

## **ANÁLISIS EPDA EN VIVIENDAS DE BAJA DENSIDAD CONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE CONCEPCIÓN EN EL PERIODO 2018 A 2019**

**David Elsinger<sup>1,2</sup>, Beatriz S. Garzón<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán (FAU-UNT)

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

**RESUMEN:** El presente trabajo tiene por objetivo analizar las estrategias pasivas de diseño arquitectónico (EPDA) utilizadas en una muestra de 23 viviendas de baja densidad de producción privada extraída de la ciudad de Concepción, Tucumán, Argentina. Las viviendas responden a los expedientes municipales de obra privada aprobados por el municipio de la ciudad. El análisis EPDA, establecido en la Modificación N°1 norma IRAM 11900, es una valoración del diseño de la vivienda frente a las condiciones climáticas de cada región. Se lleva a cabo en este trabajo por medio del calculador C-EBioDA que permite obtener para cada vivienda un porcentaje de aplicación de las EPDA. Los resultados abarcan las similitudes, tanto de los recursos arquitectónicos-constructivos (RAC) como de las estrategias de diseño utilizadas en las 23 viviendas, y las diferencias de las valoraciones EPDA.

**Palabras clave:** arquitectura sustentable, arquitectura bioclimática, práctica constructiva

### **INTRODUCCIÓN**

A partir de la crisis energética la arquitectura bioclimática se posiciona como una de las herramientas con la cual trabajar desde el sector edilicio (Castaño Duque y Osorio Valencia, 2013). El conocimiento de estrategias pasivas de diseño arquitectónico, tanto para el saneamiento de edificios existentes como para nuevos proyectos, permite un uso efectivo y necesario de las mismas, las cuales posicionan al sector edilicio dentro del cambio de paradigma ambiental en reducción de emisiones a la atmósfera (Arballo, et al, 2022).

Las estrategias pasivas de diseño arquitectónico (EPDA) se enuncian en la Modificación N°1 a la norma IRAM 11900 (2019) y se definen como: “Características del diseño arquitectónico y de los elementos constructivos que adecuan el edificio a las condiciones climáticas y ambientales, y permiten mejorar la sensación de confort higrotérmico y reducir la demanda de energía convencional” (IRAM, 2019, p. 2). Las estrategias que se evalúan según la norma IRAM son: aislación térmica; inercia térmica; protección solar; ventilación natural; captación solar; humidificación; y entorno. A partir de la evaluación se realiza una ponderación de dichas estrategias que depende del clima donde se emplaza el edificio en estudio.

El presente trabajo forma parte de los avances realizados en el proyecto de Tesis del primer autor, titulado “Eficiencia energética y confort térmico en viviendas de producción actual en la ciudad de Concepción-Tucumán: problemas recurrentes y posibles soluciones” inscripto en el Doctorado de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán (FAU-UNT). El objetivo de esta investigación es analizar las EPDA utilizadas en viviendas de baja densidad y de producción privada que se construyen en la actualidad en la ciudad de Concepción, Tucumán. Para cumplir con tal objetivo se analizan todas las viviendas del periodo 2018 y 2019 con permiso de construcción otorgado por el municipio en donde se emplazan.

## METODOLOGÍA

Para realizar esta investigación se utiliza una metodología cuantitativa separada en dos etapas: la conformación de una muestra de viviendas y el análisis EPDA de la muestra llevado a cabo por el calculador C-EBioDA (Fernández y Garzón, 2019).

### *Primera etapa*

Se toma como muestra los expedientes municipales de la Dirección de Planeamiento Urbano de la ciudad de Concepción. Los mismos abarcan las siguientes clases de obra: “obra nueva”, “ampliación”, “conforme a obra” y todas sus combinaciones posibles, correspondientes a los años 2018 y 2019. En todos los casos, sólo se tienen en cuenta los expedientes con destino de: vivienda unifamiliar, vivienda colectiva de baja densidad y combinaciones de vivienda unifamiliar, por ejemplo, una vivienda con un local comercial. El corte temporal realizado inicia en el año 2016 debido a la puesta en vigencia de una nueva política de inspección municipal y culmina en el último año completo al cual se tiene acceso en el proyecto de tesis mencionado.

En este trabajo, se presentan los avances de los periodos 2018 y 2019. A partir de la sistematización de los expedientes municipales, se conforma un corte de la muestra correspondiente a las carpetas de “obra nueva” y las carpetas de “conforme a obra” recategorizadas a “obra nueva” (obras construidas recientemente, pero presentadas en el municipio como una obra construida), compuesto por las 23 viviendas analizadas en este trabajo. A partir de la información disponible (información catastral, planos de arquitectura, planos de estructura y memorias descriptivas) se analizan en las viviendas las siguientes variables: orientación del terreno (ORI); superficie del terreno (m<sup>2</sup>) y clasificación en grupos; superficie de la vivienda (m<sup>2</sup>) y clasificación en grupos; cantidad de niveles/plantas en los que se desarrolla la vivienda (N); tipo de techo (liviano, mixto o pesado); tipo de cerramiento vertical exterior (CVE liviano o pesado) y espesor del CVE (cm).

### *Segunda etapa*

Se implementa el cálculo EPDA en las 23 viviendas en análisis a través del calculador C-EBioDA. El cálculo permite identificar una serie de parámetros característicos denominados recursos arquitectónico-constructivos (RAC) entre los que se identifican: la aislación térmica, la inercia térmica, la protección solar, la ventilación natural, la captación solar, la humidificación y el entorno. Se considera que los RAC reducen la demanda de energía y optimizan el confort higrotérmico por medio del acondicionamiento natural de la edificación en los periodos de verano e invierno. Cada RAC reviste una relevancia diferente en función de la caracterización climática de la zona analizada y la interacción entre los diferentes parámetros.

Los RAC considerados son: aislación térmica del techo, aislación térmica de muros exteriores, aislación térmica de ventanas, aislación térmica del piso, inercia térmica del techo, inercia térmica de muros exteriores, inercia térmica del piso, color externo del techo, color externo de muros, sombreado de ventanas, sistemas solares pasivos directos, sistemas solares pasivos indirectos, altura piso-techo, contacto con otras viviendas, obstáculos exteriores, sol verano, forma compacta, proporción de ventana en muros, ventilación cruzada, ventilación selectiva, suelo exterior vegetación, obstáculos contra viento, superficie ventana en techo y nivel de hermeticidad.

El Grupo Hábitat Sustentable y Saludable (GHabSS) de la FAU-UNT crea el calculador C-EBioDA (Fernández y Garzón, 2019), para simplificar y sistematizar la obtención de la ponderación EPDA. Este lleva a cabo una sistematización, a través de una planilla de cálculo, de todas las variables cualitativas con sus correspondientes valores que inciden en la ponderación EPDA. Para su ejecución, las únicas variables a seleccionar son las calidades de los elementos constructivos para cada RAC. Gracias a este proceso se obtiene como resultado el puntaje de dicho recurso. Las ventajas de su uso son la simplificación del proceso de cálculo y la reducción de posibles errores por la cantidad de valores numéricos involucrados. A través del calculador, también se calcula la incidencia porcentual de cada estrategia pasiva, para obtener una visualización rápida de las mismas.

## ANÁLISIS

### Primera etapa

A partir del relevamiento de los expedientes municipales, se sintetiza la información extraída de la documentación técnica en la Tabla 1. Para tal motivo se asigna un código a cada uno de los expedientes analizados para su identificación.

Tabla 1: Variables analizadas en las 23 viviendas. Fuente: elaboración propia.

N°	CÓDIGO	TERRENO			VIVIENDA			ENVOLVENTE			EPDA
		ORI	Superficie (m <sup>2</sup> )		Superficie (m <sup>2</sup> )		N	Techo tipo	CVE tipo	CVE Esp.	
1	2019 B 02	N	300,3	300 a 399	227,1	200 a 249	2	Liviano	Pesado	20 cm	32,41
2	2019 C 08	N	300,0	300 a 399	176,1	150 a 199	1	Liviano	Pesado	15 cm	28,76
3	2019 D 03	O	524,4	400 o más	98,9	50 a 99	1	Liviano	Pesado	20 cm	14,89
4	2019 D 04	S	103,0	100 a 199	182,8	150 a 199	2	Liviano	Pesado	20 cm	12,79
5	2019 M 04	N	250,0	200 a 299	199,5	150 a 199	2	Liviano	Pesado	15 cm	19,85
6	2019 R 01	S	360,0	300 a 399	82,0	50 a 99	1	Liviano	Pesado	15 cm	21,41
7	2019 R 04	E	226,2	200 a 299	136,6	100 a 149	1	Liviano	Pesado	15 cm	18,48
8	2019 V 03	N	856,6	400 o más	385,5	300 o más	2	Liviano	Pesado	20 cm	23,17
9	2019 W 01	O	260,0	200 a 299	38,0	0 a 49	1	Liviano	Pesado	15 cm	17,53
10	2019 Z 01	O	500,0	400 o más	82,2	50 a 99	1	Liviano	Pesado	15 cm	14,76
11	2018 B 01	S	315,7	300 a 399	402,8	300 o más	2	Liviano	Pesado	≥30 cm	39,05
12	2018 F 01	N	300,0	300 a 399	174,0	150 a 199	2	Liviano	Pesado	20 cm	23,01
13	2018 G 05	NO	269,7	200 a 299	253,0	250 a 299	2	Liviano	Pesado	≥30 cm	24,22
14	2018 G 07	N	300,3	300 a 399	181,9	150 a 199	1	Liviano	Pesado	20 cm	23,34
15	2018 L 01	N	295,0	200 a 299	80,0	50 a 99	1	Mixto	Pesado	15 cm	14,08
16	2018 M 02	E	300,0	300 a 399	319,1	200 a 249	2	Liviano	Pesado	20 cm	18,14
17	2018 M 11	N	160,0	100 a 199	60,0	50 a 99	1	Liviano	Pesado	15 cm	11,84
18	2018 N 01	N	300,9	300 a 399	231,3	200 a 249	2	Liviano	Pesado	15 cm	13,72
19	2018 P 04	E	308,0	300 a 399	164,2	150 a 199	1	Liviano	Pesado	20 cm	16,92
20	2018 S 05	N	300,3	300 a 399	188,3	150 a 199	1	Liviano	Pesado	20 cm	19,11
21	2018 S 06	O	301,7	300 a 399	79,0	50 a 99	1	Mixto	Pesado	20 cm	13,62
22	2018 U 01	S	250,0	200 a 299	162,5	150 a 199	1	Liviano	Pesado	15 cm	19,07
23	2018 V 01	S	340,5	300 a 399	338,8	300 o más	2	Mixto	Pesado	≥30 cm	23,29

Los resultados alcanzados en la primera etapa incluyen:

- Orientación del terreno (ORI): el 43,5 % de los terrenos poseen frente norte (10 casos); el 13 % frente este (3 casos); el 21,7 % frente sur (5 casos); el 17,4 % frente oeste (4 casos); y el 4,3 % frente noroeste (1 caso).
- Superficie del terreno (m<sup>2</sup>): el 8,7 % de los terrenos pertenece al grupo de 100 a 199 m<sup>2</sup> (2 casos); el 26,1 % al grupo de los 200 a 299 m<sup>2</sup> (6 casos); el 52,2 % al grupo de los 300 a 399 m<sup>2</sup> (12 casos); y el 13,0 % al grupo de 400 m<sup>2</sup> o más (3 casos).
- Superficie de la vivienda (m<sup>2</sup>): el 4,3 % de las viviendas pertenece al grupo de 0 a 49 m<sup>2</sup> (1 caso); el 26,1 % al grupo de los 50 a 99 m<sup>2</sup> (6 casos); el 4,3 % al grupo de los 100 a 149 m<sup>2</sup> (1 caso); el 34,8 % al grupo de los 150 a 199 m<sup>2</sup> (8 casos); el 13,0 % al grupo de 200 a 249 m<sup>2</sup> (3 casos); el 4,3 % al grupo de los 250 a 299 m<sup>2</sup> (1 caso); el 13,0 % al grupo de los 300 m<sup>2</sup> o más (3 casos).

- Niveles de la vivienda (cantidad): el 56,5 % de las viviendas corresponden a construcciones desarrolladas en planta baja (13 casos); el 43,5 % corresponden a construcciones desarrolladas en dos niveles, planta baja más planta alta (10 casos).
- Tipo de techo (liviano, mixto o pesado): el 91,3 % de la muestra clasifica como techo liviano (21 casos); solo 2 casos clasifican como techo mixto. A los fines del análisis EPDA, se consideran estos últimos dos como techos livianos, debido a que los techos pesados pertenecen en un caso a un garaje abierto y en el segundo caso a una servidumbre de paso con un bajo porcentaje de incidencia en la superficie total.
- Tipo de cerramiento vertical exterior (CVE liviano o pesado): la totalidad de la muestra clasifica como CVE pesado.
- Espesor del CVE (cm): el 43,5 % de los CVE revisten un espesor de 15 cm (10 casos); el 45,5 % un espesor de 20 cm (10 casos); el 13 % un espesor  $\geq 30$  cm (3 casos).

En términos generales, con relación a las características constructivas, la muestra analizada es heterogénea tanto en orientación y superficie de los terrenos como en cantidad de niveles y superficie de las viviendas. Por otro lado, es homogénea en cuanto a los tipos de techos (livianos en su totalidad) y de cerramientos verticales exteriores (mampuestos cerámicos macizos o huecos entre 15 y 30 cm). Con relación a las EPDA, los valores van desde un piso de 11,84 % a un techo de 39,05 %. El 30,4 % de la muestra clasifica en el grupo con menor desempeño (EPDA 0 a 14 %); el 60,9 % clasifica en el grupo con desempeño medio (EPDA 15 a 29 %); y solo el 8,7 % accede al grupo con mayor desempeño (EPDA 30 a 45 %).

### ***Segunda etapa***

Para definir los RAC se tiene en cuenta la planimetría de las viviendas, su memoria descriptiva e imágenes satelitales obtenidas en línea. Para considerar la aislación térmica de muros, en todos los casos se especificaba la técnica constructiva, para todos ellos mampostería de cerámica maciza o hueca. En el caso de los techos, no en todos los casos se especificaba la presencia de un aislante, por lo que se toma un valor "menos que C" para todos aquellos casos sin especificaciones. Para los vidrios, se tomó el coeficiente K mayor a 5 (vidrio común) en los casos en que no se especifica la materialización de estos, debido a que es la solución constructiva de mayor uso en la zona. En cuanto al color exterior de la envolvente, se buscaron imágenes satelitales y peatonales para identificar los tonos, cuando no fue posible, se selecciona la opción de "color mediano".

Para el resto de los RAC, la información brindada por la planimetría resultó suficiente. Altura, compacidad y proporción de ventanas en muros y techos se determinaron gracias a las acotaciones de los planos. Para la ventilación cruzada, se consideraron las ventanas enfrentadas dentro de un mismo local, los obstáculos al sol se observaron en la planimetría considerando las orientaciones. En cuanto a la hermeticidad, para todos los casos se tomó la opción "malo", ya que las carpinterías de aluminio de prestaciones deficientes son muy comunes en el medio y en ningún caso se contaba con alguna especificación a cerca de la calidad de estas.

La Fig. 1 presenta los valores EPDA obtenidos para los 23 casos estudiados. El valor más bajo de 11,84 % (barra color rojo) es obtenido por el expediente 2018\_M\_11. El valor más alto de 39,05 % (barra color verde) es obtenido por el expediente 2018\_B\_01. El resto de la muestra se concentra en valores que van desde 15 a 29 %, con un total de 14 casos para este rango.

El caso con menor porcentaje EPDA es el 2018\_M\_11. Consiste en una vivienda ubicada en un terreno entre medianeras con orientación norte-sur, la misma se emplaza adosada a la medianera oeste. Cuenta con una superficie construida entre 50 y 99 m<sup>2</sup>. Los recursos arquitectónicos-constructivos considerados para su evaluación fueron determinantes. En cuanto a la aislación térmica, resulta crítica ya que en techo y muros es menor que C; en ventanas el k mayor que 5, por lo que se obtuvo el puntaje más bajo en este ítem. La inercia térmica de la envolvente es muy baja, se considera techo liviano y muros medianos. Otros RAC críticos son los referidos a la protección solar, ya que la vivienda no cuenta con ninguna estrategia para ello, por lo que en este ítem la puntuación es la más baja posible. Tampoco cuenta con posibilidad de calefacción solar pasiva directa o indirecta. En cuanto a la ventilación natural, no presenta ningún tipo y su entorno es 100 % pavimentado.

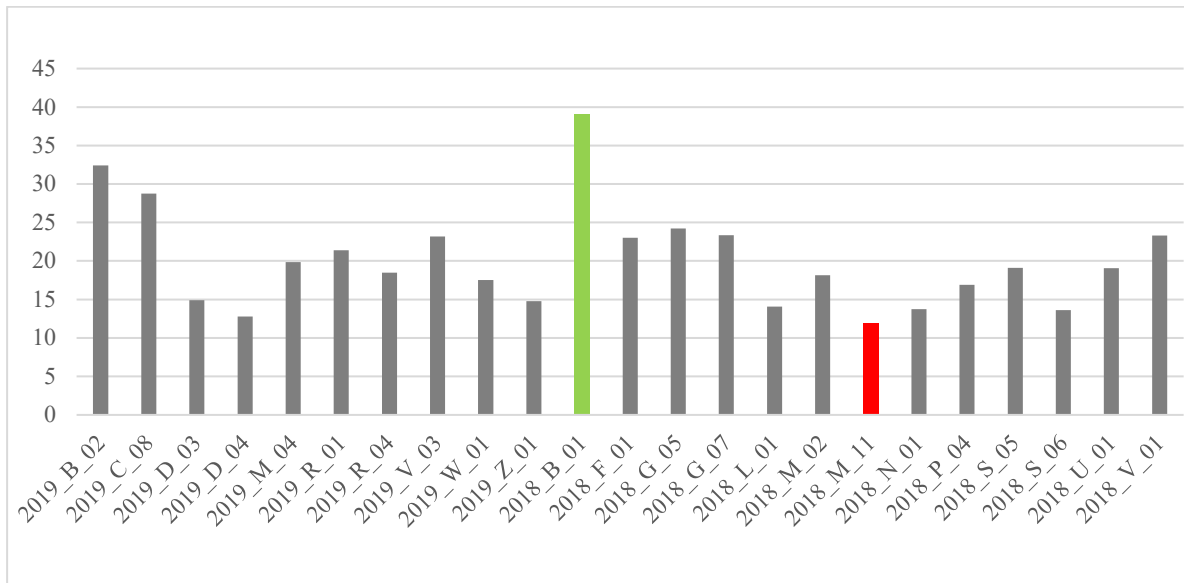


Figura 1: Porcentajes EPDA para las 23 viviendas analizadas. Fuente: elaboración propia.

Por su parte, el caso con mayor porcentaje EPDA es el 2018\_B\_01, 39,5 %. Se trata de una vivienda ubicada en un terreno entre medianeras, frente sur. Para este caso los RAC referidos a propiedades de los materiales de la envolvente tienen mejores prestaciones que en el resto de los casos. Tanto muros como techo alcanzan el nivel C de confort higrotérmico, las ventanas presentan un k entre 3,5 y 5; además, los muros exteriores son pesados, lo que le otorga mayor puntaje por inercia térmica. Las ventanas cuentan con protección solar, por lo que se considera para el RAC en sombreado de ventanas una protección del 90 %. Otros RAC en los que se obtiene buen puntaje son los colores de las superficies exteriores, en todos los casos claros. Permite un mínimo de ventilación cruzada, 25%. Por último, otro RAC en el que cuenta con un puntaje superior en relación con el resto de las viviendas es la hermeticidad de carpinterías (obtiene calificación “regular”), ya que en la memoria técnica especifican el uso de burletes para las mismas.

La Fig. 2 expone los porcentajes RAC para las 23 viviendas. En cuanto a la ponderación para cada estrategia pasiva de diseño arquitectónico, resulta muy relevante la baja aislación térmica en todos los casos, el 90 % de los casos se encuentra por debajo de un 20 %. Para el caso de la protección solar, los resultados resultan muy variados, en algunos casos dicha estrategia supera en verano el 60 %, cabe aclarar que esto se debe a obstrucciones solares fortuitas y no a diseños pensados en busca de protección solar. El entorno, resulta favorable para la mayoría, 68 %, esto se debe a la baja densidad del municipio, sin embargo, el 32 % de los casos, tiene un entorno inferior al 40 % del uso de esta estrategia. Sobre la ventilación natural, estrategia altamente relevante en zonas cálidas, en la totalidad de los casos se encuentra por debajo del 30 %, llegando a ser nula en algunas situaciones.

## DISCUSIONES

Debido a limitaciones en la normativa, no es posible realizar la ponderación EPDA con datos climáticos de la localidad donde se ubica la ciudad de Concepción, por lo que se usan los valores asignados para San Miguel de Tucumán. Esta situación resulta factible, ya que tanto San Miguel de Tucumán como Concepción pertenecen a la zona bioclimática II, cálida, según IRAM 11603, que revisten idénticas estrategias de diseño a considerar.

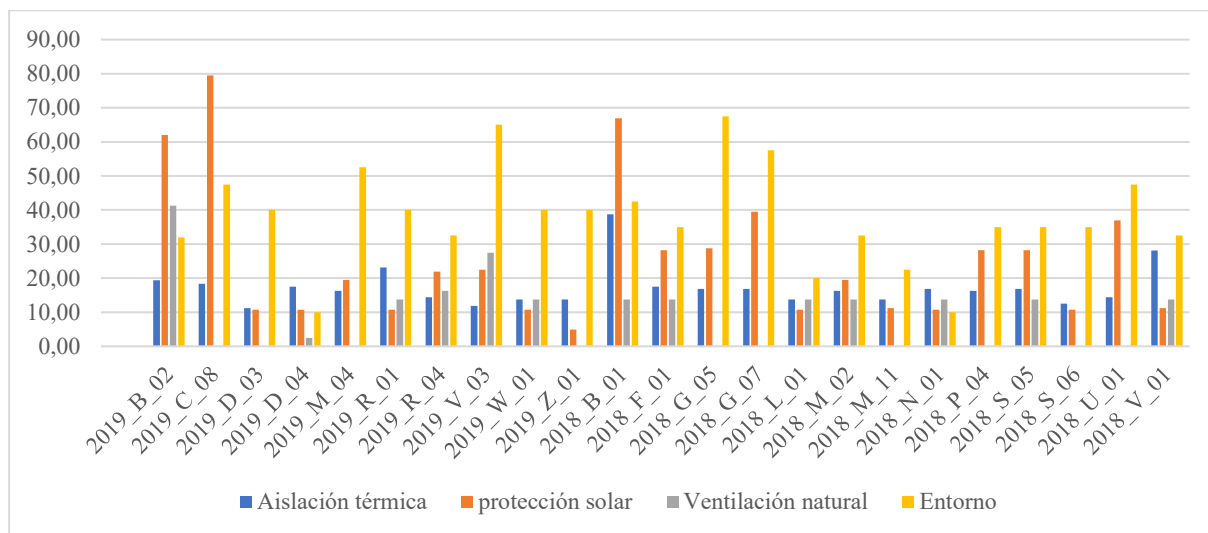


Figura 2: Porcentajes RAC para las 23 viviendas analizadas. Fuente: elaboración propia

## CONCLUSIONES

El presente trabajo realiza una aproximación al análisis de las EPDA en la producción actual de viviendas de baja densidad en la ciudad de Concepción, Tucumán. Sobre las 23 viviendas estudiadas, correspondientes a los permisos de construcción emitidos por el Municipio en los años 2018 y 2019, se obtienen datos cuanti-cualitativos sobre las características constructivas y los valores EPDA.

Los resultados obtenidos permiten determinar, por un lado, que la práctica constructiva en la ciudad de Concepción reproduce un modelo de vivienda de baja densidad que, dejando de lado el tamaño del terreno y la superficie proyectada de la vivienda, se constituye por techos livianos con cubiertas de chapas y paredes de mamposterías de ladrillos macizos o huecos. Por otro lado, este trabajo permite inferir a partir de los bajos porcentajes alcanzados del análisis EPDA (91,3 % de la muestra por debajo del 29,0 %), que los proyectos de arquitectura analizados no incluyen estrategias pasivas en su elaboración. Asimismo, que las pocas estrategias pasivas identificadas en los proyectos son el resultado fortuito de la organización funcional de los locales, o en su defecto, se presentan como estrategias que, aunque hayan sido planteadas, no alcanzan altos porcentajes de funcionamiento (como la identificación de ventilación cruzada en solo uno de tres ambientes de una vivienda).

Tomando como punto de partida una práctica constructiva local que produce un modelo de vivienda de baja densidad que carecería de EPDA en su fase de proyecto, el presente trabajo se permite preguntar ¿cuáles son los motivos de la falta de incorporación de EPDA en el proceso de diseño?; ¿cuáles son los actores clave de la práctica constructiva que tienen mayor incidencia en el posible uso de las EPDA?; y finalmente, ¿qué resultados arquitectónicos se pueden obtener ante la incorporación de EPDA en la práctica constructiva local?

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dirección de Desarrollo Urbano de la Municipalidad de Concepción.

## REFERENCIAS

Arballo, B. D., Kuchen, E. y Chuk, D. (2022). Optimización multiobjetivo de la eficiencia energética y el confort térmico en edificios de oficina públicos. Periodo crítico de verano en la ciudad de San Juan, Argentina. *Hábitat Sustentable*, 12(1), 102–113. <https://doi.org/10.22320/07190700.2022.12.01.07>

- Castaño Duque, S. y Osorio Valencia, J. J. (2013). Sobre la arquitectura bioclimática en el marco de la sustentabilidad. *Arquetipo*, 7, 103-114.
- Fernández, A. y Garzón, B. (2019). C-EBioDA: Calculador de Estrategias Bioclimáticas de Diseño Arquitectónico, según NORMA IRAM 11900. Obra inédita no musical inscrita en Dirección Nacional de Derechos del Autor (DNDA), expediente: EX-2019-89171618- -APN-DNDA#MJ. Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), octubre de 2019.
- IRAM 11603 - Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2012). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Tercera edición.
- IRAM 11900 - Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2017). Prestaciones energéticas en viviendas, Método de cálculo. Segunda edición.
- IRAM 11900 - Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2019). Modificación N°1 a la Norma IRAM 11900:2017-12.
- Kuchen, E. y Kozak, D. (2020). Transición energética argentina. El nuevo estándar de eficiencia energética en la evaluación de la vivienda social. Caso de estudio: Vivienda de Barrio Papa Francisco. *Hábitat Sustentable*, 10(1), 44-55. <https://doi.org/10.22320/07190700.2020.10.01.04>
- Maristany, A. (2020). Ambiente, tecnología y diseño sustentable. Las preexistencias ambientales y su impacto en la calidad de vida, el confort y la eficiencia energética. 1a edición compendiada. Córdoba. Editorial de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba.

## **EPDA ANALYSIS IN LOW DENSITY HOUSES BUILT IN THE CITY OF CONCEPCIÓN IN THE PERIOD 2018 TO 2019**

**ABSTRACT:** The objective of this paper is to analyze the passive strategies of architectural design (EPDA) used in a sample of 23 low-density houses of private production extracted from the city of Concepción, Tucumán, Argentina. The houses respond to the municipal records of private works approved by the city council. The EPDA analysis, established in Modification No. 1 of the IRAM 11900 standard, is a valuation of the housing design against the climatic conditions of each region. The EPDA ponderation, is carried out by the C-EBioDA calculator that allows to obtain a percentage of application of EPDA. The results cover the similarities, both in the architectural-construction resources (RAC) and in the design strategies used in the 23 dwellings, and the differences in the EPDA evaluations.

**Keywords:** sustainable architecture, bioclimatic architecture, building practice.