

# METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN VIVIENDAS EN SAN CARLOS, COJEDES, VENEZUELA

*(Methodology for the evaluation of sustainability in housing in San Carlos, Cojedes, Venezuela)*

**Ernesto Hernández Gil y Nahir Carballo**

Grupo de Investigación de Desarrollo Sustentable (GIDS). UNELLEZ-VIPI. San Carlos-Cojedes-Venezuela. Email: [ernestohernandezgil@gmail.com](mailto:ernestohernandezgil@gmail.com) y [nahirdelc@gmail.com](mailto:nahirdelc@gmail.com)

Recibido: 28-04-2018

Aceptado: 02-05-2019

## RESUMEN

En el país no existe una metodología para evaluar sustentabilidad en viviendas, a pesar del grado de deterioro ambiental ocasionado por la afectación de los elementos naturales y las emisiones generadas. Las regulaciones en viviendas se limitan a tamaños mínimos de algunos ambientes, de los elementos portantes de carga, cuantía y distribución de acero de refuerzo, entre otras. La investigación realizada tuvo por objetivo general crear una metodología para la evaluación de la sustentabilidad en viviendas de interés social (VIS) de la ciudad de San Carlos, capital del estado Cojedes. La investigación se fundamentó dentro del paradigma positivista, enfoque cuantitativo, de campo, de diseño no experimental, de corte transversal o transeccional y nivel descriptivo evaluativo. El estudio se desarrolló en dos fases: i) diseño de una estructura de indicadores para evaluar la sustentabilidad en VIS y ii) aplicación de la metodología desarrollada en VIS. Se seleccionaron un total de 51 indicadores, se normalizaron y se aplicó el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP). El resultado fue que ninguna de las VIS analizadas es sustentable, con un valor máximo alcanzado de 3,01 de los 4,00 puntos mínimos para ser considerada sustentable.

**Palabras clave:** Sustentabilidad, viviendas de interés social, evaluación.

## SUMMARY

In the country there is no methodology to assess sustainability in housing, despite the degree of environmental deterioration caused by the effects of natural elements and the emissions generated. Housing regulations are limited to minimum sizes of some environments, load bearing elements, quantity and distribution of reinforcing steel, among others. The general objective of the research was to create a methodology for the evaluation of sustainability in low-income housing (VIS) in the city of San Carlos, capital of the Cojedes state. The research was based on the positivist paradigm, quantitative approach, field, non-experimental design, cross-sectional or transeccional and descriptive-evaluative level. The study was developed in two phases: i) design of a structure of indicators to assess sustainability in VIS and ii) application of the methodology developed in VIS. A total of 51 indicators were selected, the Hierarchical Analysis Process (AHP) was standardized and applied. The result was that none of the analyzed VIS is sustainable, with a maximum value reached of 3.01 of the 4.00 minimum points to be considered sustainable.

**Keywords:** Sustainability, social housing, evaluation.

## INTRODUCCIÓN

Como consecuencia de los cambios sociales acontecidos en la segunda mitad del siglo XIX y a lo largo del siglo XX, se experimentó una migración hacia los centros urbanos en la mayoría de los países. La población mundial alcanzó la cifra de 7500 millones de habitantes para principios del año 2018, de los cuales, el 55% residen en áreas urbanas y se estima que para el 2050 alcancen el 66% (Naciones

Unidas [UN, por sus siglas en inglés], 2018). En Venezuela, partir de la segunda década del siglo XX con la naciente industria petrolera, que origina la migración del campo a la ciudad, trayendo como consecuencia su crecimiento vertiginoso, que se ve reflejado en el Censo 2011 (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2011), con un 88,82% de la población del país asentada en los espacios urbanos,

no siendo San Carlos una excepción con un 82% de la población del municipio.

En San Carlos (Cojedes-Venezuela), este crecimiento acelerado de la población ocasiona que deban darse respuesta a las necesidades de esa ciudadanía emergente, que entre otras necesidades, requieren soluciones habitacionales que cumplan con el objetivo 11 del Desarrollo Sostenible (UN, 2016), el cual es “lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”, que además incluye, reducir para el año 2030 el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades. Actualmente, se siguen construyendo viviendas aisladas o urbanismos sin una planificación organizada, donde los esfuerzos se centraron en resolver o paliar el déficit habitacional, en lugar de tener en cuenta la conservación de los temas ecológicos, sociales y económicos, lo cual las hace insustentables.

Una de las organizaciones más importantes del mundo, la World Green Building Council (WorldGBC, 2017), señala que cada país y cada región tienen sus propias características, tanto climáticas, culturales, necesidades ecológicas, económicas y sociales, entre otras, que deben considerarse en una construcción sustentable, por lo que el estudio específico, en este caso la ciudad de San Carlos, es una importante brecha del conocimiento que debe estudiarse. La ciudad de San Carlos, capital del estado Cojedes, con su clima cálido y húmedo, conlleva a un mayor consumo de energía para climatización. En tal sentido, la presente investigación tuvo por objetivo crear una

metodología para evaluar la sustentabilidad en las viviendas de interés social (VIS) de la ciudad de San Carlos, estado Cojedes.

## **METODOLOGÍA**

### **Tipo, modalidad y nivel de la investigación**

Este estudio se fundamenta en el paradigma positivista, con enfoque cuantitativo. El tipo de investigación es de campo, el diseño no experimental, que según Hernández, Fernández y Baptista (2010) se basa en la observación del fenómeno tal como ocurre en la naturaleza, sin la manipulación de las variables, además por su prolongación en el tiempo es una investigación de corte transversal o transeccional. El nivel del estudio es descriptivo evaluativo.

### **Fases de la Investigación:**

**Fase I:** Diseño de una estructura de indicadores para la evaluación de la sustentabilidad en viviendas de interés social en San Carlos, estado Cojedes:

Listado de indicadores: inicialmente se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica de los indicadores de sustentabilidad de viviendas, abordándose los sistemas de certificación y clasificación de edificaciones más empleados en el mundo, como: LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), VERDE, BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) y CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency), investigaciones sobre sustentabilidad, manuales de diseño, guías de edificaciones sustentables, entre otros, para un total de 18 documentos, obteniendo 877 indicadores. Dada la

gran cantidad, se empleó un proceso de eliminación inicial en base a la aplicación de una lista de verificación con doce criterios o principios, tomada de Jain y Tiwari (2017). Se logró reducir los indicadores a 93, agrupados en 19 criterios y las tres dimensiones de la sustentabilidad: ecológica, social y económica.

Instrumento de construcción de indicadores: se aplicó el instrumento a una muestra conformada por tres grupos de interés (expertos): (a) funcionarios de instituciones públicas encargadas de la construcción de viviendas de interés social en la ciudad de San Carlos, b) egresados del Doctorado en Ambiente y Desarrollo del Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales (VIPI) de la UNELLEZ; y (c) expertos en el área de vivienda, específicamente profesores de planta, de profesión: arquitectos e ingenieros civiles, adscritos al Programa Ingeniería, Arquitectura y Tecnología (PIAT) del VIPI de la UNELLEZ.

Identificación de indicadores propuestos por los usuarios: se utilizó un muestreo no probabilístico, ya que no existe un criterio ni regla establecida para el tamaño de muestra, se siguió lo propuesto Glaser y Strauss (1967, citado por Mason, 2010) de una muestra de 50 personas para alcanzar la saturación, la cual se alcanzó con el entrevistado 38.

Selección de indicadores: a los 93 indicadores preliminares, se les incorporó los 55 indicadores aportados por el grupo de expertos y por los usuarios, este nuevo instrumento de selección de indicadores le fue entregado al grupo de expertos para su valoración en escala de Likert (sin

importancia-1, poco importante-2, medianamente importante-3, importante-4 y muy importante-5). A los resultados se les determinó el coeficiente Alfa de Cronbach cuyo valor de 0,971; es superior los rangos de aceptables indicados por Nunnally (1978) y Nardo, Saisana, Saltelli y Tarantola (2005). Para la selección de los indicadores se utilizó el método del valor medio, técnica utilizada en diversos estudios sobre sustentabilidad en viviendas (Darko, Chuen y Kingsford, 2017). Los indicadores seleccionados fueron aquellos cuya media fue superior a 4,15; menos exigente que los 4,40 de Darko et al (*op. cit.*). Sin embargo, con un puntaje mayor o igual a 4,15; se obtuvieron 51 indicadores, valor muy similar a los 50 de la Universidad Veracruzana (2013), los 53 de Fastofski, González y Kern (2017), los 54 de CASBEE y los 56 de BREEAM.

Se aplicó el ANOVA, para evaluar las diferencias entre las medias de los tres grupos de expertos, previo examinar el cumplimiento de los cuatro (4) supuestos: a) la normalidad; b) la homocedasticidad; c) la independencia de observaciones y d) las equivalencias entre los tres grupos. El nivel de significancia (sig.) fue  $> 0,05$  aceptando la hipótesis nula, es decir que no existen efectos diferenciales entre la media de los expertos.

Normalización: procura que las unidades de medición de todos los indicadores a utilizar en la evaluación de la sustentabilidad, que en principio son diferentes, tengan una unidad común, se utilizó la técnicas de escala categórica, señaladas en Organisation for Economic Cooperation and

Development y Joint Research Centre [OECD y JR] (2008).

Sistema de ponderación: se utilizó el proceso de análisis jerárquico (AHP), para la ponderación de pesos de los indicadores, criterios y dimensiones. Realizada la comparación de pares, de cada matriz, por parte de los expertos, se determinó la Razón de Consistencia (CR), en todos los casos fue menor a los valores referenciales recomendados por Saaty (1994) y Cheng y Li (2002). Con las matrices de cada experto se calculó la media geométrica, ya que según Aczel y Saaty (1983) es el método más apropiado para agrupar los juicios individuales en juicios de grupo.

Análisis de sensibilidad: se realizó con el objeto de mostrar el efecto de cambiar los pesos de las dimensiones del modelo de evaluación de sustentabilidad en las VIS, se plantearon seis

en todos los casos, con una diferencia máxima del ISVIS de 2,1%, constatando que el modelo planteado es estable y robusto.

**Fase II:** Evaluación de la metodología desarrollada: para la evaluación de la metodología, se seleccionaron tres (3) viviendas de interés social ubicadas en el NEC El Rodeo, en el NEC La Herrerena (tetracasas) y en la Villa Cubana, todas ubicadas en la ciudad de San Carlos, estado Cojedes.

## PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### Diseño de una estructura de indicadores para la evaluación de la sustentabilidad en VIS en San Carlos, estado Cojedes

#### Indicadores seleccionados:

**Tabla 1.** Indicadores seleccionados con su nomenclatura.

Dimensión	Criterio	Indicador	
Ecológica (EC)	Agua (AG)	Captación y uso del agua de lluvia	AG1
		Medidores de consumo de agua	AG2
		Uso de sistemas de alcantarillado separados	AG3
		Disposición de agua servidas	AG4
	Diseño Bioclimático(DB)	Uso de plantas para crear sombras	DB1
	Emisiones e Impactos por ACV (EI)	Cambio climático	EI1
		Potencial de acidificación	EI2
		Agotamiento del ozono estratosférico	EI3
		Toxicidad Humana	EI4
		Agotamiento del agua	EI5
	Energía (EN)	Consumo de energía mensual (KWh/mes)	EN1
		Uso de sistemas alternativos de energía	EN2
		Iluminación artificial interior y exterior	EN3
		Electrodomésticos de alta eficiencia	EN4
		Contadores o medidores de electricidad	EN5

escenarios, aumentando y disminuyendo cada dimensión en un 25%. Los resultados mostraron que los rangos de las alternativas se mantuvieron estables

.EN: Económica. Elaboración Propia

	<i>Localización y Transporte (LT)</i>	Parcela previamente desarrollada	LT1
		Acceso al transporte público	LT2
	<i>Materiales y Recursos (MR)</i>	Utilización de productos con ecoetiquetado	MR1
		Uso de materiales reciclados	MR2
	<i>Residuos (RS)</i>	Minimización de residuos de obras	RS1
		Clasificación y separación de los residuos domésticos	RS2
		Uso de contenedores para recolección de reciclables	RS3
		Gestión de residuos de vegetación	RS4
	<i>Espacios verdes (EV)</i>	Arbolado urbano	EV1
		Mantenimiento de áreas verdes	EV2
	<i>Accesibilidad (AC)</i>	Señalizaciones y acceso para personas con discapacidad	AC1
		Vivienda accesible, flexible y adaptable	AC2
		Infraestructura para peatones	AC3
	<i>Calidad de aire y Confort Térmico (CC)</i>	Relación entre área de ventanas y de piso	CC1
		Eficacia de la ventilación natural	CC2
		Iluminación natural	CC3
	<i>Componentes espaciales (CE)</i>	Relación entre tamaño de la vivienda y N° de ocupantes	CE1
		Altura mínima del techo	CE2
	<i>Educación (ED)</i>	Capacitación en operación y manejo de los residuos	ED1
		Tasa de escolaridad	ED2
		Cursos sobre preservación de ambiente	ED3
	<i>Seguridad (SE)</i>	Precauciones contra el crimen	SE1
		Protectores en puertas exteriores y ventanas	SE2
		Seguridad estructural de la vivienda	SE3
		Estabilidad del terreno de fundación	SE4
		Nivel de la parcela con respecto al nivel de calle	SE5
	<i>Servicios Públicos (SP)</i>	Calidad del servicio transporte público	SP1
		Calidad del servicio de electricidad	SP2
		Calidad del servicio de aseo urbano	SP3
		Calidad del servicio de agua potable	SP4
		Calidad del servicio sanitario	SP5
		Calidad del servicio de gas doméstico	SP6
	<i>Calidad de la obra (CO)</i>	Calidad y durabilidad del techo	CO1
		Calidad y durabilidad de las paredes	CO2
	<i>Empleo (EM)</i>	Nivel de empleo de los padres o jefes de la familia	EM1
		Ingreso por familiar	EM2

**Formulación matemática de la propuesta:**

La expresión matemática que representa el Índice de Sustentabilidad en VIS (ISVIS) de la ciudad de San Carlos, es la siguiente:

$$ISVIS = 0,0217 \times AG1 + 0,0193 \times AG2 + 0,017 \times AG3 + 0,0191 \times AG4 + 0,0335 \times DB1 + 0,0803 \times EI1 + 0,02 \times EI2 + 0,0182 \times EI3 + 0,0166 \times EI4 + 0,0437 \times EI5 + 0,0306 \times EN1 + 0,0076 \times EN2 + 0,0069 \times EN3 + 0,0063 \times EN4 + 0,0167 \times EN5 + 0,0091 \times LT1 + 0,0264 \times LT2$$

$$+ 0,01 \times MR1 + 0,0262 \times MR2 + 0,0056 \times RS1 + 0,0128 \times RS2 + 0,005 \times RS3 + 0,0114 \times RS4 + 0,0111 \times EV1 + 0,0111 \times EV2 + 0,0192 \times AC1 + 0,0152 \times AC2 + 0,0121 \times AC3 + 0,0094 \times CC1 + 0,0224 \times CC2 + 0,0129 \times CC3 + 0,0317 \times CE1 + 0,0089 \times CE2 + 0,0051 \times ED1 + 0,0138 \times ED2 + 0,0078 \times ED3 + 0,0099 \times SE1 + 0,0122 \times SE2 + 0,0376 \times SE3 + 0,0324 \times SE4 + 0,0069 \times SE5 + 0,0093 \times SP1 + 0,0293 \times SP2 + 0,0132 \times SP3 + 0,0291 \times SP4 + 0,0069 \times SP5 + 0,0177 \times SP6 + 0,0535 \times CO1 + 0,0337 \times CO2 + 0,0245 \times EM1 + 0,0388 \times EM2.$$

En cuanto a la determinación de la sustentabilidad, la puntuación va desde un mínimo de un punto y un máximo de 5, se estableció un puntaje de por lo menos 4 puntos para ser considerada una vivienda sustentable, lo que implica alcanzar por lo menos el 75% del puntaje total, rango similar a los 73% para las certificación LEED (USGBC, 2013), ligeramente inferior a los 80% de la certificación VERDE (GBCe, 2016) y los 85% de BREEAM (2016).

### Aplicación de la metodología desarrollada y evaluación de su funcionamiento en VIS

Se aplicó la metodología propuesta para la evaluación de la sustentabilidad en VIS ubicadas en San Carlos: el Nuevo Espacio Comunitario (NEC) El Rodeo, el NEC de La Herrereña (tetracasas) y las viviendas aisladas en la Villa Cubana. En la tabla 2, se muestran los resultados de la evaluación.

**Tabla 2.** Porcentaje del puntaje obtenido para cada

Dimensión	Criterio	% de puntos por criterio		
		El Rodeo	La Herrereña	Villa Cubana
EC	AG	22,1	46,8	46,8
	DB	0,0	0,0	0,0
	EI	72,4	57,9	36,2
	EN	58,2	29,9	27,3
	LT	31,4	18,6	44,3
	MR	0,0	0,0	0,0
	RS	14,3	14,3	14,3
	EV	0,0	0,0	0,0

*criterio.* Elaboración Propia.

Se observa que ninguna de las viviendas presenta un ISVIS mayor o igual a 4, valor mínimo para ser considerada sustentable, lo que a todas luces evidencia lo insustentable de las VIS de la ciudad de

San Carlos. La de mayor ISVIS fue una de las viviendas del NEC El Rodeo, con un 3,01; correspondiente a tan solo el 50,26% del puntaje de la evaluación.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los indicadores seleccionados por los expertos son pertinentes para las condiciones ecológicas, sociales y económicas de la vivienda de interés social construidas en la ciudad de San Carlos, ya que involucró a los expertos en sustentabilidad, académicos y los técnicos que conocen de cerca la problemática planteada.

Los resultados de la evaluación de sustentabilidad en tres VIS con valores entre 2,58 y 3,01; alejado de los 4 puntos mínimos para ser considerada sustentable. Siendo los criterios más desfavorables, para la dimensión ecológica: diseño bioclimático (DB), materiales y recursos (MR) y espacios verdes (EV); mientras que para la dimensión social están:

Dimensión	Criterio	% de puntos por criterio		
		El Rodeo	La Herrereña	Villa Cubana
SC	AC	13,0	13,0	23,3
	CC	44,8	37,5	19,7
	CE	89,0	100,0	80,5
	ED	51,6	51,6	51,6
	SE	67,4	73,6	59,7
	SP	25,1	26,3	22,8
	CO	100,0	100,0	69,3
EN	EM	69,3	59,7	69,3
<b>ISVIS</b>		<b>3,01</b>	<b>2,90</b>	<b>2,58</b>

accesibilidad (AC) y servicios públicos (SP). Se debe hacer un esfuerzo para mejorar la puntuación de los indicadores asociados a estos criterios y en general a todos aquellos con puntuación inferior a 4 puntos (< 75%).

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Aczel, J. & Saaty, T. (1983). Procedures for synthesizing ratio judgments. *J. Math. Psychol.* 27: 93–102.
- Cheng, E. & Li, H. (2002). Construction partnering process and associated critical success factors: quantitative investigation. *Journal of Management in Engineering*, 18: 194–202.
- Darko, A.; Chuen, A. & Kingsford. E. (2017). What are the green technologies for sustainable housing development? An empirical study in Ghana. *WILEY. Business Strategy and Development*, 1(2): 1–14.
- Fastofski, C., González, A., & Kern, P. (2017). Sustainability analysis of housing developments through the Brazilian environmental rating system Selo Casa Azul. *Habitat International*, 67: 44–53.
- Green Building Council-España [GBCe]. (2016). VERDE NE. Vivienda unifamiliar. Guía del Evaluador Acreditado. Nueva edificación. Vivienda unifamiliar. España. 154 pp.
- Hernández S., R.; Fernández C., C & Baptista L., M. (2010). Metodología de la Investigación. McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V. México. 656 pp.
- Instituto Nacional de Estadísticas [INE]. (2011). [Consulta: junio 14, 2018]. Estado Cojedes. Hogares pobres por tipo de necesidad básica insatisfecha según municipios, censo (2011). [Recuperado de <http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/xls/pobrezavariable/cojedes.xls>
- Jain, D. y Tiwari, G. (2017). Sustainable mobility indicators for Indian cities: Selection methodology and application. *Ecological Indicators*, 79: 310–322.
- Mason, M. (2010). Sample Size and Saturation in PhD Studies Using Qualitative Interviews [63 paragraphs]. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, 11(3): 1-19.
- Naciones Unidas [UN]. (2016). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile. Chile. 50 pp.
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A. & Tarantola, S. (2005). [Consulta: mayo 22, 2018]. Tools for Composite Indicators Building. European Commission, EUR 21682 EN. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/6256597.pdf>
- Nunnally, J. (1978). Psychometric theory. New York: McGraw Hill. 701 pp.
- Organisation for Economic Co-operation and Development & Joint Research Centre [OECD y JR]. (2008). [Consulta: Noviembre 22, 2018]. Handbook on constructing composite indicators - methodology and user guide. Recuperado de <https://www.oecd.org/sdd/42495745.pdf>
- Saaty, T. (1994). Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process. Pittsburgh: RWS Publications. 478 pp.
- United Nations [UN]. (2018). [Consulta: Agosto 15, 2018]. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2018) Revision of World Urbanization Prospects. Recuperado de <https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>
- United State Green Building Council [USGBC]. (2013). LEED V4. Para HOMES: Diseño y Construcción. Consejo de Construcción Verde de España. 103 pp.
- Universidad Veracruzana. (2013). Lineamientos de sustentabilidad para las edificaciones de la Universidad Veracruzana. CoSustentaUV. Veracruz, México., 16 pp.
- World Green Building Council. [WorldGBC]. (2017). [Consulta: Julio 22, 2018]. About Green Building. What is Green Building? Recuperado de [www.worldgbc.org/what-green-building](http://www.worldgbc.org/what-green-building)