencia didáctica en San Vicente del Raspeig (Alicante, España). *Vegueta: Anuario de La Facultad de Geografía e Historia [EISSN: 2341-1112]*, n. 19, p. 609-631. <https://accedacris.ulpgc.es/jspui/handle/10553/54013>
23. Nations, U. (2022). Objetivos y metas de desarrollo sostenible. In *Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
24. Olín Fabela, L. A. (2017). Vulnerabilidad social por inundaciones. *Universidad Autónoma Del Estado de México*, 160. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/79908>
25. Parra Cortés, R. (2018). La Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible. *Revista de Derecho Ambiental*, 10, 99. <https://doi.org/10.5354/0719-4633.2018.52077>
26. Primicias, R. (2021, May 15). Desbordamiento de ríos provocó inundaciones en Cuenca. *Primicias*. <https://www.primicias.ec/noticias/lo-ultimo/desbordamiento-rios-provoco-inundaciones-cuenca/>
27. Que! Noticias. (2021, May 19). *Cuenca declarada en Estado de emergencia por fuertes lluvias*. <https://quenoticias.com/noticias/cuenca-emergencia-lluvias/>
28. Rezende, O. M., Ribeiro da Cruz de Franco, A. B., Beleño de Oliveira, A. K., Miranda, F. M., Pitzer Jacob, A. C., Martins de Sousa, M., & Miguez, M. G. (2020). Mapping the flood risk to Socioeconomic Recovery Capacity through a multicriteria index. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120251. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120251>
29. Schilling, L., Dixon, J., Knafl, K., Grey, M., Ives, B., & Lynn, M. (2007). Determining Content Validity of a Self-Report Instrument for Adolescents Using a Heterogeneous Expert Panel. *Nursing Research*, 56(5), 361–366. <https://doi.org/10.1097/01.NNR.0000289505.30037.91>
30. UN-Habitat & ONU. (2016). *I SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOAL 11 Make Cities and Human Settlements Inclusive, Safe, Resilient And Sustainable A GUIDE TO ASSIST NATIONAL AND LOCAL GOVERNMENTS TO MONITOR AND REPORT ON SDG*

GOAL 11+ INDICATORS SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOAL 11 Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable. <https://unhabitat.org/sdg-goal-11-monitoring-framework>

31. Waltz, C., & Strickland, O. (1991). *Measurement in Nursing Research. F.A Davis Company, 2nd Editio.*

© 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/>).