



Eficiencia energética y confort adaptativo. Estrategias de diseño sostenible aplicables en Cuenca implementando los criterios basados en CEELA

Energy efficiency and adaptive comfort. Sustainable design strategies applicable in Cuenca implementing the CEELA points

- ¹ Giomar Samantha Argudo Domínguez  <https://orcid.org/0000-0003-4698-7114>
Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable.
Universidad Católica de Cuenca
- ² Jorge Fernando Toledo Toledo  <https://orcid.org/0000-0003-0007-7510>
Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable.
Universidad Católica de Cuenca



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 10/01/2023

Revisado: 12/02/2023

Aceptado: 02/03/2023

Publicado: 05/04/2023

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v6i2.2531>

Cítese:

Argudo Domínguez, G. S., & Toledo Toledo, J. F. (2023). Eficiencia energética y confort adaptativo. Estrategias de diseño sostenible aplicables en Cuenca implementando los criterios basados en CEELA. *ConcienciaDigital*, 6(2), 26-47. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v6i2.2531>



CONCIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinar, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras

claves: CEELA,
confort
adaptativo,
diseño
sostenible,
eficiencia
energética,
estrategias
bioclimáticas

Keywords:

CEELA,
adaptive
comfort,
sustainable
design, energy
efficiency,
bioclimatic
strategies

Resumen

El siguiente estudio acomete la problemática existente en el sector constructivo a nivel local, traducida en altas emisiones de carbono al ambiente, gasto energético operacional alto y, finalmente, la exigua preocupación por parte de constructores y profesionales por abordar el tema. Lo anterior, demanda la necesidad de encontrar estrategias de diseño sostenible con alta aplicabilidad y viabilidad en el contexto de estudio, la ciudad de Cuenca (Ecuador). Para el efecto se emplea un método cualitativo – descriptivo, sustentado en la revisión bibliográfica, análisis de referentes de orden local, estudio de factores urbanos y atmosféricos propios del contexto, consulta a agentes activos locales de la construcción y, como eje de valor primario, el juicio de expertos. En síntesis, se define el uso de aislamiento térmico de envolvente, materiales con alta masa térmica, control de proporción y ubicación de ventanas, relación física y visual con áreas verdes, elementos de tamiz de luz solar y generadores de sombra, como puntos fundamentales a considerar para lograr confort adaptativo y eficiencia energética en el contexto de estudio. Finalmente, se recalca que las estrategias de diseño sostenible resultantes son altamente aplicables en Cuenca. A la vez, se dilucidan factores base que servirán para plantear nuevas estrategias.

Abstract

The following study addresses the existing problems in the construction sector at the local level, translated into high carbon emissions into the environment, high operational energy expenditure and, finally, the meager concern on the part of builders and professionals to address the issue. The foregoing demands the need to find sustainable design strategies with high applicability and viability in the study context, the city of Cuenca (Ecuador). For this purpose, a qualitative-descriptive method is used, supported by a bibliographical review, analysis of local references, study of urban and atmospheric factors typical of the context, consultation with local active construction agents and, as a primary value axis, the expert judgement. In summary, the use of thermal insulation of the envelope, materials with high thermal mass, control of proportion and location of windows, physical and visual relationship with green areas, elements that filter sunlight and shade generators, are defined as fundamental points to be considered. consider for

adaptive comfort and energy efficiency in the study context. Finally, it is emphasized that sustainable design strategies were applicable in Cuenca. At the same time, basic factors are elucidated that will be useful to propose new strategies.

Introducción

La construcción sostenible a nivel global supone un reto en el siglo XXI, debido a que, la mayoría de diseños no contemplan estrategias bioclimáticas (Villalobos & Schmidt, 2008). A la vez, la industria y los materiales de construcción disponibles en el mercado consumen en sus procesos de elaboración altas emisiones de carbono. De este segmento, es reducida la cantidad de materiales ofertados que aportan a un diseño sostenible; lo cual, dificulta cualquier intento por minimizar la huella de carbono hacia el medio ambiente (Martins, 2022).

Lo anterior, limita a los profesionales de la construcción, ya que, deben idear soluciones creativas con los elementos disponibles, para compensar las emisiones de carbono provenientes de los procesos de elaboración (Solano, 2019). Por otra parte, se requiere de una investigación profunda con relación a sistemas constructivos poco convencionales, al uso de tecnologías y conceptos de culturas ancestrales, que se adaptaron a su entorno sin generar impactos ambientales significativos.

En ese contexto, se incluyen importantes civilizaciones a nivel global, que ocuparon de manera ingeniosa materiales como la tierra, paja, totora, madera, piedra natural, entre otros; ideando sistemas constructivos característicos de cada región (Garzón, 2007). En esta línea, los materiales y técnicas seleccionadas deben responder a la eficiencia energética y al confort adaptativo, ocupándose según su valor utilitario específico y el tiempo para el que se proyecta su vida útil. A su vez, se rescata la selección de materiales que sobrelleven de manera adecuada las inclemencias climáticas y las condicionantes propias del contexto geográfico (Benavides & Molina, 2022). Ahora bien, los puntos tratados ya se abordan por iniciativas de certificación internacional como LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), EDGE (*Excellence in Design for Greater Efficiencies*) o LBC (*Living Building Challenge*); no obstante, su especificidad y profundización con relación a cada tema, es limitada (*International Living Future Institute, 2019; U.S. Green Building Council, 2022*). No obstante, CEELA (*Project strengthening Capacities for Energy-Efficiency in buildings in Latin America*) reúne los conceptos de las iniciativas mencionadas, y las profundiza, convirtiéndose en un referente más confiable e informativo.

CEELA

El Proyecto CEELA define quince principios básicos (Ver tabla 1), que buscan alcanzar el equilibrio del sistema planetario (Confederación Suiza, 2020), mediante la mitigación de los impactos ambientales provenientes del sector constructivo. Estos criterios se resumen en: diseño integrado, control y aprovechamiento de la radiación solar; consideración de la energía incorporada, óptimo aislamiento térmico de la envolvente; diseño bioclimático de exteriores, climatización eficaz; consideración del movimiento de aire, entre otros. Los principios CEELA se toman como eje en la investigación, ya que engloban conceptos relacionados con el confort adaptativo, las energías renovables y la regeneración del medio ambiente, y a su vez, se relacionan con estrategias bioclimáticas pasivas, las cuales responden a un máximo aprovechamiento del entorno y a la reducción de costos a nivel económico (Ver tabla 1).

Tabla 1

Principios básicos CEELA

N°	Criterios	Características
1	Diseño integrado	Integrar el proyecto a su contexto climático
2	Control y aprovechamiento de radiación solar	Aprovechar la luz solar para mejorar el confort adaptativo, y la eficiencia energética
3	Energía incorporada	Analizar actividades propias del diseño, construcción y uso del edificio que generan desperdicio energético.
4	Aislamiento térmico de envolvente	Mantener confort ambiental interior para minimizar uso de calefactores, aire acondicionado, entre otras.
5	Reducción de materiales tóxicos	Reducir emisiones en la construcción, y evitar desechar estos materiales a zonas naturales (lagos, ríos, vertientes, entre otras.)
6	Movimiento de aire	Regulación térmica y descontaminación
7	Reducción de combustibles fósiles	Su reducción significa la eliminación de islas de calor urbanas, a más de un aire más limpio
8	Enfriamiento pasivo	Reducir emisiones mediante estrategias de diseño e inercia térmica de los materiales.
9	Diseño bioclimático de exteriores	Diseño de espacios exteriores que se complementen al entorno climático y social
10	Equipo eléctrico y luminarias de alta eficiencia	Reducir el consumo eléctrico mediante detectores, sensores, reguladores de intensidad lumínica, entre otras.
11	Comportamiento de usuarios	Capacitar y concientizar a los usuarios sobre la importancia de los puntos enlistados.
12	Manejo consciente del agua	Cuidar vertientes de agua y gestionar el consumo de agua potable.
13	Climatización eficaz	Priorizar estrategias de diseño bioclimático pasivas, a través de saberes vernáculos.
14	Auto regeneración de energías renovables	Promover la generación autónoma de energía.
15	Monitoreo	Un correcto chequeo, control y verificación de las actividades ayuda a mitigar gastos energéticos.

Fuente: Confederación Suiza (2020)

CEELA define soluciones claras en lo que refiere a aspectos del confort, que se asocian a uno o más de los 15 puntos clave. Uno de los aspectos más llamativos es la importancia que se le da al confort psicológico; el cual, debe abordarse desde ejes como: inclusión, acceso universal, funcionalidad, condiciones culturales, belleza, relación con el ambiente y biofilia; y, operabilidad y adaptabilidad (Confederación Suiza, 2020). Cada uno de estos se relaciona a su vez con los conceptos de confort adaptativo, lo cual requiere control de niveles acústicos, térmicos, lumínicos de humedad, e incluso de olores.

Al mismo tiempo, CEELA enfatiza que la correcta gestión de cada uno de los puntos, en conjunto con soluciones creativas que optimicen recursos, abre la oportunidad a categoría de edificios que no solo compensan las emisiones efectuadas al momento de su construcción y en su etapa de operación; también, poseen la capacidad de influir positivamente en su entorno y, a mediano y largo plazo, pueden regenerar el medio ambiente (Confederación Suiza, 2020); estos edificios se conocen como regenerativos.

Bioconstrucción

Se define como aquella construcción pensada con responsabilidad, tanto ambiental como paisajística, lo que conlleva una correcta integración estética en el contexto emplazado, minimizando el impacto ambiental de la construcción. A su vez, contempla la aplicación de sus materiales para mejorar la salud de los usuarios, mientras pretende dar solución a sus requerimientos de habitabilidad, brindando confort (Martins, 2022). Desde otra perspectiva, algunos expertos definen a esta forma de construir como aquella que busca el equilibrio entre los usuarios, el medio ambiente y su vivienda; lo cual, representa que el constructor asuma un respeto y trato diferente al habitual, hacia los materiales con los que se edifica (Sáez, 2015).

La bioconstrucción se resume con el prefijo bio, ya que su principal enfoque es el respeto de la vida, tanto de sus usuarios como del entorno natural y los seres vivos que habitan en este (Rubio, 2019). Para la práctica de esta disciplina se deben considerar aspectos esenciales (Ver tabla 2), que se basan en la arquitectura bioclimática y la eficiencia energética.

Las bases de la bioconstrucción aportan a los objetivos CEELA que, a más de lo enlistado, engloban otros como la reducción de combustible fósiles, el enfriamiento pasivo del interior, diseño bioclimático en exteriores, el manejo consciente del agua y la autogeneración de energías renovables (Confederación Suiza, 2020). En efecto, varios de estos puntos parecen sencillos de solventar, ya sea mediante estrategias básicas como la recolección de agua lluvia, la implementación de ventilación cruzada, incorporación de áreas verdes en zonas exteriores, huertos urbanos, uso de paneles solares y otros; no obstante, es necesario realizar un estudio para determinar si ciertas prácticas o tecnologías son compatibles con el contexto social.

En general, los procesos de bioconstrucción enmarcan el uso de materiales naturales no sometidos a procesos de industrialización, y la sostenibilidad en sus dimensiones ambiental, social y económica (Ver tabla 2). Estos puntos coadyuvan a la eficiencia energética y confort adaptativo de los usuarios, y a la vez, a fomentan procesos colaborativos, en los cuales se induzca una responsabilidad colectiva y comunitaria entre todos los participantes (López, 2014).

Tabla 2

Agentes de la bioconstrucción

Nº	Criterios	Detalle
1	Implantación adecuada	Considerar aspectos físicos, biológicos, climáticos, etc.
2	Integración en el entorno	Relacionada con la construcción tradicional, materiales autóctonos, flora y fauna circundantes.
3	Diseño personalizado	Según el programa de necesidades del usuario
4	Distribución adecuada	La distribución espacial debe solucionar aspectos térmicos de humedad, energéticos, a más de funcionales
5	Empleo de materiales sanos y bio compatibles	Materiales bio compatibles que garanticen un ciclo de vida sostenible
6	Optimización de recursos naturales	Aprovechamiento de biomasa, generación de electricidad y energía térmica de manera autónoma.
7	Utilización de sistemas de eficiencia energética	Sistemas de bajo consumo, control de instalaciones, estrategias de diseño pasivas, etc.
8	Equipamiento y mobiliario de bajo impacto ambiental	Elementos complementarios que sigan la misma filosofía ambiental.
9	Planificación de tratamiento de residuos	Separación de residuos, reciclaje y reutilización.

Fuente: Rubio (2019) y Sáez (2015)

Eficiencia energética y confort adaptativo

En el campo de la energía renovable, gestión de residuos, y ahorro de recursos, se enmarca la eficiencia energética. No obstante, esta no solo supone ahorro económico, sino también mejoras al medio ambiente, al entorno circundante, y con ello, a la calidad de vida de la sociedad (Gallardo-Frías, 2013). Con lo verificado en múltiples sectores del tercer mundo, la omisión de este aspecto degrada el entorno inmediato, genera empobrecimiento, agrandado las brechas sociales y haciendo asequible el confort únicamente al sector económico más privilegiados.

En este contexto, las estrategias de eficiencia energética deben partir de lo general a lo particular, además deben identificarse aspectos influyentes del contexto, tales como clima, ubicación, región, entre otros; los cuales, determinarán las estrategias que son oportunas para implementar (Confederación Suiza, 2020). Entre los parámetros más relevantes a considerar en el diseño arquitectónico, se encuentran la planificación de la

forma de envolvente, ubicación de ventanas y muros de captación solar, consideraciones climáticas y de entorno inmediato, estudio de consumos de iluminación artificial y electrodomésticos, entre otros.

De los subtemas de índole particular que abarca la eficiencia energética, se hace énfasis en el confort adaptativo, que trata de la sensación de confort que genera un sistema en particular, ya sea de calefacción, aire acondicionado u otros (Marincic et al., 2012). El confort actúa a nivel de todos los sentidos, de modo que puede aumentarse mediante el uso de materiales y/o distribución espacial, tanto el confort acústico, lumínico y visual. En el primer caso, se tiene que la cantidad de decibeles propuesta por la Organización Mundial de la Salud (OMS) varía desde los 30 dB (en la noche) hasta los 110dB (celebraciones). En general, en una vivienda se recomienda un nivel entre 35dB a 50dB. De esto, se deduce que el ruido de vehículos, bocinas, y otros, debe ser absorbido y reflejado por la envolvente del edificio.

En esta línea se incluye el confort lumínico y visual, que se relaciona con el nivel de intensidad de luz al que se somete el ambiente interior, y la ubicación de las entradas de luz y como estas pueden o no generar deslumbramiento o reflexión. En el primer caso, se establece un mínimo de luxes requeridos por el ojo humano en función de la actividad a realizarse, por lo cual, se debe considerar estar dentro del rango, ya que la escasez de luz exige un mayor esfuerzo visual, mientras que la exposición a altos niveles de flujo luminoso puede generar deslumbramiento y mayor esfuerzo para procesar imágenes. En cuanto a la fuente de luz, esta puede ser natural o artificial, más es importante planificar las entradas de luz, colocación de espejos, ventanas u otros elementos reflectantes que puedan generar desviación de luz y deslumbramiento.

Lo indicado en líneas anteriores ocurre cuando se observa una fuente de luz, o su reflejo de manera directa, ocasionando malestar, desconcentración, que en ciertos casos puede ser hasta el origen de un accidente (Confederación Suiza, 2020). Por ello, se debe ser cuidadoso al seleccionar materiales para fachadas, por ejemplo; y más aún, las entradas de luz y las zonas de trabajo, de manera que no ocurran deslumbramientos, tanto en el interior como en las áreas exteriores del edificio. De manera inversa, se abordan las sombras generadas por salientes, elementos arquitectónicos, zonas opacas y de penumbra, entre otras, las cuales, contrarias al deslumbramiento, generan espacios que pueden exigir, según su uso, la implementación de mayor luz artificial (Confederación Suiza, 2020). Esto se vincula directamente con la eficiencia energética, ya que, al minimizar estos espacios, se garantiza un menor uso de luz artificial durante el día.

Metodología

La presente investigación es de tipo cualitativo - descriptivo con enfoque prospectivo, apoyada en revisión bibliográfica y análisis de casos selectos mediante estudio

comparativo con relación al uso de estrategias de diseño pasivo. El estudio se divide en: Fase I - Estudio, identificación y clasificación de estrategias y principios de diseño sostenible, basados en certificaciones internacionales y los principios CEELA. Fase II – Análisis de casos en el contexto local y jerarquización de estrategias mediante consulta a profesionales y expertos. Fase III – Enfoque y síntesis de estrategias aplicables en la ciudad de Cuenca, mediante diagnóstico de aspectos urbanos y atmosféricos en la ciudad. Fase IV – Definición de criterios y estrategias puntuales viables a ser aplicadas en Cuenca, con base en eficiencia energética y confort adaptativo.

Fase I.- Se inicia con la revisión de fuentes sobre bioconstrucción, eficiencia energética y confort adaptativo. Se enfatizan los principios CEELA y sus vínculos con certificaciones internacionales y diseño sostenible. Fase II.- Se establecen criterios de análisis basados en la teoría para clasificar y ponderar la efectividad y practicidad de las estrategias encontradas. El estudio de casos consta de edificaciones ubicadas en Cuenca y contextos similares a nivel atmosférico, geográfico y social en el entorno nacional; que demuestren cumplimiento de diseño bioclimático y los principios CEELA. Paralelamente, se consulta a profesionales de la construcción con experiencia y ejercicio activo en el campo de 3 años mínimo; lapso que responde a una muestra con madurez profesional adecuada para el estudio (Acevedo, 2004).

$$M = \frac{N}{(N-1)*k^2+1} \quad (1)$$

$$M = \frac{3000}{(3000-1)*0.10^2+1} = 99,38 \approx 99 \quad (2)$$

Nota: Cálculo de muestra de profesionales y/o constructores a encuestar

M= Tamaño de muestra; N= Universo total; k=rango de error (expresado en decimales).

Fuente: López (2004)

Para el muestreo se implementa la fórmula propuesta en estudios como el de López (2004), Hernández et al., (2016) y otros, con un universo de 3000 profesionales y constructores en la ciudad de Cuenca (Ecuador), con un rango de error del 10%. Posteriormente, se determina un total de 99 encuestados (ver ecuación 1 y 2).

Esta labor se complementa con entrevistas a expertos en la materia; se busca la abstracción de estrategias, problemas y factores de impacto, positivos y negativos, referentes a la construcción sostenible abordadas desde el ámbito práctico. Se considera a individuos con actividad de mínimo 5 años en construcción, tiempo que garantiza un conocimiento claro de la dinámica y aplicabilidad de la profesión en campo; lo que, demarca una madurez profesional tanto en habilidades como objetivos de carrera (Van-

der & Gras, 2013). Adicionalmente, se consideran menciones honoríficas y estudios de cuarto nivel.

Fase III.- Se analizan los aspectos urbanos y atmosféricos propios del contexto de estudio, específicamente: clima; temperatura ambiente, viento; lluvia, humedad de suelo, topografía, pureza y calidad de aire; respeto a la estética, cultura y paisaje del entorno, entre otros; los cuales, se contrastan con las estrategias aplicadas en los referentes seleccionados. A la vez, se toma la opinión de expertos y se la relaciona con la literatura estudiada, para clasificar, puntualizar y detallar pormenores y nivel de efectividad de las estrategias encontradas. Fase IV.- Se pondera el nivel de aplicabilidad de las estrategias encontradas con relación a la realidad del contexto físico, social y climatológico de Cuenca, obteniéndose criterios puntuales y estrategias de diseño que abordan la eficiencia energética y confort adaptativo.

Resultados

En primera instancia, se aborda el criterio de agentes activos en la construcción, referente a estrategias, problemas y factores de impacto, positivos y negativos, que se ocasionan en el ámbito práctico al momento de apuntar a la construcción sostenible. De estos, 72.7% responde a una experiencia en el campo mayor a 3 años; y, al mismo tiempo, 87.9% muestra un perfil dividido entre planificadores urbanos y constructores profesionales, aumentando el grado de confiabilidad de la muestra. Con base en el análisis, 28.3% de los encuestados señalan que la incorporación de verde urbano supone un aspecto primordial al pensar en arquitectura sustentable en el contexto cuencano. Asimismo, 20.2% considera el uso de materiales propios del contexto como una estrategia importante, 14.1% rescata la captación de agua lluvia; a esto se suma el 11.1% que apoya el uso de materiales con alta o moderada masa térmica. Luego, se señalan otras estrategias adicionales, como la recuperación de la arquitectura vernácula, el uso de herramientas informáticas, reciclaje de material industrial, planificación de cantidades de obra para evitar desperdicios y sobredimensionamiento y la implementación de domótica (Ver tabla 3).

Tabla 3

Síntesis de estrategias obtenidas en la Fase II.

	Estrategias		
	Obtenidas de la bibliografía con mayor acogida por la muestra	Propuestas por agentes de la construcción	Propuestas por los expertos
1	Incorporación de verde urbano	Recuperación de arquitectura vernácula	Proporción y orientación de ventanas
2	Uso de materiales propios del contexto	Uso de herramientas informáticas en el diseño	Refuerzo del marco legal

Tabla 3
Síntesis de estrategias obtenidas en la Fase II. (continuación)

	Estrategias		
	Obtenidas de la bibliografía con mayor acogida por la muestra	Propuestas por agentes de la construcción	Propuestas por los expertos
3	Captación de agua lluvia	Reciclaje de material industrial	Difusión y educación a la población
4	Materiales de alta o moderada masa térmica	Planificación de cantidades de obra	sistemas de abastecimiento de energía y producción propios
5	Arquitectura con identidad cultural	Uso de domótica	Huertos urbanos y condominios productivos

En este espacio, el criterio de los encuestados responde a lo emitido por los expertos, especialmente en el uso de tecnologías no compatibles con el entorno; lo cual, se vincula directamente con la evolución global. A su vez, la deficiencia del desalojo de desechos y escombros y el uso de materiales exportados se relaciona con lo señalado explícitamente por uno de los expertos (comunicación personal, 22 de octubre de 2022). Además, se visualizan otros factores incidentes como pérdida de trabajo artesanal y pagos a destiempo, más estos no adquieren un rol protagonista. En cuanto a la revisión bibliográfica se enlistan un grupo selecto de estrategias, las cuales muestran mayor acogida por los agentes de la construcción, y principalmente por el juicio de expertos (Ver tabla 3). Con lo expuesto, se evidencian las estrategias recomendadas por los expertos y agentes de la construcción, las cuales no se aprecian de manera directa en la literatura disponible.

Lo indicado, evidencia que lo referido a los aspectos fundamentales para reducir los impactos ambientales en la construcción, los cuales según validez convergente de la teoría revisada, se enmarcan principalmente en: aprovechamiento de los materiales locales, uso y gestión de desechos, consideración de factores climáticos (sol, viento, lluvia, humedad) y otros. Esto se valida con la consulta a los agentes locales de la construcción, con un mínimo de 3 años de experiencia y ejercicio activo, quienes han manifestado tener en lo que refiere al diseño sostenible, conocimiento mediano e incluso básico en algunos casos. Ahora bien, el trabajo efectuado demuestra que los expertos poseen un conocimiento notoriamente superior en la materia con relación a los agentes consultados, más están de acuerdo con varias de sus opiniones.

Análisis de juicio de expertos

En el perfil de expertos se considera al Arq. Pedro Samaniego, graduado en la Universidad de Cuenca, Magister en Proyectos Arquitectónicos de la misma universidad desde 2008 y en ejercicio profesional activo desde 2003 (20 años hasta la fecha). También se enlista el Arquitecto Jefferson Torres, Magister en Arquitectura, Energía y Medio

Ambiente por la Universidad Politécnica de Cataluña desde 2015, y con trayectoria profesional desde 2010. Actualmente, cuenta con título de PhD, afín a su maestría. También, se considera el concurso del Arq. Carlos Eduardo Romo, graduado en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) con mención honorífica y actividad en campo desde el año 2000. Al igual que los anteriores, cuenta con estudios de cuarto nivel; Magister en Arquitectura con medalla de honor por su tesis de grado en 2007, y especialista como Proyectista Instalador de Energía Solar otorgado por el Centro de Estudios de Energía Solar de Sevilla, España; cuenta con estudios de doctorado en Arquitectura y se desenvuelve como catedrático universitario, ponente y diseñador de proyectos arquitectónicos.

De los expertos, el Arq. Pedro Samaniego (comunicación personal, 22 de octubre de 2022), considera necesario el diseño integral. Este puede lograrse incorporando profesionales de distintas ramas en un equipo de trabajo, aspecto que CEELA trata de manera directa; LBC y LEED de manera lateral e interpretativa, y EDGE de modo tangencial. También señala la importancia de reducir la huella de carbono, mediante el uso de materiales locales, consideración de la toxicidad de estos, e incluso el impacto que conlleva su transporte a obra. Estos puntos se abordan principalmente en los puntos CEELA y la matriz *Living Building Challenge*, mientras que LEED lo trata de manera implícita.

Esto se alinea al criterio del Arq. Jefferson Torres (comunicación personal, 22 de octubre de 2022), quien despunta en la línea de investigación académica enfocada en arquitectura sustentable, con un registro de 19 publicaciones a la fecha, señala la importancia de la planificación de obra para reducir los impactos ambientales. Este aspecto se resalta en gran parte de la bibliografía, puesto que los principios CEELA, LEED, LBC, y las bases de la eficiencia energética en construcción, acometen lo dicho de manera directa y explícita. En el caso de CEELA, los puntos de Diseño Integrado y Monitoreo apoyan de manera textual la planificación; LBC lo trata en sus ejes Energía, Salud y Felicidad, y Materiales, mientras que LEED lo trata en sus ejes Sitios sustentables y Materiales y Recursos. EDGE aborda lo anterior en su parámetro Ahorro de energía, y lo recalca en el medio para alcanzar sus certificaciones *Advanced y Zero Carbon (International Finance Corporation, 2023)*, que depende directamente de una correcta planificación de obra.

En la misma línea, el Arq. Carlos Romo (comunicación personal, 22 de octubre de 2022) hace hincapié en la acuciante necesidad de incorporar sistemas de abastecimiento de energía y producción propios. Lo anterior se debe a que, el gasto público de estos servicios requiere de la construcción de infraestructura, movilización humana, esfuerzo tecnológico, los cuales se traducen en un impacto importante. Esta idea no solo la explica en materia de energía eléctrica, sino también en producción de alimentos, los cuales a criterio del experto pueden gestionarse mediante huertos urbanos y condominios

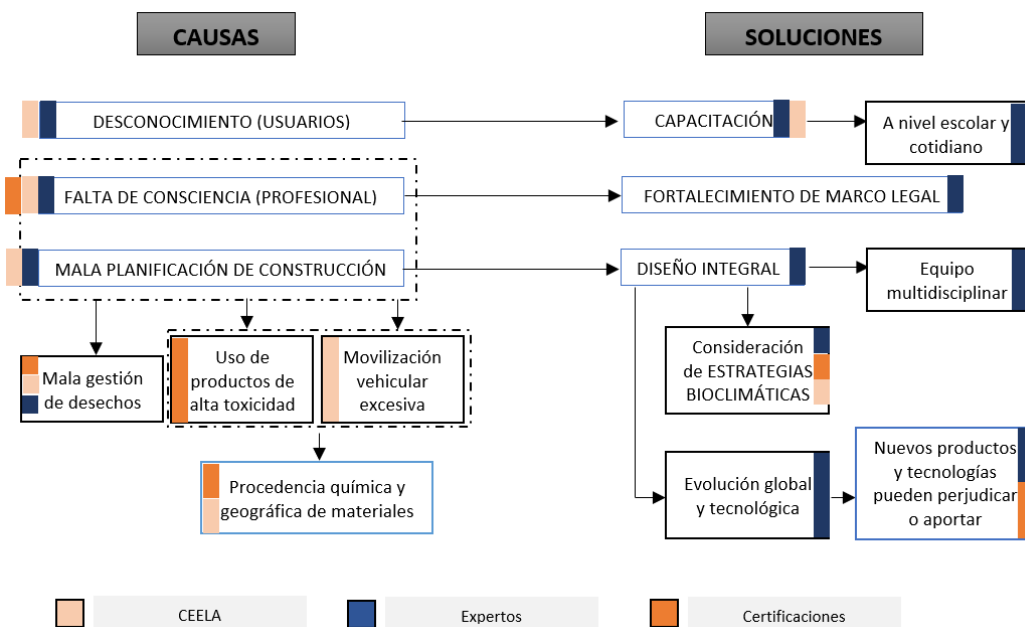
productivos. Con ello, se evitarían desplazamientos vehiculares, y al mismo tiempo, se incentivaría la colaboración social de vecinos quienes tendrían oportunidad de vender sus productos a individuos tanto internos como externos al condominio.

Ahora bien, a diferencia del resto de criterios expuestos, la idea de Romo se acentúa de forma preponderante, pues no encuentra mayor respaldo en la teoría escudriñada. El experto define que en el contexto ecuatoriano existe un segmento limitado de profesionales y constructores que se preocupan por el medio ambiente, por lo cual considera que el marco legal posee un rol determinante en lo que refiere a la reducción de emisiones de carbono, ya que este obliga de cierta manera a los constructores a reducir los impactos ambientales. No obstante, también resalta que la educación es necesaria para que todos los habitantes adquieran consciencia, y de ese modo, que la sociedad sea quien contribuya para la preservación del medio ambiente.

Con relación a lo anterior, solamente LBC y CEELA abordan el tema de la educación a la ciudadanía, más no tratan el fortalecimiento del marco legal. En el caso de LBC, se propone abrir proyectos directamente al público, y realizar exposiciones sobre los criterios de diseño sostenible utilizados en estos, con la finalidad de capacitar a la población en general con respecto al tema. Por su parte, CEELA se centra en el comportamiento de los usuarios, aduciendo la importancia de enseñarles la importancia de la sostenibilidad la forma correcta de aprovechar al máximo el edificio.

Figura 1

Relación entre causas y soluciones al incremento de impactos ambientales en la construcción



Con base en el contraste del juicio de expertos, los criterios de los agentes activos de la construcción, y la literatura base, se definen causas y soluciones al incremento de impactos ambientales en la construcción (Ver figura 1). A su vez, se resalta que el criterio de expertos se alinea a lo enunciado en los principios CEELA, especialmente en sus puntos de Diseño Integrado, Control y Aprovechamiento de radiación solar, Energía incorporada, Reducción de Materiales Tóxicos y Comportamiento de los usuarios. En este punto, se diferencia la idea de Romo con relación al fortalecimiento del marco legal y la educación a la población, lo cual, únicamente es abordado por LBC y CEELA de forma parcial.

Aquí, se resalta que los expertos demuestran un conocimiento de los criterios de las certificaciones LEED, EDGE, *Living Building Challenge*, ya que otorgan ejemplos específicos que se concatenan con aspectos como el uso responsable de los materiales, gestión de economía amigable, agricultura urbana, el uso óptimo de recursos naturales, y entre otros. Contrariamente, los agentes de la construcción denotan un conocimiento académico y formal sumamente limitado, con relación a estrategias de sustentabilidad y arquitectura bioclimática.

Análisis de casos referentes

De los referentes considerados para el análisis se ha logrado determinar estrategias que, por su naturaleza pasiva son accesiblemente económicas y su impacto es significativo en términos de eficiencia energética y confort adaptativo (Ver tabla 4). Sobre el edificio IQON (Quito), se asegura que, mediante el uso del concreto, un material de considerable masa térmica aísla térmicamente la envolvente. A la vez, su forma de fachada reduce el impacto directo del viento, reduciendo así el enfriamiento. Incorpora balcones escalonados dispuestos en curvatura con la finalidad de apuntar a la biofilia, generando un nexo estético y visual con el Parque La Carolina, el hito de mayor relevancia en el contexto. A esto se suma la presencia de jardines en los balcones; y a la vez, el diseño de cavidades que proyectan albergar raíces de una profundidad aproximada de 2 metros. Con ello, no solo se generan espacios verdes en altura, sino que, la vegetación presente actúa como barrera acústica, solar y de viento para el interior.

Con base en los datos climatológicos y geográficos de Quito, se establecen grandes similitudes con Cuenca, el contexto de estudio; ya que, las temperaturas medias mínimas son similares, siendo en el caso de la capital ecuatoriana de 9°C, y la media máxima de 21°C, con ocasionales excepciones (Armijo, 2023). Se observan similitudes en la geografía, puesto que se encuentra a 2850 msnm y se encuentra circundada por una serie de valles que restringen el crecimiento de la ciudad, obligando su expansión en su eje norte – sur. Con esto, es claro que, varias de las estrategias implementadas en su contexto pueden tener un alto grado de factibilidad si se aplican en Cuenca. Ejemplo de lo indicado,

se observa en el segundo proyecto de estudio, el Edificio de aulas y laboratorios E1 y E2 – UDA, el cual demuestra otras estrategias no contempladas en IQON (Ver tabla 4).

Se rescata el uso de masa térmica concentrada, de manera que los muros térmicos, barreras y aislamientos responden a un estudio minucioso de sol y vientos (Córdoba et al., 2022). A la vez, el análisis solar aporta a la planificación de muros permeables que se logran mediante muros de ladrillo fabricados en trama de palomero, y por planchas metálicas dispuestas de manera aleatoria en muro cortina. También se observa el uso de paneles solares, planificación en disposición de ascensores y un diseño de iluminación pensado para el confort visual tanto en horario diurno como nocturno.

Tabla 4
Soluciones integradas en el marco de la construcción sostenible local

N°	Estrategias	Puntos CEELA	Variables de impacto
1	Materiales con amplia masa térmica en fachada	Aislamiento térmico de envolvente	Temperatura
2	Incorporación de balcones verdes	Diseño bioclimático de exteriores	Viento
3	Forma dinámica de fachada	Diseño bioclimático exteriores Control de radiación solar	Viento - Sol
4	Forma de fachada con relación al viento	Enfriamiento pasivo Climatización eficaz	Viento
5	Aumento de tamaño de barrera verde en altura	Movimiento de aire Climatización eficaz	Viento
6	Masa térmica concentrada según análisis de sol y viento	Climatización eficaz Enfriamiento pasivo	Viento - Sol
7	Control solar mediante muros permeables	Aislamiento térmico envolvente Control de radiación solar	Sol
8	Implementación de paneles solares	Auto generación de energías renovables	Sol
9	Balcones corridos en fachada	Movimiento de aire Climatización eficaz	Lluvia – Sol - Viento
10	Planificación de ascensores e iluminación artificial	Equipo eléctrico y luminarias de alta eficiencia	-
11	Recolección de agua lluvia y de agua potable en lavabos.	Manejo consciente del agua	Lluvia
12	Terrazas verdes de acceso común	Diseño bioclimático de exteriores	Entorno – Pureza de aire
13	Gama cromática de fachada acorde a identidad cultural del contexto	Diseño integrado	Entorno
14	Forma dinámica de fachada	Diseño bioclimático exteriores Control de radiación solar	Viento - Sol
15	Aumento de tamaño de barrera verde en altura	Movimiento de aire Climatización eficaz	Viento - Temperatura
16	Forma y diseño de fachada con alta biofilia.	Diseño integrado	Entorno – Topografía

Tabla 4

Soluciones integradas en el marco de la construcción sostenible local (continuación)

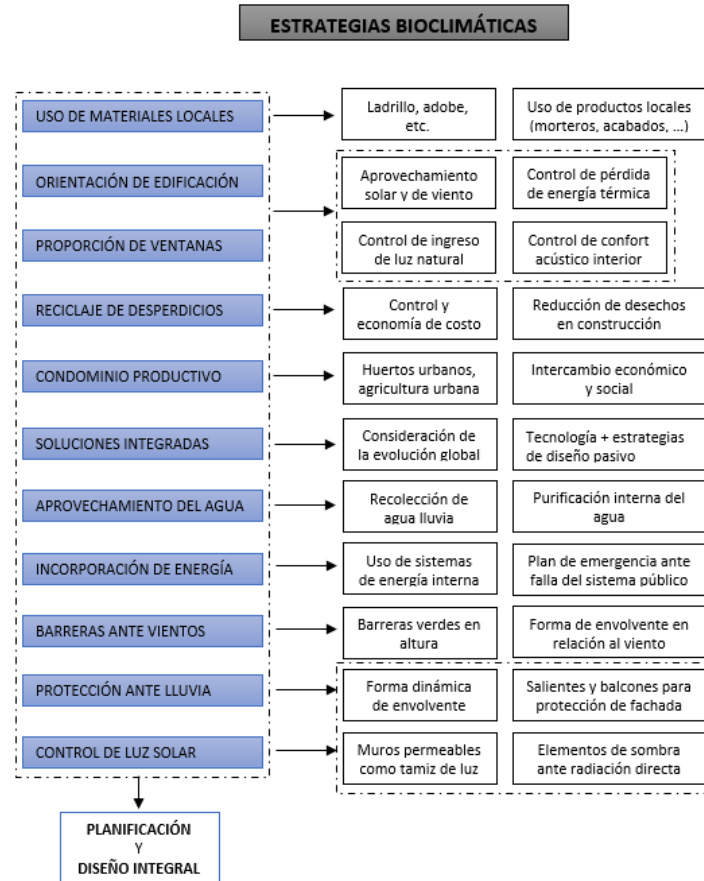
17	Aquarela	Diseño de espacios verdes dinámicos en exteriores.	Diseño bioclimático de exteriores	Entorno – Humedad suelo
18		Altura y envolvente con alto sentido de ecología del sitio.	Diseño integrado	Entorno – Topografía
19		Terrazas verdes con cobertura de 360° del edificio.	Diseño bioclimático de exteriores	Entorno – Pureza de aire
20		Uso de piedra y madera en fachada, para confort adaptativo.	Reducción de materiales tóxicos	Entorno – Pureza de aire

A esto se suma la incorporación de recolectores de agua lluvia y de agua residual proveniente de lavabos, la cual podrá ser usada para riego, limpieza, entre otros. También, se incorpora EPIQ, proyecto que añade terrazas jardín comunes en distintas plantas. Destaca por sus colores pastel en fachada, tonos rosáceos y naranjas, que armonizan con la cromática del espacio verde aledaño y, a la vez, hace gala a los colores de los adoquines y viviendas del centro histórico quiteño. Lo último, rescata la identidad arquitectónica y cultural del lugar, promueve un vínculo entre los habitantes de la ciudad, los futuros usuarios, y finalmente, el edificio.

Tal como sucede en IQON, en EPIQ su envolvente se enmarca en una línea vanguardista, con alto nivel de biofilia, mostrada en formas curvas que armonizan con el paisaje montañoso y el Parque la Carolina. En este contexto, con un alto e incluso superior sentido de estética alineada con la naturaleza se enmarca Aquarela, que destaca por el uso de la piedra en fachada, madera en ventanales y puertas con salida a balcones, terrazas verdes, diseño exterior con alta cantidad de espacio verde, y proporciones de altura que prefieren alinearse con la topografía del contexto y el paisaje del valle.

Figura 2

Estrategias bioclimáticas aplicables al contexto cuencano según validez convergente



Aquarela incorpora el concepto de bloques en distintas alturas, de manera que abre vistas a los bloques contiguos, permite una mayor área de balcones verdes; y con ello, responde de mejor manera al confort adaptativo en todas sus esferas (térmica, acústica, lumínica y visual), con relación al resto de proyectos citados. Así, se enlistan las estrategias encontradas en cada uno de los referentes de análisis, las cuales, por las características de emplazamiento de sus referentes, son potencialmente aplicables Cuenca (Ver figura 2).

Sobre lo indicado (Ver tabla 4), se aprecia que las estrategias aplicadas en los referentes de Quito y Cuenca cubren varias variables de impacto contempladas en la Fase III. Sin embargo, en los proyectos analizados priman las estrategias que abordan el viento (8 de 20 estrategias), respeto del entorno en su esfera estética, cultural y paisajística (7 de 20 estrategias) y sol (6 de 20 estrategias). Ahora bien, la lluvia la cubre solamente el referente cuencano, lo que muestra la importancia de este factor. Con lo dicho, se enmarcan estrategias bioclimáticas avaladas por la teoría, el juicio de expertos, los agentes de la

construcción, y que se alinean con las variables de impacto, provenientes de los aspectos urbanos y atmosféricos de la Fase III (Ver figura 2).

Discusión

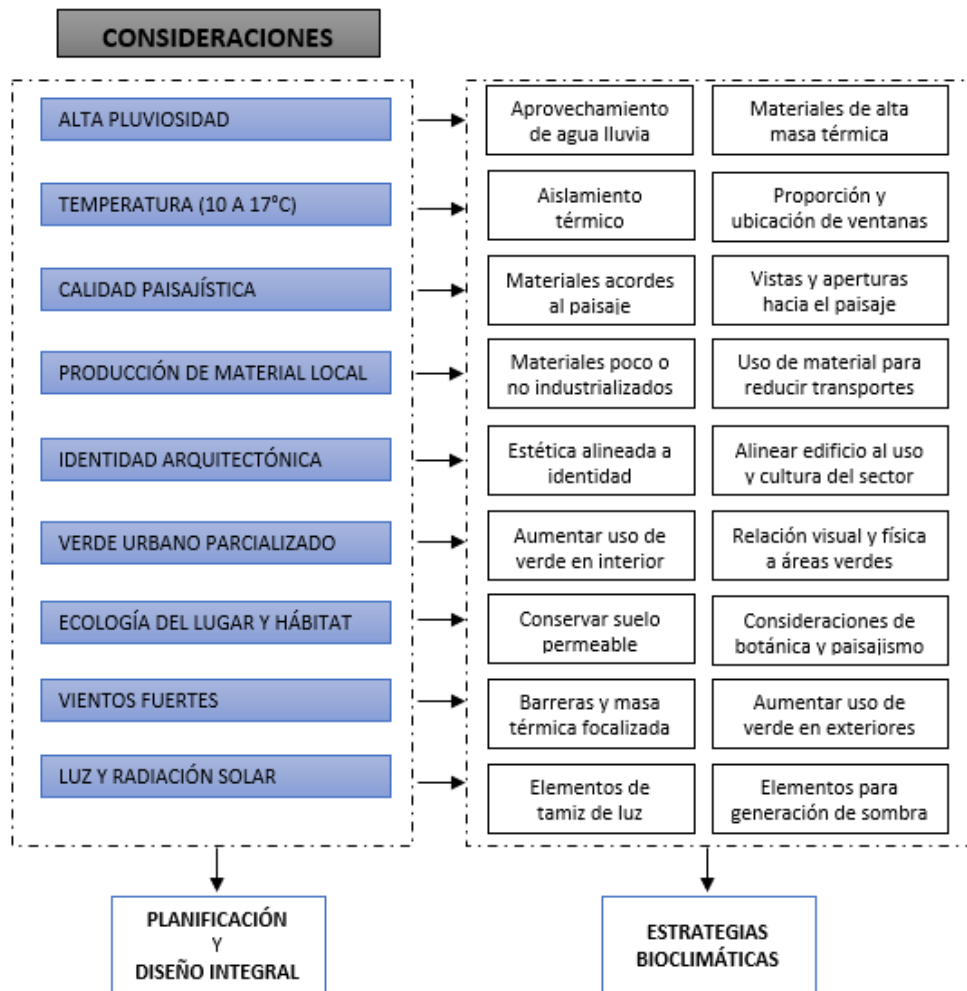
Se debe considerar que el contexto de estudio, Cuenca (Ecuador), responde a un clima de alta pluviosidad, vientos fuertes y una temperatura media entre 10 a 17°C en todo el año (Córdova et al., 2016), ya que obliga al proyectista a priorizar ciertas estrategias, principalmente el Aprovechamiento del agua y el Aislamiento térmico de la envolvente. Se propone tomar ventaja de las bondades de la ciudad de Cuenca, tales como: Su calidad paisajística; verde urbano, presencia de vertientes naturales dentro de la urbe; producción local de ladrillos artesanales y bloques de adobe, permeabilidad del suelo; identidad arquitectónica en ciertos barrios y sectores, y otros que pueden redireccionarse hacia la eficiencia energética, confort visual, auditivo, térmico, e incluso a la Biofilia y estética del edificio.

Evidentemente, las consideraciones de diseño requeridas para el contexto cuencano se relacionan con la literatura, ya que su solución implica el uso de materiales de alta masa térmica, aprovechamiento solar, uso de materiales locales, aprovechamiento del agua, uso de la ecología del lugar y de las bondades paisajísticas del entorno (Ver figura 3); estos aspectos abordan de manera directa e interpretativa CEELA, LBC, LEED y EDGE. En este punto, el aprovechamiento del agua aporta positivamente a otras estrategias como el uso de huertos urbanos, incorporación de verde interno, condominios productivos, enfriamiento pasivo, planes de emergencia ante fallos del sistema de abastecimiento público, y otros.

Ahora bien, se resalta que la temperatura, alta pluviosidad y los vientos fuertes de Cuenca, priorizan las estrategias bioclimáticas relacionadas a captación y protección de energía térmica en el interior de los edificios. Sin embargo, es necesario recordar el contexto de estudio responde a un índice de radiación ultravioleta frecuentemente entre moderado (6-7) y muy alto (8,9,10), entre las 10 am y 14pm (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAHMI], 2023). No obstante, existen registros en que el índice UV ha sobrepasado la escala, con valores de 13 y 16, que responden a una radiación extremadamente alta, y, por ende, peligrosa para la ser humano (Martins, 2022). Con ello, se remarca la imperatividad de generar elementos tamizadores de luz como muros permeables, rejillas o quiebra soles. También se debe contemplar en el diseño elementos que restrinjan el paso de rayos solares directamente al interior del edificio, y que generen sombras en exteriores en caso de requerir refugio inmediato; salientes, voladizos, balcones y otros (Ver figura 3).

Figura 3

Consideraciones y estrategias de construcción sustentable aplicables a Cuenca (Ecuador)



Conclusiones

- Es menester destacar la importancia de los fundamentos del confort adaptativo, eficiencia energética y bioconstrucción, ya que estos son el camino más adecuado para alcanzar el diseño sostenible. En este sentido, se demuestra que el uso de la literatura citada ha permitido materializar edificios verdes en el contexto local, que han dejado importantes aportes y estrategias a ser consideradas para su futura aplicación en el contexto de estudio, entre ellos, Edificios de aulas y laboratorios E1 y E2 – UDA, IQON, EPIQ y Aquarela, que incorporan estrategias con amplia validez a nivel de expertos en el campo como de agentes activos de la construcción.

- Se decantan aquellas estrategias y criterios con alto nivel de aplicabilidad y viabilidad en Cuenca, basándose en la realidad del contexto físico, social y climatológico. En lo anterior, se enlistan: aprovechamiento de agua lluvia, uso de materiales de alta masa térmica; aislamiento térmico de envolvente y de interiores, consideración de ubicación y proporción de ventanas; uso de materiales acordes al paisaje inmediato, direccionamiento de aperturas visuales hacia los elementos de paisaje natural; fomento del uso de materiales poco o no industrializados, alineación de estética del edificio a la identidad cultural y arquitectónica del contexto; aumento de verde en interiores, generación de relaciones visuales y físicas con áreas verdes en exteriores.
- Las estrategias expuestas responden directamente a los factores que se deben considerar en Cuenca, como contexto de actuación, para apuntar al diseño sostenible. Estos serían: la alta pluviosidad, temperatura ambiente media entre 10° a 17°, calidad de paisaje natural circundante, radiación solar, fuertes vientos, ecología del lugar y hábitat, verde urbano parcializado, producción de material local e identidad arquitectónica. En este sentido, es primordial recordar las consideraciones base, puesto que estas servirán como cimiento y punto de partida para nuevas investigaciones, deducciones y planteamiento de otras estrategias.
- Finalmente, se define que la investigación ha cumplido con los objetivos deseados, pues efectivamente, se han demarcado estrategias de diseño sostenible eficaces y viables para aplicarse en el contexto cuencano. A su vez, la validez convergente de la literatura revisada, el juicio de expertos y la consulta a los agentes activos de la construcción otorga al trabajo un alto nivel de confiabilidad, respondiendo de manera idónea a la labor académica y práctica del ejercicio profesional. En complemento, los hallazgos realizados en el transcurso, al igual que los vacíos que no se pudieron abordar debido a la naturaleza de la investigación, actúan como aliciente para indagar nuevas fronteras, métodos y perspectivas que permitan acercarnos aún más en teoría y práctica al diseño y construcción sostenible en cualquier contexto deseado.

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, 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 visión artificial en ciencias, Arquitectónicas, Agropecuarias, Ambientales y Automática (SEVA4CA), por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

Conflictos de intereses:

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

Acevedo, P. J. (2014). La Bio-construcción como una alternativa en la búsqueda de la sostenibilidad: el caso del bambú. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 14(1).

Armijo, P. (2023). ¿Por qué hace tanto frío en Quito? *Diario el Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/por-que-frio-quito-clima-lluvias.html>

Benavides, P. A. O., & Molina, J. F. Q. (2022). Indicadores de sostenibilidad urbana para la ciudad de Cuenca - Ecuador: construcción sostenible de edificaciones. *Conciencia Digital*, 5(1.2), 105-125. <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/articulo/view/2088>

Confederación Suiza. (2020). Eficiencia Energética y Confort Adaptativo. Proyecto Ceela. <https://proyectoceela.com/>

Córdova, M., Célleri, R., Shellito, C. J., Orellana-Alvear, J., Abril, A., & Carrillo-Rojas, G. (2016). Near-surface air temperature lapse rate over complex terrain in the Southern Ecuadorian Andes: implications for temperature mapping. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 48(4), 673-684. <https://doi.org/10.1657/AAAR0015-077>

Córdoba, F., Ordoñez, A & Samaniego, P. (2022). *Showcase Ecuador. Edificios de aulas y laboratorios E1-E2 Convenio UDA-CEELA*. U. Cuenca Arquitectura.

Gallardo-Frías, L. (2013). Ser humano, lugar y eficiencia energética como fundamentos proyectuales en las estrategias arquitectónicas. *Revista de Arquitectura*, Vol. 15 (ene.-dic. 2013); p. 62-69.

Garzón, B. (2007). *Arquitectura bioclimática*. Nobuko.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2016). Metodología de la investigación. 6ta Edición Sampieri. *Soriano, RR (1991). Guía para realizar investigaciones sociales*. Plaza y Valdés.

- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAHMI]. (2023). Visualización de datos de Índice UV. <http://186.42.174.236/IndiceUV2/>
- International Finance Corporation. (2023). Excellence In Design for Greater Efficiencies EDGE. Green Business Certification Inc. <https://gbc-edge.s3.amazonaws.com/edge-online/s3fs-public/resources/edge-spanish-brochure.pdf>
- International Living Future Institute. (2019). Living Building Challenge 4.0 A Visionary Path to a Regenerative Future.
- López, A. I. M. (2014). The discourse of architectural bioconstruction: popularization and legitimation in professional journals. *Cultura, lenguaje y representación: revista de estudios culturales de la Universidad Jaume I*, 13, 201-220.
- Marincic, I., Ochoa, J. M., & Río, J. A. D. (2012). Confort térmico adaptativo dependiente de la temperatura y la humedad. *ACE: Architecture, City and Environment*, 7(20), 27-46.
- Martins, A. (2022). Qué es el índice UV, la escala universal creada hace 30 años para protegernos del sol. BBC News Mundo. [https://www.bbc.com/mundo/noticias-61595975#:~:text=%22El%20C%ADndice%20UV%20describe%20los,o%20m%C3%A1s%20\(riesgo%20extremo\).](https://www.bbc.com/mundo/noticias-61595975#:~:text=%22El%20C%ADndice%20UV%20describe%20los,o%20m%C3%A1s%20(riesgo%20extremo).)
- Rubio Picazo, C. (2019). Bioconstrucción: parámetros que configuran una relectura contemporánea de la arquitectura vernácula. Universidad Politécnica de Madrid
- Sáez Pérez, J. V. (2015). *Bioconstrucción y arquitectura bioclimática para la ejecución de vivienda ecológica unifamiliar* [Tesis de Grado] Universidad Politécnica de Valencia.
- Solano García, N. E. (2019). Mejora en los procesos de construcción tradicional de las viviendas para una práctica de arquitectura energéticamente eficiente y baja en producción de carbono en México. *Academia XXII*, 10(20), 228-254.
- U.S. Green Building Council. (2022). LEED Rating System. <https://www.usgbc.org/leed>
- Van-der Hofstadt Roman, C., & Gras, J. M. G. (2013). *Competencias y habilidades profesionales para universitarios*. Ediciones Díaz de Santos.
- Villalobos, R., & Schmidt, D. (2008). Ética, arquitectura y sustentabilidad. Desafío en la arquitectura para el nuevo siglo. *Arquitecturas del Sur*, 66-75.

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Indexaciones

