Paper

Estrategias de diseño bioclimático aplicadas a construcciones en zonas cálidas de la Provincia de Salta. Caso de estudio: edificio de viviendas y servicios para la ciudad de Orán

Avalos Ambroggio, Ana Sofía; Miguel, Sebastián Alfredo

sofia.avalos@unc.edu.ar; sebastianmiguel.sm@gmail.com

Universidad Católica de Salta. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Instituto de Sustentabilidad Energética y Diseño Bioambiental. Salta, Argentina.

Línea temática 2. Escalas, proyectos y propuestas.

Palabras clave

Diseño, Bioclimático, Clima cálido, Confort, Eficiencia.

Resumen

El presente trabajo orbita sobre la producción arquitectónica de edificios de vivienda y de servicios de baja escala desarrollados en zonas cálidas de la provincia de Salta con materiales y tecnologías que consideren la circularidad y el diseño bioclimático. Las preguntas de investigación que se proponen están referidas a la búsqueda de la eficiencia energética y a garantizar las condiciones de confort de los usuarios a través de estrategias de iluminación natural, aislación eficiente de las envolventes y el uso de materiales locales como la madera y otros productos reciclados. Por otra parte, surge el interrogante: de qué manera el diseño arquitectónico permite adecuar los proyectos al contexto climático y socio-cultural. Asimismo, indagar sobre dispositivos y resoluciones

constructivas integradas a las envolventes de los edificios para garantizar las condiciones de confort. A su vez, cuestionarse de qué manera es posible reducir el impacto ambiental utilizando materiales y técnicas constructivas que incorporen el concepto circular. La metodología propuesta parte de realizar un modelo digital ubicado en la ciudad de Oran, Salta para ser evaluado con los softwares especializados Climate Consultante 6 y Open Studio. Se utilizan datos estadísticos meteorológicos para definir las estrategias de diseño bioclimático más relevantes a considerar. Se formulan las decisiones proyectuales para adecuar el modelo a las condiciones climáticas y necesidades de confort. Se realizan simulaciones del comportamiento térmico del modelo. Los resultados demuestran que es posible lograr estándares de eficiencia energética y de confort del modelo de acuerdo a normativas vigentes para construcciones ubicadas en zonas cálidas de la Argentina utilizando materiales que admiten cierto grado de circularidad.

Introducción

La arquitectura bioclimática es aquella que busca optimizar la relación entre el “bios”, es decir, el ser humano que la habita, y el “clima” o las condiciones ambientales del contexto en que esta se inserta (Serra y Coch, 1994). Esto no siempre ocurre en la práctica proyectual, por lo tanto, cuando el diseño arquitectónico no es capaz de garantizar el acondicionamiento del ambiente térmico interior por medios pasivos, los edificios construidos necesitan utilizar medios mecánicos, muchas veces generando grandes consumos adicionales de energía (González Courtet, 2014).

En este contexto surgen interrogantes acerca de la manera en que el diseño arquitectónico permite adecuar los proyectos al contexto climático y socio-cultural, incorporando estrategias de diseño pasivas orientadas a reducir el consumo de energía. Además, el cuestionamiento sobre cómo es posible reducir el impacto ambiental de los edificios proyectados utilizando materiales y técnicas constructivas que incorporen el concepto de economía circular y que, a la vez, el edificio proyectado mantenga niveles de desempeño térmico dentro de estándares reglamentarios.

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación financiado por el Consejo de Investigaciones UCASAL llamado “Estrategias de diseño bioclimático aplicadas a edificios de viviendas y de servicios para zonas frías y cálidas de la Provincia de Salta”. El presente artículo analiza requerimientos de confort térmico de un proyecto de usos mixtos en la localidad de San Ramón de la Nueva Orán, Salta.

La problemática abordada se relaciona con el diseño arquitectónico y la implementación de estrategias pasivas en climas cálido-húmedo, ya que la mayor parte del tiempo las condiciones climáticas son de disconfort térmico. En este contexto surge la necesidad de pensar cómo adecuar los proyectos arquitectónicos al contexto climático y socio-cultural local, no solo incorporando estrategias de diseño bioclimáticas sino realizando verificaciones del funcionamiento de las mismas.

Existen numerosos trabajos orientados a tratar problemáticas con las que se encuentra la implementación de sistemas de climatización pasiva para proyectos habitacionales ubicados en zonas climáticas cálido-húmedas (Franco, Guzmán-Hernández, y Roset, 2019; Vicens et al., 2018; Ugarte, 2011). Algunos de ellos se enfocan en demostrar los efectos negativos de la penetración solar a través de la envolvente en este tipo de clima, y los beneficios de la protección solar diseñada de acuerdo con la orientación (González Courtet, 2014).

Materiales y métodos

1-Análisis climático de la localidad de San Ramón de la Nueva Orán

En primer lugar, se realizó un análisis climático de la localidad de San Ramón de la Nueva Orán, consultando diferentes fuentes de información. Datos de temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección de vientos fueron obtenidos de la base de datos climáticos del software Meteonorm 8, los que fueron comparados con datos de la página WeatherSpark. Luego se utilizó el software Climate Consultant 6 para procesamiento de datos climáticos y plateo de estrategias pasivas que fueron tenidas en cuenta en el diseño del edificio.

2-Definición del proyecto y su organización funcional

A partir de un encargo particular para el desarrollo de un proyecto de usos mixtos con un pequeño instituto privado de dos aulas en planta baja y dos viviendas unifamiliares en planta alta. Se procede a diseñar un edificio con tecnología en madera.

3-Caracterización de las envolventes a las condicionantes térmicas

Una vez planteado el sistema constructivo a utilizar, se realizó una caracterización de las envolventes propuestas desde el punto de vista térmico, en régimen estacionario y en régimen transitorio. Se calculó transmitancia térmica (K) y resistencia térmica (R) conforme al procedimiento de cálculo descripto en la Norma IRAM 11601 (2002) para régimen estacionario, verificando los resultados con respecto a valores de niveles admisibles presentados en la Norma 11605 (1996). Luego, se analizaron valores de amortiguamiento o atenuación (fd), desfasamiento o retardo (φ), transmitancia térmica periódica (Yie) y capacidad térmica del lado interno de la envolvente

(K1) de acuerdo al procedimiento descripto en la norma italiana UNI basada en ISO 13786 para régimen transitorio. Los valores admisibles fueron extraídos de la Guía Nacional de certificación de edificios del Ministerio de Medio Ambiente y Protección del Territorio y Mar, Italia (2008) que tiene 5 etiquetas de desempeño de envolventes (mediocre, suficiente, medio, bueno y óptimo).

Se simuló el desempeño térmico del proyecto utilizando el software Open Studio, que utiliza el motor de cálculo Energy Plus. El archivo climático (.epw) de Orán fue extraído del software Meteonorn 8. En el presente trabajo se presentan los primeros resultados obtenidos sobre cómo incide el sistema de protecciones solares planteados en orientaciones este y oeste en las cargas de refrigeración y calefacción.

4-Estimación de demanda de energía para calefacción y refrigeración

Se calculó la cantidad de energía para calefacción y refrigeración (kWh/año) en tres situaciones: con protecciones solares abiertas, con protecciones solares cerradas, y con protecciones solares cerradas incluyendo ventilación nocturna durante el período de cálido (desde septiembre a abril inclusive) en el rango horario de 20:00pm a 7:00am, en los casos en que la temperatura sea más baja que 24°C. De esta manera, se busca analizar la posibilidad de evacuación de calor por ventilación.

Resultados

1-Análisis climático de la localidad de San Ramón de la Nueva Orán

La localidad de San Ramón de la Nueva Orán se encuentra ubicada en el noreste de la provincia de Salta, República Argentina. Es la localidad de cabecera del departamento Orán, y sus coordenadas geográficas son latitud -23-15, longitud: -64.31 y altitud 375m sobre el nivel del mar.

De acuerdo a la zonificación bioclimática de la Argentina (Norma IRAM 11603), Orán se encuentra en la zona IIb (clima cálido-húmedo). Las temperaturas son altas a lo largo de casi todo el año. Presenta veranos muy calurosos, con temperatura, humedad y precipitaciones elevadas. La temperatura media en enero es de 25,9°C, la máxima media de 32,4°C y las máximas absolutas pueden alcanzar los 44,4°C (Mendoza, Castro y Mendoza, 2019). Las medias mensuales se presentan resumidas en la tabla 1 que compara datos obtenidos del software Meteonorm 8 (estación meteorológica Aeródromo) y de la página web WeatherSpark. Se puede observar que en el periodo frio las temperaturas medias no bajan de los 15°C.

Tabla 1: Temperaturas medias mensuales de San Ramón de la Nueva Orán

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Meteonorm 8	27.1	26.2	24.3	21.7	18.4	15.7	14.9	18.2	21.5	25.0	25.7	27.1
WeatherSpark	26.0	25.0	24.0	21.0	18.0	16.0	15.0	18.0	21.0	24.0	25.0	26.0

Fuente: Elaboración propia en base a datos Meteonorm 8 y WheatherSpark

La temporada calurosa dura 5 meses, de octubre a febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 30 °C. El mes más cálido del año en Orán es diciembre, con una temperatura máxima promedio de 32 °C y mínima de 21 °C y una temperatura media de 27°C.

La figura 1 muestra el valor y la distribución de los registros de temperaturas a lo largo del año, y la cantidad de horas con temperaturas dentro de la zona de confort. Se puede ver que del total de horas anuales (8760), el 40% presentan temperaturas de confort térmico (3881 horas). Sin embargo, existe gran cantidad de horas con temperaturas elevadas, sobre todo de octubre a marzo. En diciembre, el 10% de las horas totales del mes registran temperaturas mayores a 35°.

Figura 1: Distribución de registros de temperaturas a lo largo del año y la cantidad de horas con temperaturas dentro de la zona de confort de San Román de la Nueva Orán.

	< 0 °c	0 a 1 °c	1 a 2 °c	2 a 3 °c	3 a 4 °c	4 a 5 °c	5 a 6 °c	6 a 7 °c	7 a 8 °c	8 a 9 °c	9 a 10 °c	10 a 11 °c	11 a 12 °c	12 a 13 °c	13 a 14 °c	14 a 15 °c	15 a 16 °c	16 a 17 °c	17 a 18 °c	18 a 19 °c	19 a 20 °c	20 a 21 °c	21 a 22 °c	22 a 23 °c	23 a 24 °c	24 a 25 °c	25 a 26 °c	26 a 27 °c	27 a 28 °c	28 a 29 °c	29 a 30 °c	30 a 31 °c	31 a 32 °c	32 a 33 °c	33 a 34 °c	34 a 35 °c	>35 °c	% horas confort
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	13	26	25	36	57	56	49	52	57	60	46	44	42	35	39	29	32	38	**42.20%**
FEB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1	2	9	25	37	33	44	65	61	53	56	45	48	36	44	26	27	15	18	18	**48.66%**
MAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	7	10	17	45	36	49	50	60	74	65	69	58	47	39	40	32	21	6	7	5	1	**60.30%**
ABR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	7	16	32	44	48	57	48	67	53	70	51	52	44	34	31	21	11	9	7	6	3	0	0	**61.39%**
MAY	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	24	32	49	51	40	48	61	56	57	42	50	37	35	35	29	27	22	18	8	9	5	1	0	0	0	0	**41.94%**
JUN	0	0	0	2	7	7	13	11	20	18	26	33	49	33	46	38	41	48	45	72	59	39	45	27	12	7	7	7	6	2	0	0	0	0	0	0	0	**37.22%**
JUL	0	2	12	7	7	24	23	19	24	20	28	43	37	42	32	51	36	49	41	40	43	33	27	24	18	17	18	7	6	9	5	0	0	0	0	0	0	**29.57%**
AGO	0	0	0	3	5	6	5	18	21	16	14	17	32	39	32	35	35	44	46	47	42	40	37	37	30	30	22	29	18	16	20	12	7	6	6	9	4	1	**37.23%**
SEP	0	0	0	0	0	0	0	4	2	5	10	13	17	24	21	25	37	34	36	39	32	44	32	40	44	36	37	35	31	33	22	11	11	10	16	6	13	**42.22%**
OCT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	4	13	4	9	17	22	18	37	36	33	40	31	37	50	45	52	41	40	54	33	25	21	18	16	38	**41.70%**
NOV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	11	9	7	17	34	31	32	34	50	45	45	54	58	38	37	38	39	29	21	21	20	40	**45.14%**
DIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	18	19	27	38	42	54	63	74	46	58	41	40	44	30	36	14	18	67	**45.03%**
	0	2	12	12	19	37	41	52	69	61	82	137	175	207	201	230	271	320	349	468	439	476	462	510	521	496	509	450	397	344	311	266	191	172	132	119	216	
	2277 Horas < zona de confort																			3881 Horas Zona de Confort								2598 Horas < zona de confort										

CANTIDAD DE HORAS

<0 | 1 a 10 | 10 a 20 | 20 a 30 | 30 a 40 | 40 a 50 | 50 a 60 | >60

Fuente: Elaboración de los autores.

Las altas temperaturas registradas permiten al aire acumular más vapor de agua, y en consecuencia es mayor la humedad relativa. Se puede ver que el período más húmedo es desde enero a julio, en coincidencia con el período donde las temperaturas son más elevadas.

Estrategias de diseño

ISSN: 2796-7905

La tabla 2 presenta las estrategias pasivas más relevantes para las condiciones climáticas de San Ramón de la Nueva Orán, sugeridas por el software de procesamiento de datos climáticos Climate Consultant 6.

Tabla 2: Resumen de estrategias de diseño-San Ramón de la Nueva Orán

1	**Confort**	**17.0%**
2	Sombreado de Ventanas	27.8%
4	Alta Masa térmica con enfriamiento nocturno	7.3%
8	Ventilación	23.3%
9	Aprovechamiento de Ganancias Internas	16.2%
11	Ganancia Solar directa	10.9%
14	Deshumidificación	27.3%
15	Refrigeración activa	20.1%
16	Calefacción activa	5.5%

Fuente: Elaboración de los autores en base a resultados obtenidos de Climate Consultant 6.

En cuanto al sombreado de ventanas, es importante evaluar la disposición de aleros y parasoles que protejan aberturas de la penetración solar en verano. Además, las protecciones deben ser móviles, puesto que en invierno es necesario cubrir un mínimo requerimiento de aprovechamiento de ganancia solar directa (10,9%)

Con respecto a la ventilación, la norma IRAM 11603 (2011) recomienda “un diseño que permita la ventilación cruzada de la vivienda, dada la influencia benéfica del movimiento sensible del aire, para disminuir la falta de confort higrotérmico” por lo que “se recomienda contemplar la necesidad de aprovechar los vientos dominantes y la creación de zonas de alta y baja presión que aumenten la circulación de aire” (IRAM 11603, 2011, pág. 24).

Finalmente, sobre la necesidad de inercia térmica, Vicens et al. (2018) mencionan que en los climas cálidos húmedos no existen motivos para almacenar el calor del día y reutilizarlo por la noche, porque la noche es también calurosa.

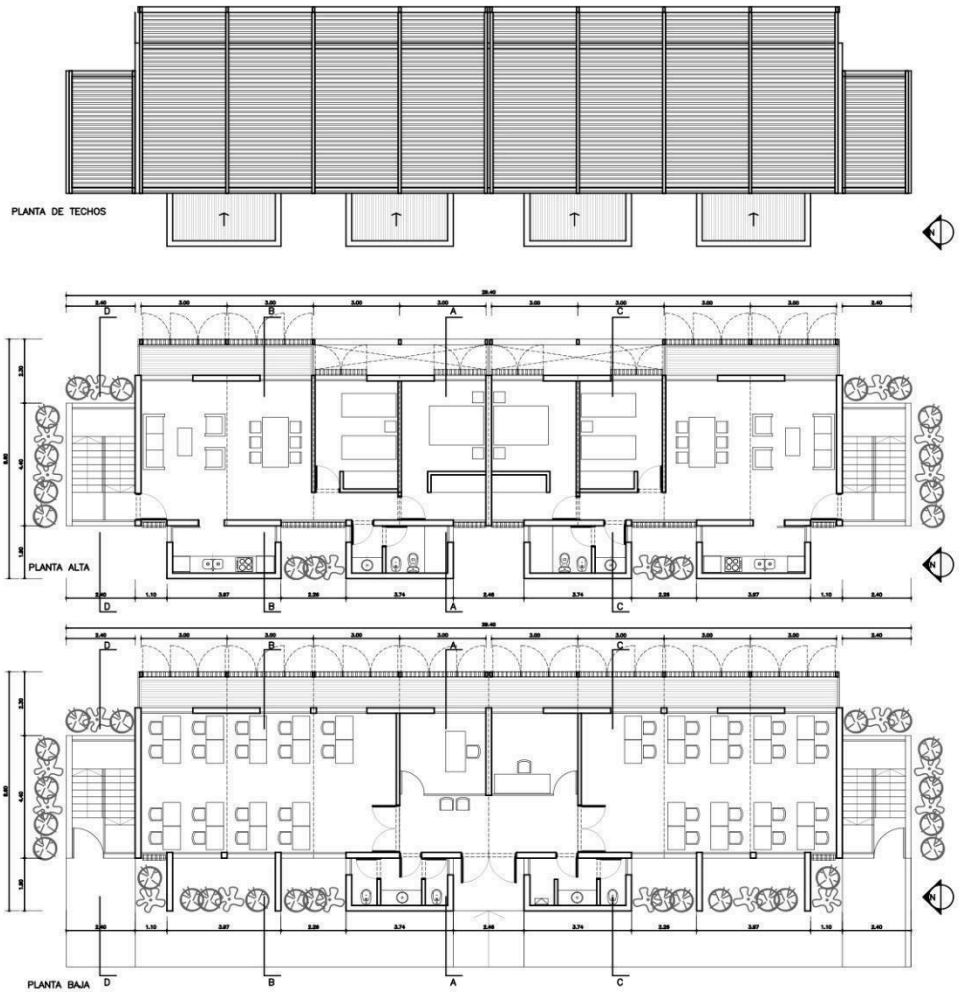
2-Definición del proyecto y su organización funcional

El proyecto consiste en un conjunto de usos mixtos, organizados en un edificio de planta rectangular, de dos pisos de altura con una superficie total de 121.00m^2 por planta. Por condicionantes propios del emplazamiento elegido, el edificio se organiza en una planta rectangular, orientada con eje norte-sur. Pese a que las recomendaciones establecidas en IRAM 11603 (2011) para zonas cálidas indican que la mejor orientación para edificios de plantas rectangulares es manteniendo el eje este-oeste (así la fachada más larga tiene orientación norte), esta situación se considera favorable para ensayar sistemas de

protección, ya que muchas veces los terrenos disponibles no cuentan con las mejores orientaciones recomendadas por norma.

En la planta baja se ubican dos espacios flexibles de mayor tamaño, que pueden ser usados como aulas, y dos espacios de menor superficie, que pueden ser usados como oficinas administrativas. La disposición funcional y la organización de las envolventes plantean usos flexibles de los espacios. En caso de usarse como aula, se admite una organización flexible, ya sea en forma de aula tradicional con líneas de pupitres y un frente para disertante, como una organización grupal enfrentados y otras organizaciones de trabajo.
Las unidades de vivienda tienen su mayor desarrollo de fachada con orientación este y oeste. Los locales servidos (estar comedor y dormitorios) se orientan al este, con aberturas de mayor tamaño para aprovechar las ganancias de radiación solar durante el período de invierno, mientras que cocinas y baños, se orientan al oeste, para proteger a los locales diurnos del asoleamiento excesivo en verano.

Figura 2: Plantas del proyecto



Fuente: Elaboración propia de los autores.

El edificio cuenta con protección de la radiación solar directa mediante un sistema de parasoles de madera, que se constituye como una doble piel, cubriendo la mayor parte de la fachada este y el plano superior de la cubierta. En la fachada este, el sistema de parasoles se compone por listones de madera de 2”x4”, colocados en bastidores de madera que constituyen hojas de abrir. Esta posibilidad plantea la apertura de los parasoles durante el período de invierno, ya que, entre las estrategias de diseño presentadas en el apartado anterior, se detecta un pequeño porcentaje de horas que necesitan ganancia solar directa (10.9%). En el plano superior, los listones son fijos. Pese a que la fachada oeste tiene menos aberturas, las mismas también cuenta con protección de parasoles de madera rebatibles.

Figura 3: Fachada este y oeste del edificio

Fuente: Elaboración de los autores junto con el alumno de arquitectura Matías Zingone.

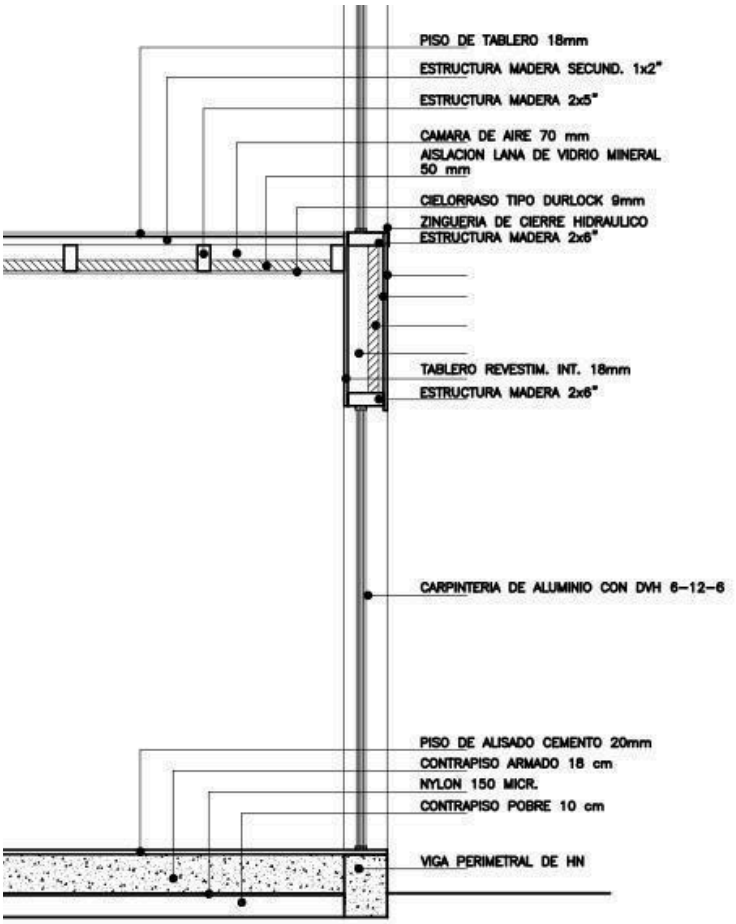
3-Caracterización de las envolventes a las condicionantes térmicas

Sistema constructivo

El edificio está diseñado con sistema estructural y envolventes de madera tipo “Wood Frame”. Cumple las normativas estructurales para construcciones de madera CIRSOC 601- 2016. Para ello se ha tenido en cuenta la Guía para el Proyecto de Estructuras de Madera con bajo compromiso estructural editado por el INTI (2018).

Las envolventes del edificio se diseñaron y dimensionaron de acuerdo a criterios formales, materiales, constructivos y eficientes a las condiciones climáticas y recomendaciones descriptas más arriba. Los 3 elementos constructivos representativos del edificio son el piso, los tabiques laterales y la cubierta, que se diseñaron con diferentes materiales componentes para determinar su eficiencia.
El piso es un contrapiso de hormigón pobre sobre el que se asienta un contrapiso de hormigón armado con terminación de cemento alisado.
Los tabiques exteriores (muros) se materializan con sistema de cerramiento conformado desde el interior al exterior por un tablero de fenólico de 18 mm, una cámara de aire de 90 mm, una placa de aislación térmica de tipo ATA reciclada de 50mm, desarrollada por el Instituto IIPAC-UNLP, la cual se describe más adelante, un tablero interno de OSB de 15 mm, una barrea hidrófuga tipo Tyvek en rollos y finalmente en la cara exterior una placa de tablero de fenólico de 18 mm impermeabilizado.

Figura 4: Detalle constructivo de muro exterior.



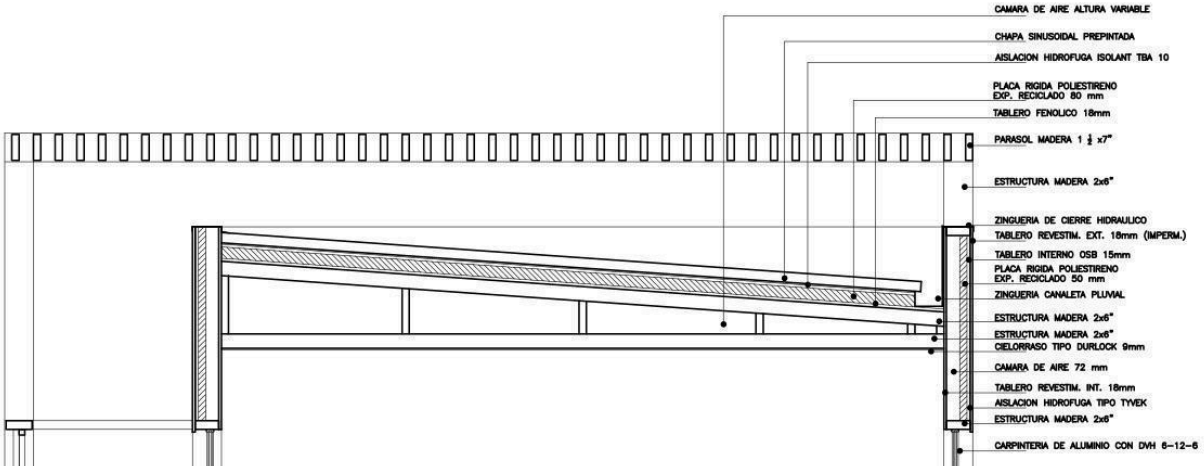
Fuente: Elaboración de los autores

La placa de *Aislamiento Térmico Alternativo* (ATA) es un material aislante desarrollado por el *Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido* de la Universidad Nacional de La Plata (IIPAC-UNLP). Es un material que se obtiene a partir del reciclado de embalajes de descarte de poliestireno expandido (EPS), comercialmente conocido como «Telgopor».
Se pueden enumerar varios aportes que se asocian a este material. Por un lado, al ser aislante térmico, colabora con el control de pérdidas o ganancias de calor a través de los cerramientos horizontales y verticales de los edificios en donde se utiliza, aportando también al control acústico. Además. contribuye a la sostenibilidad ambiental, reduciendo las demandas energéticas de los edificios. Utiliza un material reciclado, el EPS de descarte, que no tiene rentabilidad para la venta ni destino post-consumo. Por último, promueve la generación de trabajo a través de la articulación de los saberes académicos, populares y de la gestión. utilizando materiales y métodos de fabricación que pueden ser autoconstruidos y autogestionados, favoreciendo la formación de emprendimientos individuales, sociales o cooperativos, que impulsen cadenas de valor o planes de negocios del sector.

En las cubiertas se utilizan desde el interior al exterior: un tablero interno de OSB de 15 mm, una placa de aislación térmica de tipo ATA reciclada de 80

mm, un tablero de fenólico de 18 mm, una barrera hidrófuga tipo Isolant TBA 10 en rollos y finalmente en la cara exterior una chapa metálica sinusoidal.

Figura 5: Detalle constructivo de cubierta.



Fuente: Elaboración de los autores

Caracterización de envolventes

La tabla 3 muestra propiedades de los materiales usados en la solución constructiva propuesta para tabiques exteriores y cubiertas utilizados en el proyecto, mientras que la tabla 4 muestra los resultados del análisis a régimen estacionario y transitorio.

Tabla 3: Propiedades de materiales usados en las envolventes

ALTERNATIVAS PROPUESTAS		Espesor (e) (m)	Conductividad (λ) (W/m°K)	Densidad (kg/m³)	Calor Específico (J/kgK)
Tabique exterior		**0.17**			
1	Tablero Fenólico 3/4" - Revest. Interior	0.018	0.16	700	2200
2	Cámara de aire 70 cm	0.07	-	-	-
3	Placa ATA (EPS reciclado) esp: 5cm	0.05	0.066	10	1200
4	Tablero interno OSB 15cm	0.015	0.10	600	2200
5	Tablero Fenólico 3/4" - Revest. Exterior	0.018	0.16	700	2200
Cubierta		**0.13**			
1	Tablero Fenólico 3/4"	0.018	0.16	700	2200
2	Placa ATA (EPS reciclado) esp: 8cm	0.08	0.066	10	1200
3	Tablero Fenólico 3/4"	0.018	0.16	700	2200
4	Membrana Insolant TBA 10	0.004	0.170	1200	2400
5	Chapa sinusoidal	0.005	110	7100	400

Fuente: Elaboración de los autores

Tabla 4: Resultados de análisis de las envolventes utilizadas

	Régimen ESTACIONARIO				Régimen TRANSITORIO				
	Esp. (e) (m)	**Transm. (K)** (W/m2°K)	**Resist. R** (m2/W°K)	**IRAM 11605** (verifica)	**Amortig. (fd)** [-]	**Retardo (φ)** (horas)	**Tran.TP (Yie)** [W/m2K]	**Cap. Ter K1** [kJ/m2K]	**UNI-ISO 13786** (etiqueta IT)
Tabique	0.17	0.670	1.480	**Nivel B**	0.90	2.95	0.60	27.40	**Mediocre**
Cubierta	0.10	0.590	1.670	**Nivel C**	0.91	2.53	0.54	25.00	**Mediocre**

Fuente: Elaboración de los autores

Se puede ver que los tabiques exteriores verifican nivel recomendado (nivel B) propuesto por la norma IRAM 11605 tanto para invierno como para verano, ya que su índice de transmitancia térmica K es de 0.67 W/m^2°K. La cubierta verifica nivel mínimo (nivel C) ya que su índice de transmitancia térmica K es de 0.59 W/m^2°K. Estos resultados se consideran adecuados, ya que describen envolventes con aislación térmica suficiente para verificar niveles admisibles en Orán.

En cuanto al análisis en régimen transitorio, se puede ver que las envolventes presentan escasa capacidad de acumulación de calor, lo cual es esperable ya que el sistema constructivo planteado liviano, por vía seca, sin materiales que aporten masa térmica considerable. Esto también se considera beneficioso, ya que, en base a las recomendaciones de diseño, en climas de este tipo no existen motivos para almacenar el calor del día y reutilizarlo por la noche, porque la noche es también calurosa. Utilizar materiales que acumulen calor durante el día requerirá una carga extra para enfriarlos durante la noche (Vicens et al., 2018).

4-Estimación de demanda de energía para calefacción y refrigeración

Finalmente, se presentan resultados comparativos referidos a la demanda de calefacción y refrigeración de los 3 escenarios establecidos. Estos son los primeros resultados obtenidos de la simulación térmica y pretenden verificar el diseño propuesto, para ver si los supuestos seguidos en el proceso de diseño del edificio son válidos.

En la tabla 5 y el gráfico 1 se sintetiza la demanda de refrigeración y calefacción de los 3 escenarios supuestos. Se puede ver que en todos los casos existe la demanda de refrigeración bastante más alta de la de calefacción. Esto es consecuencia de las altas temperaturas presentes en San Ramón de Orán durante la mayor parte del año.

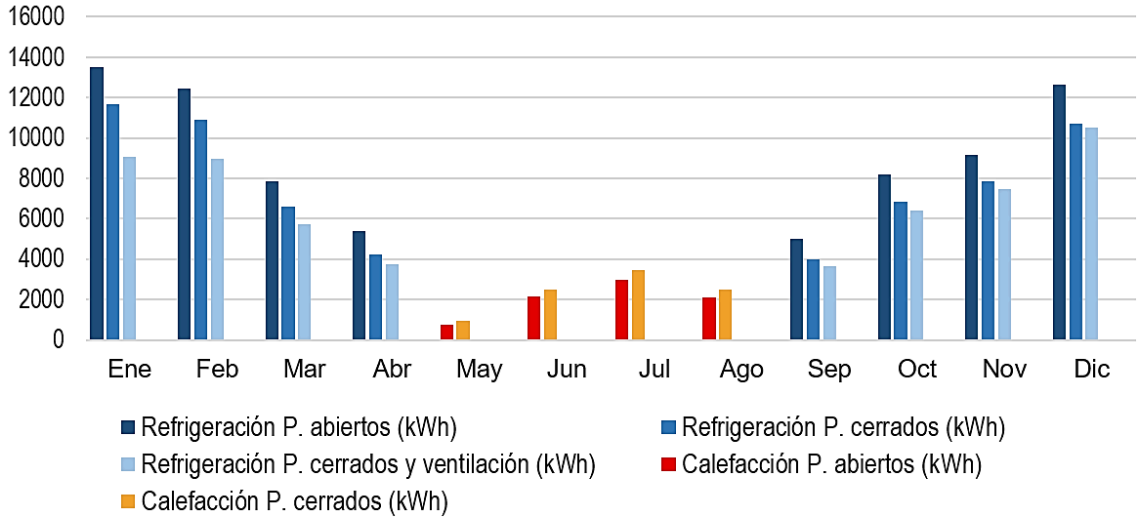
Tabla 5: Demanda de calefacción y refrigeración del edificio en 3 escenarios propuestos.

Refrigeración (kWh)	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Totales**
Parasoles abiertos	13528	12431	7845	5414	0	0	0	0	4993	8172	9157	12617	**74156**
Parasoles Cerrados	11650	10894	6589	4241	0	0	0	0	3988	6822	7864	10729	**62776**
Parasoles cerrados y ventilación	9061	8954	5712	3733	0	0	0	0	3673	6384	7494	10508	**55519**
Calefacción (kWh)	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Totales**
Parasoles abiertos	0	0	0	0	739	2134	2966	2116	0	0	0	0	**7954**
Parasoles Cerrados	0	0	0	0	930	2499	3435	2486	0	0	0	0	**9351**

Fuente: Elaboración de los autores en base a resultados obtenidos

La disminución de la demanda de refrigeración anual entre el caso con parasoles abiertos (74.156 kWh) y el con parasoles cerrados (62.776 kWh) es de 11.380 kWh. Es decir, incorporar elementos de sombreado en aberturas permite alcanzar un ahorro del 16% en la demanda de energía para enfriar la el edificio. A su vez, la demanda disminuye más aun incorporando ventilación nocturna, la cual baja a 55.519 kWh, es decir, un 12% más. En total, con sombreado y ventilación se logra un 28% la demanda de refrigeración.
Este ahorro se mantiene durante los meses del período cálido, demostrando que la protección es efectiva.

Gráfico 1: Demanda de energía para calefacción y refrigeración



Fuente: Elaboración de los autores en base a resultados obtenidos

Con respecto a la carga de calefacción, se puede observar que, al contrario de lo que ocurre en el período cálido, en el escenario que plantea parasoles

cerrados la demanda de calefacción es mayor que en el escenario con parasoles abiertos, siendo 9351 kWh y 7954 kWh respectivamente. Esto es coherente con lo anterior, ya que los parasoles abiertos permiten el ingreso solar al interior de los espacios, aportando ganancias pasivas de calor, y disminuyendo la demanda de energía para calefaccionar el edificio.

Conclusiones

Los resultados del presente trabajo muestran que las envolventes propuestas verifican las normas nacionales IRAM referidas a aislación térmica para la localización de estudio. De esta manera, se valida el uso de las placas aislantes APA, las cuales son un material local, elaborado con reutilización de desechos, mediante tecnología sencilla y accesible, maximizando la economía de materiales. De esta manera se responde al interrogante planteado inicialmente, ya que es posible incorporar los principios de la economía circular a un proyecto arquitectónico y al mismo tiempo, lograr que el mismo verifique a estándares de desempeño.

Además, se propusieron premisas y recomendaciones de diseño derivadas del análisis climático de la localización de estudio, que fueron respetadas durante el proceso de diseño del edificio, y validadas a través de simulación térmica. Esto también responde al interrogante formulado, demostrando que es posible adecuar los proyectos al contexto climático y socio-cultural, indagando sobre dispositivos y resoluciones constructivas integradas a las envolventes de los edificios para garantizar las condiciones de confort.

Finalmente, se concluye una vez más que el diseño arquitectónico desempeña un papel fundamental en la adaptación al cambio climático, permitiendo desarrollar los proyectos al contexto climático y socio-cultural a través de diversos principios de diseño sostenible. Además, el diseño arquitectónico y la adecuación de tecnologías constructivas pueden reducir significativamente el impacto ambiental de los proyectos de construcción al incorporar los principios de la economía circular.

Bibliografía

De Ignacio Vicens, Soutullo Castro, López-Zaldívar, Lozano-Díez, & Verdú Vázquez. (2018). Sobre inercia térmica y aislamiento de viviendas en clima cálido-húmedo. *Anales de Edificación, Vol. 4*(1), pp. 14-26. doi:10.20868/ade.2018.3730

Franco, F., Guzmán-Hernández, I., & Roset, J. (2019). Problemática de los sistemas pasivos de climatización en zonas tropicales cálido-húmedas. *AULA Revista de Humanidades y Ciencias Sociales, Vol. 64*(4), pp. 73-86. doi:http://dx.doi.org/2636.2236/AULA.2019.007

Gonzalez Couret. (2014). Arquitectura y Clima. Contradicciones en Cuba. *Tercer congreso internacional MACDES.2014. Medio ambiente construído y Desarrollo Sustentable.*, (págs. pp.1-8). La Habana.

Mendoza, Castro, & Mendoza. (2019). Simulación y análisis del comportamiento térmico de una sala informática en una zona cálido-húmeda. *XXVI Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente (XXVI- SPES)*, (pág. s/p). Ayacucho.

Norma IRAM 11601. (2002). *Aislamiento térmico de edificios. Método de cálculo*. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

Norma IRAM 11603. (1996). *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina.* Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

Norma IRAM 11605. (1996). *Aislamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios*. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

Serra, & Coch. (1994). *Las energías naturales en la arquitectura.* Barcelona: UPC.

Ugarte. (2011). *Guia de arquitectura bioclimatica. Construir en países cálidos.* San José, Costa Rica: Instituto de Arquitectura Tropical.