

Aplicación de herramientas de diseño bioclimático para el confort térmico en viviendas de la Provincia de Salta

Application of Bioclimatic Design Tools for Thermal Comfort in Housing in Salta Province

Sebastián Miguel¹

Recibido: noviembre/2021 | Aceptado: diciembre/2021

Resumen

El diseño bioclimático analiza y estudia los factores climáticos, las condiciones del contexto y los recursos disponibles del sitio de emplazamiento de un proyecto de arquitectura.

La Provincia de Salta es atravesada por todas las zonas bioclimáticas según la clasificación de las Normas IRAM de acondicionamiento térmico para la Argentina. A su vez, el territorio provincial registra altos niveles de radiación solar en toda su geografía. Esto representa una gran oportunidad de explorar los modos de aprovechar estas condiciones naturales para contribuir, desde el diseño, a reducir el consumo energético y mejorar las condiciones del hábitat de las personas.

Este trabajo analiza de manera integral varios edificios de vivienda ubicados en diferentes zonas climáticas de la Provincia de Salta donde se han utilizado materiales y tecnologías constructivas de la región. Por otro lado, se muestra de qué manera se implementan sistemas de calefacción pasivos aprovechando las ganancias térmicas y cómo se incorporan ventilaciones naturales en su diseño.

Se analizaron tres casos de estudio con una metodología definida: evaluación de las condiciones de radiación solar y los datos de temperaturas medias anuales, a través de aplicaciones digitales en línea de acceso libre. Relevamiento de los edificios con el objeto de estudiar y sintetizar gráficamente los detalles constructivos y los dispositivos integrados que permiten definir, en cada caso, los sistemas de calefacción solar pasivos adoptados: sistemas de ganancias directa y muros acumuladores de calor.

El resultado de este estudio propone visualizar y confrontar datos que muestran algunas estrategias de diseño capaces de brindar soluciones simples a las necesidades de confort de los usuarios de los modelos de viviendas analizadas.

Se han realizado encuestas semiestructuradas a los usuarios de las viviendas relevadas y analizadas con el fin de conocer la percepción de los mismos sobre las condiciones de confort que brindan los sistemas constructivos y tecnológicos adoptados en cada caso.

Palabras clave: Diseño, bioambiental, vivienda, calefacción, radiación solar

Abstract

The bioclimatic design analyzes and studies the climatic factors, the contextual conditions and the available resources of the site where an architecture project is located.

The Province of Salta is crossed by all the bioclimatic zones according to the classification of the IRAM Norms of thermal conditioning for Argentina. The provincial territory registers high levels of solar radiation throughout its geography. This represents a great opportunity to explore ways to take advantage of these natural conditions to contribute, from the design point of view, to reducing energy consumption and improving people's habitat conditions.

This work comprehensively analyzes several residential buildings located in different climatic zones of the Province of Salta where materials and construction technologies from the region have been used. On the other hand, it shows how passive heating systems are implemented taking advantage of thermal gains and how natural ventilation is incorporated into their design.

Three case studies were analyzed with a defined methodology: evaluation of solar radiation conditions and annual temperature data, through free access online digital applications. Survey of buildings in order to study and graphically synthesize the construction details and the integrated devices that allow defining, in each case, the passive solar heating systems adopted: direct gain systems and heat storage walls.

The result of this study proposes to visualize and compare data that show some design strategies capable of providing simple solutions to the comfort needs of the users of the analyzed housing models.

Semi-structured surveys have been carried out with the users of the surveyed and analyzed dwellings in order to know their perception of the comfort conditions provided by the construction and technological systems adopted in each case.

Key words: Design, bio-environmental, house, heating, solar radiation

Artículo científico

Citar: Miguel, S. (2021). Aplicación de herramientas de diseño bioclimático para el confort térmico en viviendas de la Provincia de Salta. En *Teks del Sud*, 3, 30-45. Salta, Argentina: EUCASA

Introducción

El inicio de esta segunda década del siglo XXI nos enfrenta a una pandemia mundial que en cierta medida nos vuelve a interpelar sobre el contexto del paradigma del equilibrio social-económico-ambiental definido en el marco del Desarrollo Sostenible y del cambio Climático.

De algún modo, las necesidades individuales y colectivas vinculadas al hábitat y al confort se encuentran actualmente en revisión con el objeto de poner en valor los recursos ambientales y las condiciones naturales tales como el asoleamiento, las ventilaciones naturales, los vientos, las precipitaciones y la utilización de vegetación adaptada a las diferentes eco-regiones, entre otros factores.

Los indicadores enunciados recientemente por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2021) sobre la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza, plantean un escenario casi irreversible sobre los efectos de la gravedad del calentamiento global. Sin embargo, esta situación preocupante abre una oportunidad para repensar los modos de producción edilicia de ciudades y contextos rurales con el fin de buscar alternativas y soluciones globales de bajo costo, de alto impacto y beneficios en la calidad de vida de los habitantes (sobre todo en ámbitos urbanos de alta densidad).

A su vez, la Encíclica *Laudato Si* (Papa Francisco, 2015) nos interpela sobre el enfoque y comportamiento del ser humano en relación con el medio ambiente, brindando una serie de lineamientos y guías de acción

que podrían corresponderse con casos de buenas prácticas a seguir para lograr un equilibrio ecológico, social y económico (Our Common Future, 1987).

Desde el enfoque disciplinar de la arquitectura, el diseño sostenible de las edificaciones es parte de un proceso que tiene como objetivo el confort y el bienestar de las personas. El diseño de estas infraestructuras (los edificios y sectores urbanos) deben estar en equilibrio con el ambiente y considerar los recursos naturales del entorno. Sin embargo, la actividad humana y en particular el diseño y construcción de ciudades y edificios, ha generado ciertos desequilibrios: los más evidentes están en relación con el efecto de isla de calor urbano y el alto consumo energético debido a las necesidades de confort y a un mal diseño de las envolventes de los edificios.

Este consumo de energía está vinculado de manera directa con seis factores (Filippin et al, 2017):

- Las condiciones climáticas del sitio de emplazamiento,
- el diseño de los sistemas constructivos y los materiales utilizados en las envolventes,
- los sistemas de energía empleados para garantizar las condiciones de confort internas,
- la operación y mantenimiento del edificio,
- las actividades y comportamiento de los ocupantes y
- la calidad ambiental interna.

Para complementar esta visión, es posible considerar que la energía que consume el sector de la construcción (producción y operación de los edificios) en el uso general de la energía es directamente proporcional a la forma y a las propiedades termofísicas de las envolventes (Esteves Marimont et al, 2018). Por lo tanto, es muy importante comprender de qué manera es posible reducir el consumo energético a partir de un adecuado diseño de los edificios y sus envolventes.

La Provincia de Salta cuenta con un nivel de contrastes socio-económicos y ambientales muy alto. Por lo tanto, es necesario atender las necesidades de infraestructuras edilicias aplicando estrategias de diseño y tecnologías que pueden transitar por un amplio abanico de soluciones adaptadas a las diferentes realidades y recursos.

A su vez, el territorio provincial presenta una geografía, ambientes y bio-climas diversos, siendo junto a la Prov. de Jujuy las dos únicas provincias argentinas en tener las seis regiones bioclimáticas del país (Norma IRAM 11603, 2002). Esta situación permite explorar múltiples estrategias de diseño bioclimáticas de los edificios y las infraestructuras para su adaptación al clima y al contexto.

Por otra parte, la región andina donde se ubica Salta, cuenta con un potencial solar muy alto que la posiciona en una de las regiones de mayor capacidad de aprovechamiento solar del país (Grossi Gallegos y Righini, 2017).

A partir de este marco de referencia, los objetivos de este trabajo son visualizar las herramientas de diseño bioclimático que se aplicarán para lograr el confort térmico en viviendas en la provincia de Salta. Para ello los proyectistas pueden utilizar Normas y recomendaciones, el uso de datos climáticos para tomar decisiones de proyecto e implementar resoluciones constructivas. Por último, es de gran utilidad poder verificar, a través de encuestas a los usuarios de viviendas bioclimáticas diseñadas y construidas, sobre el grado de confort térmico de las viviendas que habitan a partir de aquellas estrategias de diseño materializadas.

Este trabajo considera que el medio ambiente exterior al edificio (en este caso de vivienda) presenta ciertas condiciones de confort térmico que se aleja en mayor o menor medida a las necesidades de confort interiores para que el hombre desarrolle sus actividades (Esteves Marimont, 2018), por lo tanto el diseño bioclimático intenta utilizar los recursos naturales del entorno inmediato para lograr, con el menor costo posible, las condiciones de confort deseables.

Materiales y métodos

Normas IRAM de acondicionamiento térmico

Se utiliza en primera instancia la casificación bioambiental argentina para el acondicionamiento de edificios expuesta en la Norma IRAM 11603 (1996). En este documento se establece una división territorial en seis zonas climáticas, detallando para cada una de ellas características y criterios a tener en cuenta para el diseño de edificios: Zona I: Muy cálida, Zona II: Cálida, Zona III: Templada cálida, Zona IV: Templada fría, Zona V: Fría y Zona VI: Muy Fría. (Fig.1)

Para cada zona se mencionan pautas generales para el diseño, se hace una evaluación sobre las orientaciones favorables y se plantean recomendaciones de horas de asoleamiento mínimo para edificios destinados a vivienda.

Normas IRAM de acondicionamiento térmico

De acuerdo al estudio de las diferentes regiones bioclimáticas y a un relevamiento de campo de varios proyectos de viviendas que incorporan el diseño bioambiental, se seleccionaron 3 casos de estudio radicados en diferentes zonas bioclimáticas. El relevamiento consiste en la búsqueda bibliográfica y de antecedentes de los casos de estudio: artículos, memorias descriptivas, planos y fotografías originales de los proyectos y la construcción.

Sistema de consulta de datos de radiación solar y temperaturas de Salta

Existe un Sistema de uso libre de Información Web de consulta espacial y temporal de datos de radiación solar y temperatura para la Provincia de Salta, Argentina. Se pueden realizar evaluaciones técnico-financieras de sistemas solares (paneles fotovoltaicos y calefones solares) denominado SIsol (<http://sisol.salta.gob.ar/>)

Esta plataforma permite navegar y ubicar el sitio de interés para evaluar las condiciones de radiación solar y temperaturas de una determinada localidad. Otra forma es ingresando las coordenadas de latitud y de longitud de la localidad donde se emplaza el proyecto.

El Módulo de Radiación Solar permite visualizar la distribución espacial de la radiación solar en la provincia y consultar valores de día característico, promedios mensuales y anuales en una ubicación determinada. El Módulo de Temperatura: brinda la información sobre la distribución espacial de la temperatura y permite consultar valores de temperatura media mensual y anual en una ubicación determinada. (Sarmiento Barbieri et al, 2017)

Los datos que se pueden obtener son: datos geográficos y datos del recurso seleccionado (radiación o temperatura). Se pueden realizar consultas de datos geográficos (latitud, longitud, altitud) y de radiación solar diaria, mensual y anual en cualquier punto de la provincia. Además, permite obtener valores medios mensuales de temperatura.

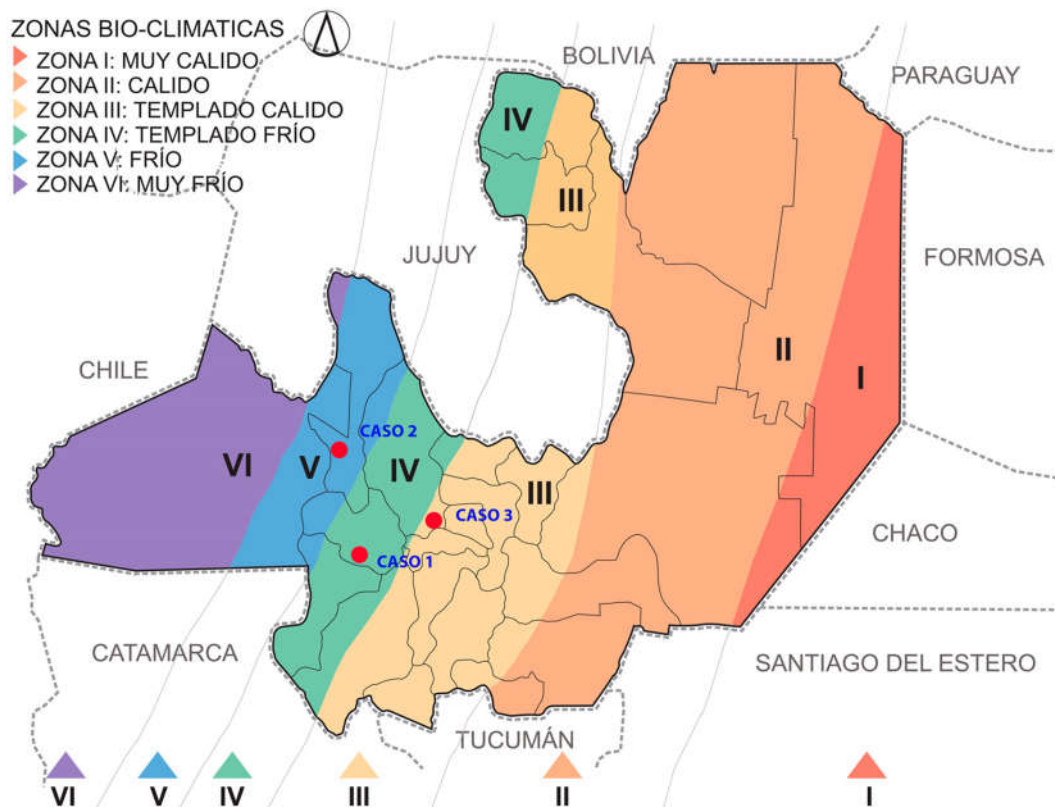


Fig. 01. Zonas bioclimáticas de la provincia de Salta según clasificación Norma IRAM 11603. Elaboración propia

Encuesta de confort interior y modos de uso de la vivienda

Con el objeto de explorar la percepción de los usuarios de edificios que incorporan criterios bioambientales, se propone un modelo de encuestas semiestructuradas sobre la percepción del confort interior y los modos de uso de la vivienda.

Este modelo está basado en trabajos similares para otras zonas de la Argentina y Chile (Martínez y Gonzalo, 2001); (Blasco L. et al, 2016); Espinosa Cancino y Cortés Fuentes, 2015).

La encuesta aplicada muestra de qué manera perciben los habitantes de estos edificios bioclimáticos estudiados las condiciones de confort térmico y cuál es la relación que tienen con los sistemas constructivos y dispositivos necesarios para lograrlo:

— Condición de confort que encuentra en la vivienda en verano y en invierno. Se utilizó como escala de medición: Muy buena, buena, regular, malo.

— El usuario realiza prácticas y rutinas para garantizar las condiciones de confort planificadas por los proyectistas. La escala de medición adoptada fue: habitualmente, poco frecuente, nunca.

— Cómo valoraría la vivencia en una vivienda que incorpora criterios de diseño bioambientales. Se utilizó como escala de medición: Muy buena, buena, regular, malo.

— Observaciones particulares de los encuestados.

Estudio y aplicación de sistemas pasivos de calefacción en vivienda

Tienen la capacidad de captar energía solar y transferirla al interior del edificio en forma de calor. Los diferentes elementos que componen los sistemas son los encargados de captar la radiación solar, transformar y almacenar esta radiación solar en forma de calor y finalmente la distribución y cesión del calor al ambiente que se desea acondicionar.

Para que estos sistemas sean eficientes, es necesario tener una correcta orientación del edificio y de los locales que intervienen en el sistema y garantizar que las envolventes del edificio sean eficientes para conservar el calor y contar con una inercia térmica suficiente entre las horas de temperaturas máximas y mínimas del día (sobre todo en invierno).

Los más utilizados son los de ganancia directa a través de aventanamientos acristalados. También pueden utilizarse los muros colectores -acumuladores de calor que tienen diversas formas de materializarse.

Esta solución arquitectónica también puede funcionar utilizando a los techos como colectores. Al sistema también se lo conoce como termo almacenaje de calor en paredes o techos.

Otros sistemas de calefacción solar pasiva pueden ser los del tipo semi-directos: materializados por invernaderos adosados a las viviendas. Los sistemas indirectos como es el caso del muro Trombe; Sistema de termo-circulación por piso, sistemas de termo-circulación por muros y cielorrasos, llamados también sistema Barra-Constantini.

Con el objeto de ejemplificar los sistemas definidos y descriptos anteriormente, se seleccionaron 3 casos de estudio de viviendas que incorporan criterios de diseño bioambiental en las Zonas III, IV y V de acuerdo a la Norma IRAM 11603.

En cada caso se relevaron las características climáticas y de radiación solar, las recomendaciones y el aporte al diseño bioclimático según la Norma IRAM 11603 y la plataforma SISOL. Asimismo, se relevaron en campo y se redibujaron los sistemas constructivos y las soluciones tecnológicas para la implementación de sistemas de calefacción que utiliza las ganancias de la radiación solar. Finalmente se realizó, para cada caso de estudio, una encuesta de valoraciones sobre el diseño bioclimático descripta anteriormente a los usuarios de las viviendas estudiadas. Veremos que existe un correlato entre las decisiones proyectuales tomadas por el equipo de diseño de los edificios analizados y las positivas condiciones de confort de quienes habitan estas viviendas.

Resultados y discusión

Descripción de las zonas bioambientales en Argentina según Norma IRAM 11603

Zona I: Muy cálida: Corresponde a las regiones donde los valores de las temperaturas medias corregidas (TEC) en el día típicamente cálido son superiores a 26,3 °C. El período de invierno es poco significativo con temperaturas medias durante el mes más frío superiores a 12 °C. Cuenta con 2 subzonas: subzona Ia cuya amplitud térmica es mayor a 14 °C y subzona Ib, en donde las amplitudes térmicas son inferiores a 14 °C.

Zona II: Cálida: Corresponde a las regiones donde los valores de las temperaturas medias corregidas (TEC) se encuentran entre 26,3 °C. y 24,6°C. El verano es la estación crítica donde se registran las temperaturas medias superiores a 24°C y máximas superiores a 30°C. El período de invierno es más seco con bajas amplitudes térmicas y temperaturas medias que oscilan entre los 8°C y los 12°C.

Cuenta con 2 subzonas: subzona IIa cuya amplitud térmica es mayor a 14 °C y subzona IIb, en donde las amplitudes térmicas son inferiores a 14 °C.

Zona III: Templada cálida: Limitada por las isolíneas de temperatura medias corregidas (TEC) 24,6°C y 22,9°C. Los veranos son relativamente calurosos y presentan temperaturas medias que oscilan entre los 20°C y 26°C. Las máximas medias superan los 30°C. El invierno no es muy frío y presenta valores medios de temperatura entre 8°C y 12°C y los valores mínimos son rara vez menores a 0°C

Zona IV: Templada fría: Los veranos no son rigurosos y cuentan con temperaturas máximas promedio que no superan los 30°C. Los inviernos son fríos, con valores medios entre 4°C y 8°C y las temperaturas mínimas medias alcanzan valores menores a 0°C.

Esta zona se subdivide en 4 subzonas mediante las líneas de amplitud térmica de 14°C y 18°C en: subzona IVa: de montaña; subzona IVb: de máxima irradiancia; subzona IVc: de transición y subzona IVd: marítima.

Zona V: Fría: Se caracteriza por contar con inviernos rigurosos con temperaturas medias de 4°C y mínimas menores a 0°C. Los veranos son frescos con temperaturas medias inferiores a los 16 °C.

Zona VI: Muy Fría: Las temperaturas medias de verano son menores a 12°C y en invierno los valores medios no superan los 4°C.

Recomendaciones de diseño según Norma IRAM 11603

Para las zonas I y II se deben prever colores claros para las envolventes exteriores (paredes y techos) Se deben considerar aislaciones eficientes en techos y en paredes expuestas a la radiación este y oeste. Minimizar y reducir las superficies de aventanamientos en las orientaciones este y oeste. Utilizar parasoles verticales (este -oeste) y horizontales (norte) en todos los casos posibles.

Se recomienda que el eje mayor de la vivienda se oriente en sentido este-oeste.

Se sugiere la incorporación de sistemas que promuevan las ventilaciones naturales cruzadas para mejorar las condiciones de confort interior, estudiando las direcciones de vientos predominantes y de las corrientes de aire.

Para la zona III, se recomienda verificar las envolventes exteriores a la inercia térmica para mejorar las condiciones de confort térmico interior. Se sugiere evitar la orientación oeste y las aberturas deben considerar las protecciones necesarias a la radiación solar del mismo modo que se sugieren para las zonas I y II.

La zona IV presenta grandes amplitudes térmicas a lo largo del año, por lo tanto, se recomiendan tener en cuenta la inercia térmica de las envolventes y considerar los criterios para las ventilaciones naturales cruzadas que se han expuesto anteriormente para las otras zonas en especial para el verano.

Para las zonas V y VI se recomiendan especialmente las aislaciones en las envolventes (paredes, techos y pisos) aprovechar las ganancias solares de radiación en los casos que sea posible.

Para las Zonas IV, V y VI es importante tener consideración a las protecciones de los vientos.

Evaluación de orientaciones contemplando zonas bioambientales, según Norma IRAM 11603

Las orientaciones que se indican corresponden a la apertura de aventanamientos, puertas y espacios de integración interior-exterior con las debidas consideraciones de protecciones solares y de los vientos.

Zona I: Muy cálida: Para esta zona, las orientaciones óptimas resultan las NO-N-NE y la SO-S-SE. El momento de asoleamiento crítico se manifiesta durante el verano. Las orientaciones este y oeste promueven una alta penetración de la radiación, generando una situación de falta de confort por aumento de temperaturas interiores, por lo tanto, deben evitarse.

Zona II: Cálida: Las orientaciones favorables son la norte y la sur. Se recomiendan las orientaciones de bajo asoleamiento. Para las orientaciones este y oeste sucede lo mismo que se ha descripto para la zona I.

Zona III: Templada cálida: Las orientaciones recomendadas como óptimas son las NO-N-NE-E

Zona IV: Templada fría: Las orientaciones recomendadas como óptimas son las NO-N-NE-E-SE

Zona V: Fría y Zona VI: Muy fría: Es deseable el asoleamiento durante todas las épocas del año. Las orientaciones de máxima ganancia de calor radiante son las NE-N-NO.

Como podemos ver, existen dos grupos de zonas bioclimáticas bien diferenciadas en donde el primero integrado para las zonas I y II es fundamental mantener las orientaciones Este y Oeste sin aberturas o con pequeñas perforaciones para evitar el impacto de la radiación solar directa en horas de la mañana y de la tarde. El segundo grupo conformado por las zonas bioclimáticas que van desde las zona II a la VI recomienda colocar aberturas en un rango mas amplio de orientaciones (NE a NO pasando por el Norte), siempre y cuando se estudien las protecciones solares adecuadas, en especial durante los meses de verano y con mayor cuidado en las zonas III y IV.

Casos de estudio: Descripción de proyecto y de contexto

Los relevamientos de campo se realizaron entre los meses de marzo de 2020 y marzo de 2021 a partir de un proyecto de Investigación financiado por el Consejo de Investigaciones de Ucasal a los efectos de estudiar las características geográficas y climáticas, constructivas y de funcionamiento de cada uno de los proyectos de vivienda con características bioambientales.

Caso 1: Viviendas sociales en Cachi relevado en marzo de 2020. Caso 2: Edificio albergue para estudiantes de la Escuela El Alfarcito: relevamiento realizado en enero 2021 y Caso 3: Viviendas sociales Barrio Ecosol, Rosario de Lerma: el relevamiento fue realizado durante marzo de 2021.

Caso 1: Viviendas sociales en Cachi, Salta

La vivienda unifamiliar analizada forma parte de un conjunto de 15 unidades sociales desarrollado en 1984 por el Instituto Provincial de la Vivienda de Salta (IPV) y un grupo de profesionales del Instituto de investigaciones de energía no convencional de la Universidad Nacional de Salta (INENCO). Se encuentran ubicadas en la localidad de Cachi a 160 Km. de la ciudad de Salta y a 2.300 msnm. Sus coordenadas geográficas son: Latitud sur: 25°07'00'' y Longitud oeste: 66°11'00'' El clima corresponde a la Zona Bioclimática IVa: Templado frío según la Norma IRAM 11603.

Organización de la vivienda: Cuenta con 147 m² cubiertos. Tiene una galería - invernadero con orientación norte que funciona como área de estar-comedor y conecta con 3 dormitorios. En paralelo a este programa existe una circulación que vincula áreas de servicios (cocina-comedor, lavadero y baño) con orientación sur y ventanas al este y al oeste. Cada unidad tiene un pequeño jardín perimetral que permite la ventilación cruzada y la iluminación natural.

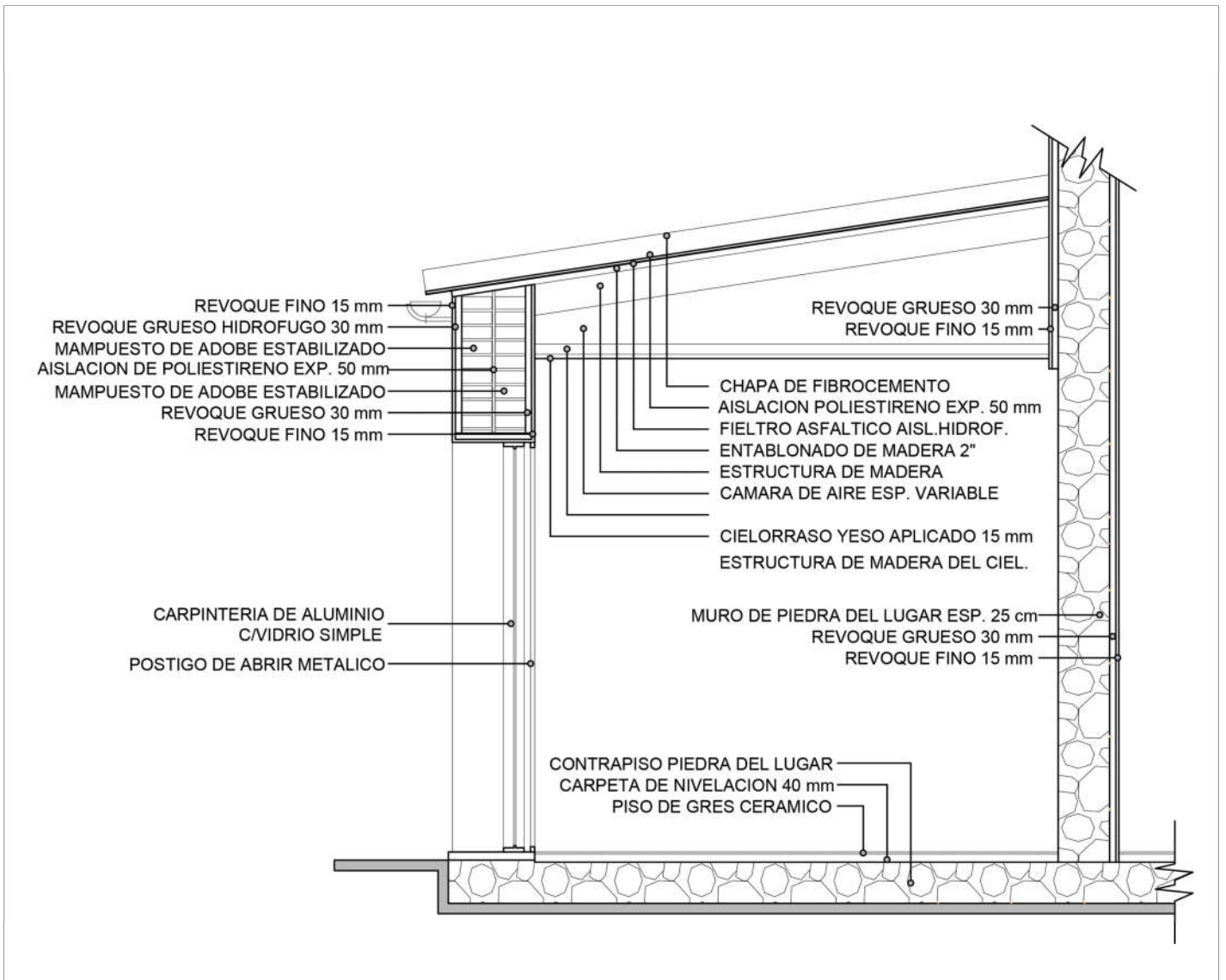


Fig. 02. Sistemas constructivos de las envolventes del Caso 01. Elaboración propia

Los sistemas constructivos están conformados por una estructura sismorresistente de Hormigón Armado. Los muros exteriores son dobles de adobe estabilizado, con aislaciones de poliestireno expandido y revocados. El estar-comedor-galería tiene el muro interior y los contrapisos materializados con piedra del lugar y funcionan como elementos acumuladores de calor (constituyendo un sistema de calefacción por ganancias directas). Las carpinterías son de aluminio y vidrios simples y tiene postigos metálicos para el oscurecimiento. La cubierta es de chapa de fibrocemento con aislaciones hidrófugas y térmicas y el interior de la vivienda cuenta con un cielorraso de yeso aplicado que genera una cámara de aire. (Fig.2)

El sistema de calefacción por ganancias directas funciona a través de la captación y conversión térmica de la radiación solar incidente en los aventanamientos que se han diseñado de manera adecuada respecto de la geometría solar (Gonzalo, 2004) Por lo tanto, el espacio interior se convierte, a través del aventanamiento, en un captador solar, un depósito térmico y a su vez en el sistema de distribución.

La radiación que incide sobre el aventanamiento o parte de techos es del tipo de onda corta y lo atraviesa impactando sobre las superficies interiores y los objetos, con capacidad de absorción y emisión de la

radiación infrarroja al ambiente (San Juan et al, 2013). Esta radiación permanece en el recinto (no atraviesa nuevamente el aventanamiento o el techo). Finalmente, el calor se desplaza por el local (Fig.3).

El proyecto incorporó desde un comienzo un sistema para calentar agua de uso sanitario a través de un colector solar plano. La localidad de Cachi no cuenta con servicio gas por red, por lo que este tipo de sistema es ventajoso y resulta una alternativa sobre el déficit energético. Dicho sistema ha funcionado, por lo general, más de una década, pero luego por el deterioro de los materiales y la falta de mantenimiento no se han reparado, a excepción de algún caso aislado que siguen funcionando.

Caso 2: Edificio albergue de estudiantes en El Alfarcito, Salta

El edificio de albergue estudiantil forma parte de las instalaciones del Colegio Secundario de Montaña desarrollado en 2009. Ubicada en la localidad de El Alfarcito a 90 Km de la ciudad de Salta y a 2.800 msnm. Sus coordenadas geográficas son: Latitud sur: 24°29'00'' y Longitud oeste: 65°53'00'' El clima corresponde a la Zona Bio-climática V: Frio según la Norma IRAM 11603.

Organización del edificio de albergue: Está organizado en dos módulos adosados (para 80 hombres y 80 mujeres). El terreno en el que se emplaza el edificio se encuentra en pendiente, por lo tanto, el edificio en su eje longitudinal, se escalona exteriormente para tomar esta diferencia de nivel. Cuenta con 480 m² cubiertos destinado a áreas de dormitorios orientados por lo general al norte. Los servicios y sanitarios se ubican hacia la orientación sur. Todos los locales cuentan con aberturas superiores en muros exteriores para la iluminación y la ventilación controlada (Fig.4).

Los sistemas constructivos están conformados por una estructura sismorresistente de Hormigón Armado. Los muros exteriores son de adobe a la vista exterior con junta tomada y en el interior se encuentran revocadas con revoque grueso y fino a la cal (espesor del muro total 50 cm) La cubierta está modulada con estructura de cerchas de madera y conformada por diferentes capas: entablonado de madera interior a la vista, aislación hidrófuga, capa de fibras vegetales y cubierta superior de torta de barro estabilizada.

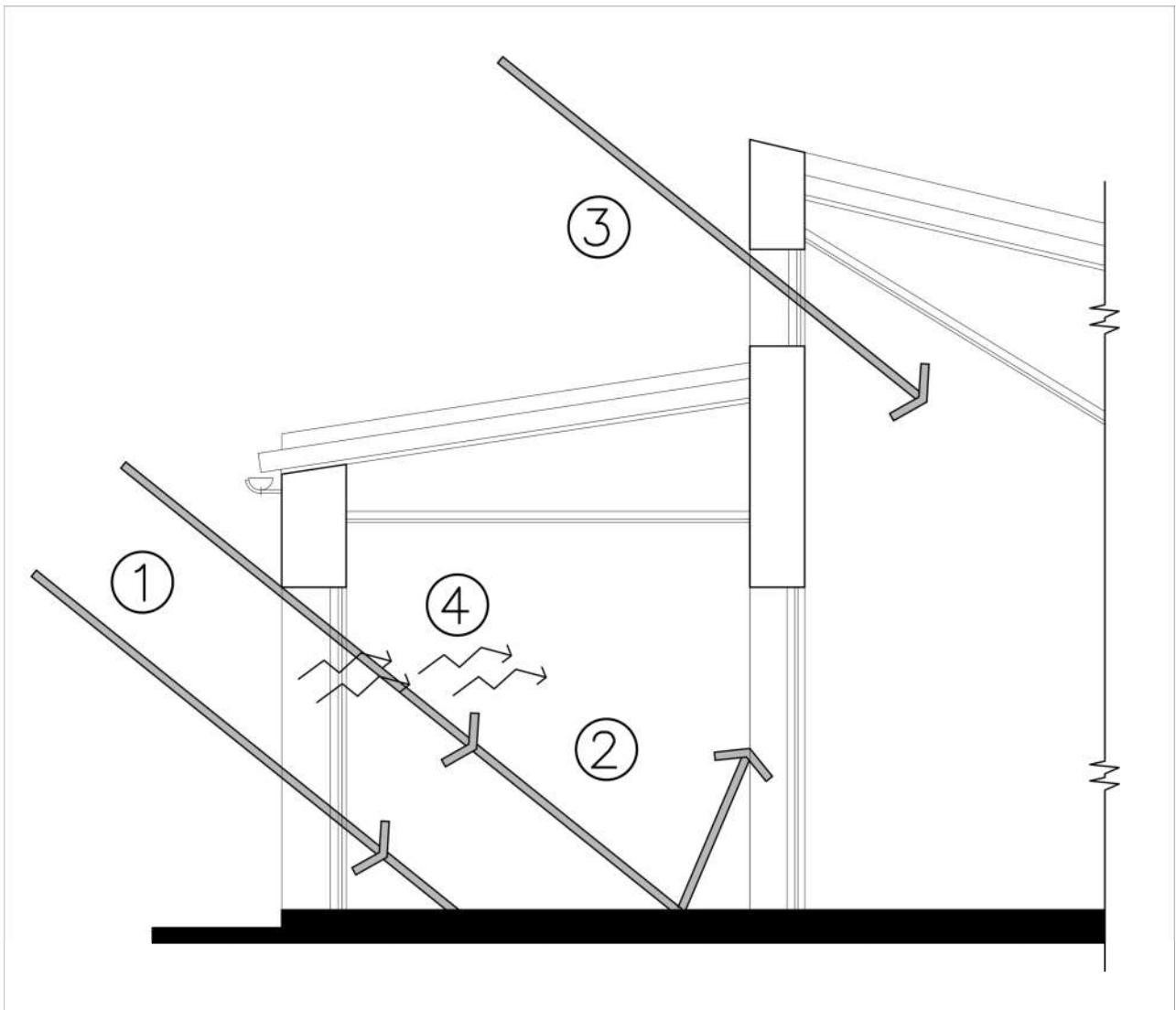


Fig. 03. Esquema de funcionamiento del sistema de calefacción pasiva por ganancias directas. Caso 01. Funcionamiento del sistema de ganancia solar directa: 1 - Ingreso de radiación del norte en invierno al estar-comedor-galería; 2 - distribución interior de la radiación por convección; 3 - Iluminación directa, 4 - Dormitorios. Elaboración propia

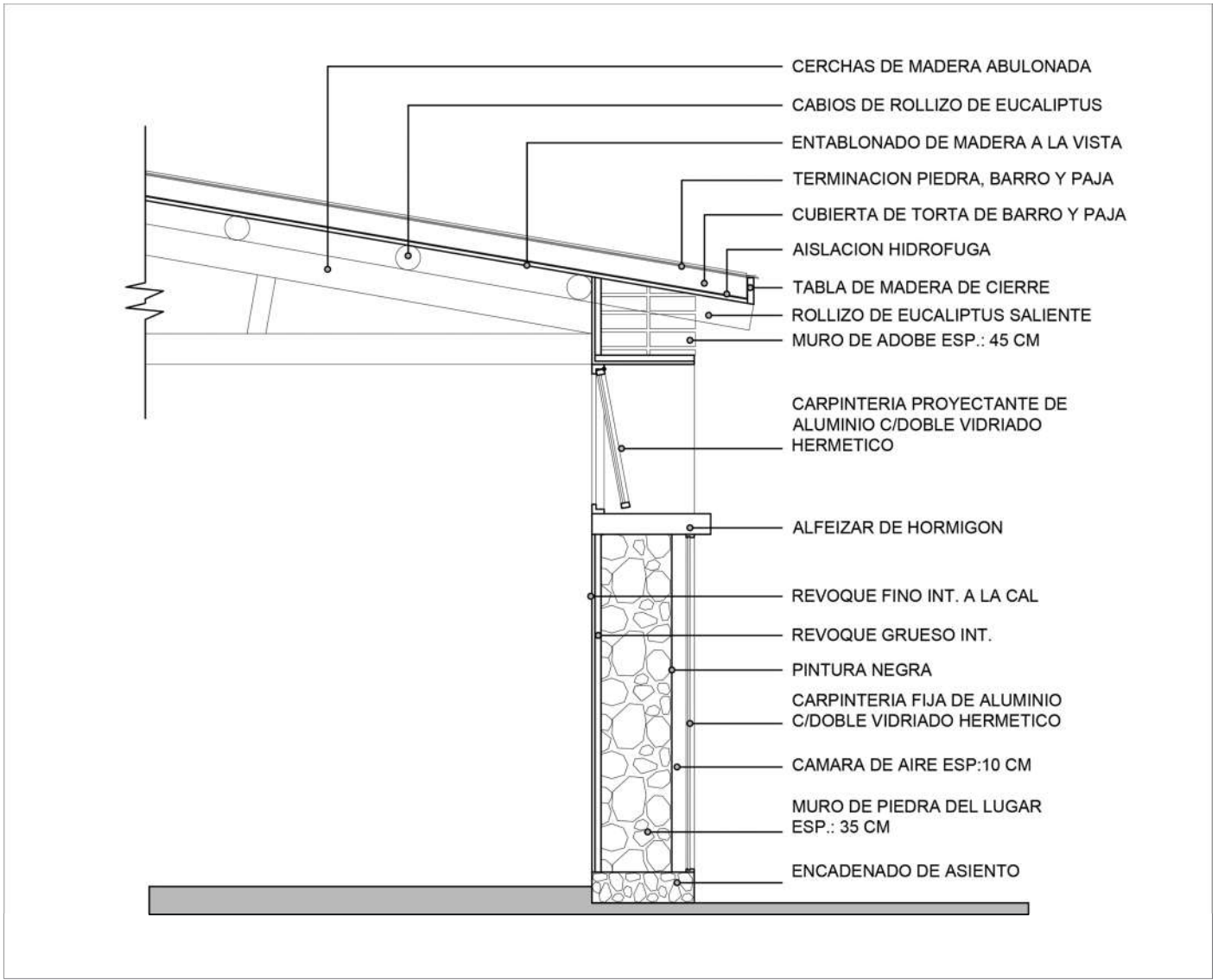


Fig.4. Sistemas constructivos de las envolventes del Caso 02. Elaboración propia

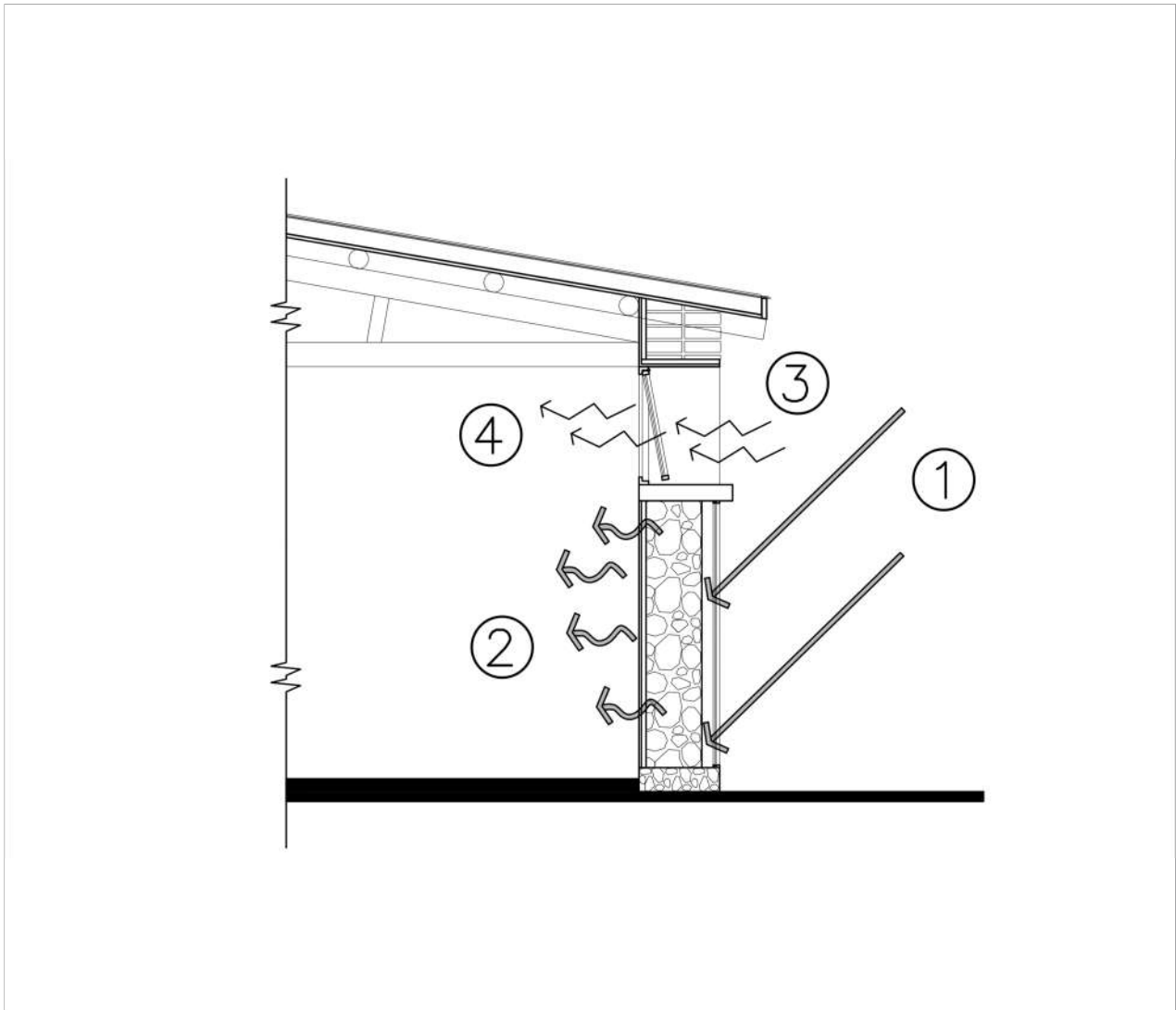


Fig.5. Esquema de funcionamiento del sistema de calefacción pasiva por muros acumuladores de calor. Caso 02. Funcionamiento del sistema de ganancia solar directa: 1 - Ingreso de radiación del norte en invierno a la cámara de aire generada entre la carpintería y el muro; 2 -acumulación de la radiación en el muro de piedra; 3 -calefacción por radiación y convección desde el muro a los dormitorios, 4 -ventilación natural regulable. Elaboración propia.

Las carpinterías son de marco de chapa con doble vidriado hermético, al igual que las superficies vidriadas para materializar los muros acumuladores de calor para calefaccionar los ambientes durante todo el año. Estas envolventes verticales cuentan en su parte posterior con un muro de piedra del lugar pintado exteriormente de color oscuro (Fig.5).

Este sistema es muy utilizado en la arquitectura vernácula porque aprovecha las propiedades térmicas de los materiales de la envolvente: se utiliza la inercia térmica del edificio y compensa las marcadas diferencias térmicas entre el interior y el exterior (Gonzalo,1988)

El proyecto de la Escuela y albergue incorporó paulatinamente un sistema para calentar agua de uso sanitario a través de un colector solar con termotanques y tubos de vidrio cerrados al vacío. Por otra parte, cuenta con colectores solares planos para calentar aire y llevarlo por conductos al área de baños-vestuarios.

Ambos dispositivos funcionan en la actualidad de manera eficiente. La localidad de Alfarcito tampoco cuenta con servicio gas por red, por lo que este tipo de sistema es una alternativa viable para enfrentar el déficit energético y aprovechar el recurso solar.

Caso 3: Viviendas sociales Barrio Ecosol, Rosario de Lerma, Salta

La vivienda unifamiliar analizada forma parte de un conjunto de 60 unidades sociales desarrollado desde 1996 por la Municipalidad de Rosario de Lerma y la Cátedra de Materiales y técnicas Regionales de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de UCASAL. Se encuentran ubicadas en la localidad de Rosario de Lerma a 35 Km. de la ciudad de Salta y a 1.420 msnm. Sus coordenadas geográficas son: Latitud sur: 24°59'00'' y Longitud oeste: 65°35'00'' El clima corresponde a la Zona Bio-climática IIIb: Templado cálido según la Norma IRAM 11603.

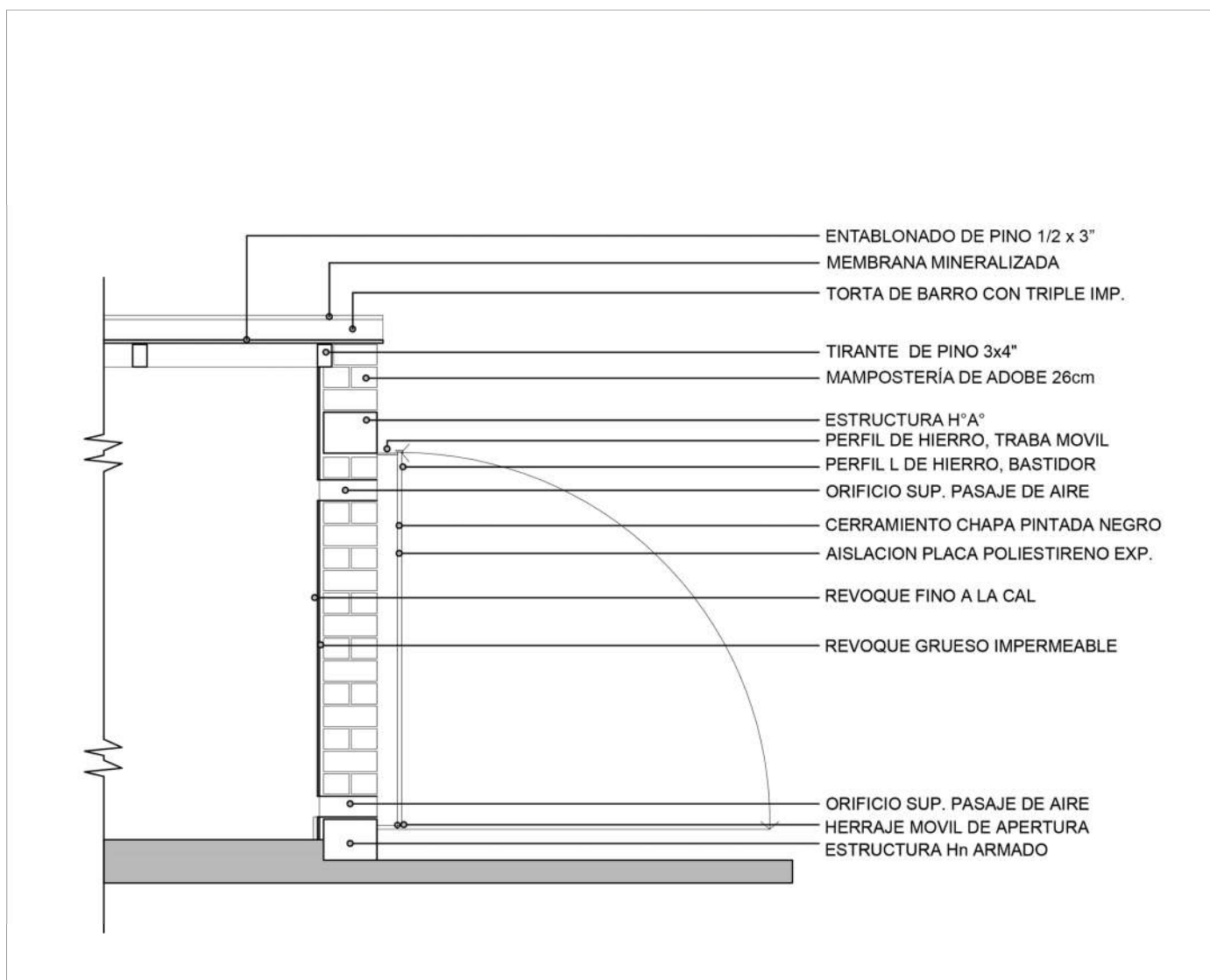


Fig.6. Sistemas constructivos de las envolventes del Caso 3 (elaboración propia)

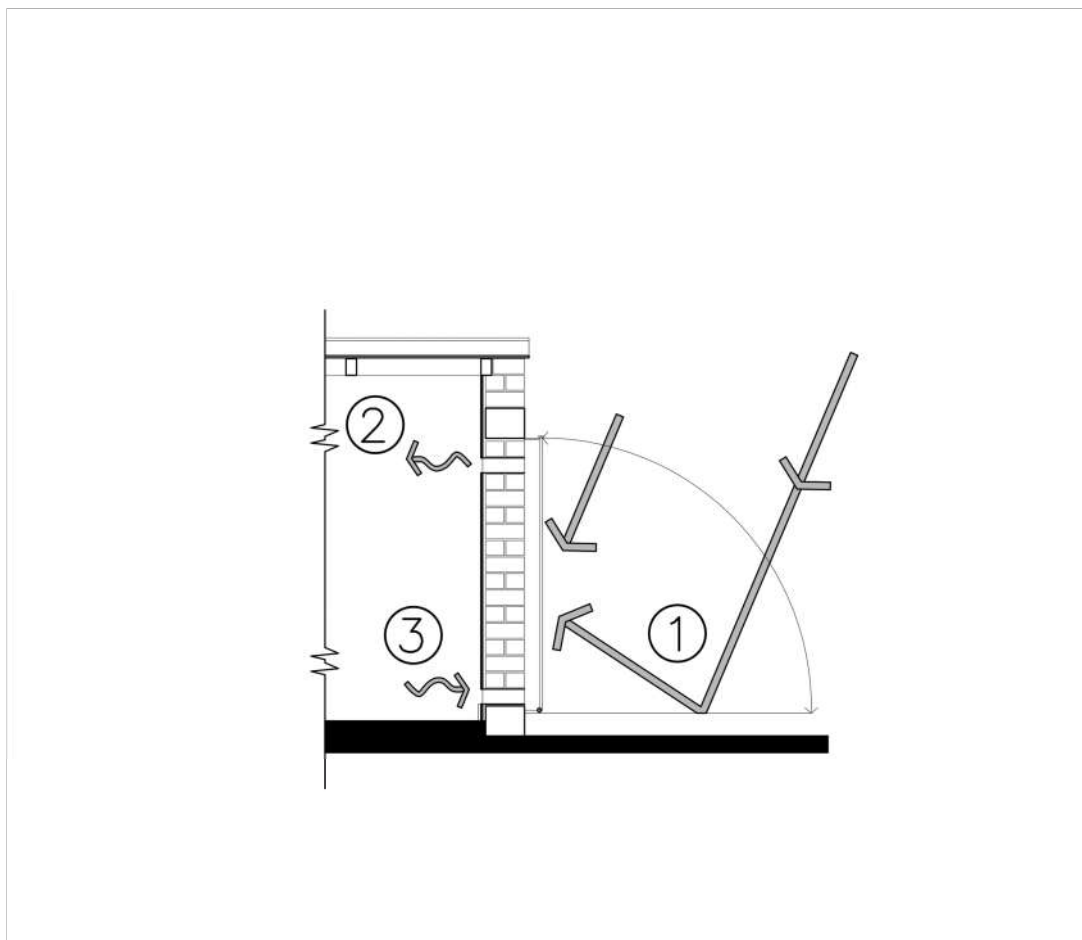


Fig.7. Esquema de funcionamiento del sistema de calefacción pasiva por muros acumuladores de calor. Caso 3. (Elaboración propia)

La vivienda tiene una superficie de 102 m², en un terreno propio de 20 x 40 m con áreas de huerta y árboles frutales. Cada vivienda cuenta con estar-comedor y un invernadero adosado con orientación norte. Además, tiene cocina, lavadero y baño orientados al sur, dos dormitorios con muros acumuladores de calor al oeste y ventanas norte y sur y una galería orientada en su lado mayor al este.

Los sistemas constructivos están conformados por una estructura sismo resistente de hormigón armado. Los muros exteriores son de adobe estabilizado. El invernadero está materializado con carpinterías de hierro de vidrios repartidos y cuenta con un solado de piedra para acumular el calor en invierno. Este espacio funciona como un sistema de ganancias directas para calefacción. La cubierta tiene estructura de madera y una terminación superior de torta de barro con triple impermeabilización y terminación de membrana mineralizada color rojo. (Fig.6)

Los muros acumuladores de calor son de piedra pintada exteriormente de color negro para captar la radiación del oeste en el invierno. Tienen un dispositivo móvil de cerramiento para que en el verano funcionen solo para ventilación nocturna. Funcionamiento del sistema de ganancia solar directa: 1-La radiación solar en invierno incide sobre el muro o la carpintería de chapa negra 2-distribución interior de la radiación por convección; 3-renovación de aire inferior. (Fig.7)

El proyecto genera energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos y un sistema off grid para el autoconsumo de las necesidades eléctricas de la vivienda. En la actualidad casi la totalidad de los equipos no se encuentran en funcionamiento por diversas razones tales como el deterioro y falta de mantenimiento de los componentes.

Datos de radiación solar y de temperaturas de cada localidad en donde se sitúan los casos de estudio

Para determinar los datos de radiación solar y de temperaturas medias de las localidades de los casos de estudio se utiliza el software libre SISol. En cada caso se ingresan los datos de latitud y longitud de las obras para ubicar el punto de referencia. El programa arroja una serie de gráficos que se detallan a continuación al igual que su interpretación. A su vez se obtienen del Atlas de energía solar de la República Argentina (Grossi Gallegos y Righini, 2007) los datos de heliofanía efectiva promedio mensual para invierno (junio) y verano (diciembre). (Tabla 1)

Caso 01: La temperatura media anual es de 12.29°C. La heliofanía efectiva promedio de junio es 6 hs y de 8 hs en diciembre. La radiación solar global anual sobre plano horizontal es de 2297.04 kWh/m².

De acuerdo a un análisis de temperaturas realizado para el Caso 1 podemos interpretar que entre los meses de marzo a octubre se registran temperaturas medias por debajo de los 15°C, con amplitud térmica entre el día y la noche de entre 9 y 12 grados centígrados, de acuerdo al climograma de la Localidad de Cachi. Por lo tanto, se debe considerar la implementación de un sistema de calefacción para garantizar el confort térmico en la vivienda durante este período de tiempo. El sistema de ganancia directa adoptado resulta adecuado

Como hemos analizado con anterioridad, La Norma IRAM 11603 recomienda, para la Zona Bio-climática IVa, proveer los recursos necesarios para el mejoramiento de la inercia térmica de las envolventes, ya que es una región de grandes amplitudes térmicas, principalmente en verano cuando se dan las mayores amplitudes del país.

Caso 02: La temperatura media anual es de 9.49°C. La heliofanía efectiva promedio de junio es 6 hs y de 8 hs en diciembre. La radiación solar global anual sobre plano horizontal es de 2142.78 kWh/m².

De acuerdo al análisis de temperaturas realizado para la zona, podemos interpretar que durante todo el año se registran temperaturas medias por debajo de los 15°C y entre los meses de marzo a octubre son inferiores a 13°C con amplitud térmica entre el día y la noche de entre 11 a 19 grados centígrados, de acuerdo al climograma de la Localidad del Alfarcito. Por lo tanto, se debe considerar la implementación de algún sistema de calefacción para garantizar el confort térmico del edificio durante todo el año.

	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Temperatura media (°C)	Radiación solar (global, kWh/m²)	Radiación solar s/plano (difusa, kWh/m²)
Caso 01 - Vivienda en Cachi	25,07	66,11	2389	12,29	2297,04	1837,63

Caso 02 - Albergue estudiantil Alfarcito	24,29	65,53	2800	9,49	2142,78	1714,22
Caso 03 - Vivienda en barrio Ecosol, Rosario de Lerma	24,59	65,35	1420	16,77	1747,19	1397,75

Tabla 1. Síntesis de datos geográficos y climáticos de los tres casos de estudio. Elaboración propia

El clima corresponde a la Zona Bio-climática V: Frío de acuerdo a la Norma IRAM 11603. Dicha Norma recomienda las buenas aislaciones de pisos, muros y cubiertas y la reducción del tamaño de las aberturas en todas las orientaciones, pudiendo considerar de mayor tamaño aquellas orientadas al norte. Asimismo, se recomiendan las orientaciones NE-N-NO para obtener una máxima ganancia por radiación.

Caso 03: La temperatura media anual es de 16.77°C. La heliofanía efectiva promedio de junio es 5 hs y de 7 hs en diciembre. La radiación solar global anual sobre plano horizontal es de 1747.19 kWh/m².

De acuerdo al análisis de temperaturas realizado para la zona, podemos interpretar que durante los meses de noviembre a febrero se registran temperaturas medias mayores a los 20°C y entre los meses de marzo a octubre son inferiores a 18°C con amplitud térmica entre el día y la noche. Se debe considerar la implementación de algún sistema de calefacción para garantizar el confort térmico del edificio durante los meses de abril a septiembre.

El clima corresponde a la Zona Bio-climática IIIb: Templado cálido de acuerdo a la Norma IRAM 11603. Dicha Norma recomienda consideraciones de eficiencia en las aislaciones de las envolventes para las condiciones climáticas de invierno y protecciones de la radiación para los meses críticos de verano, evitando aberturas excesivas en las fachadas oeste (Tabla 2).

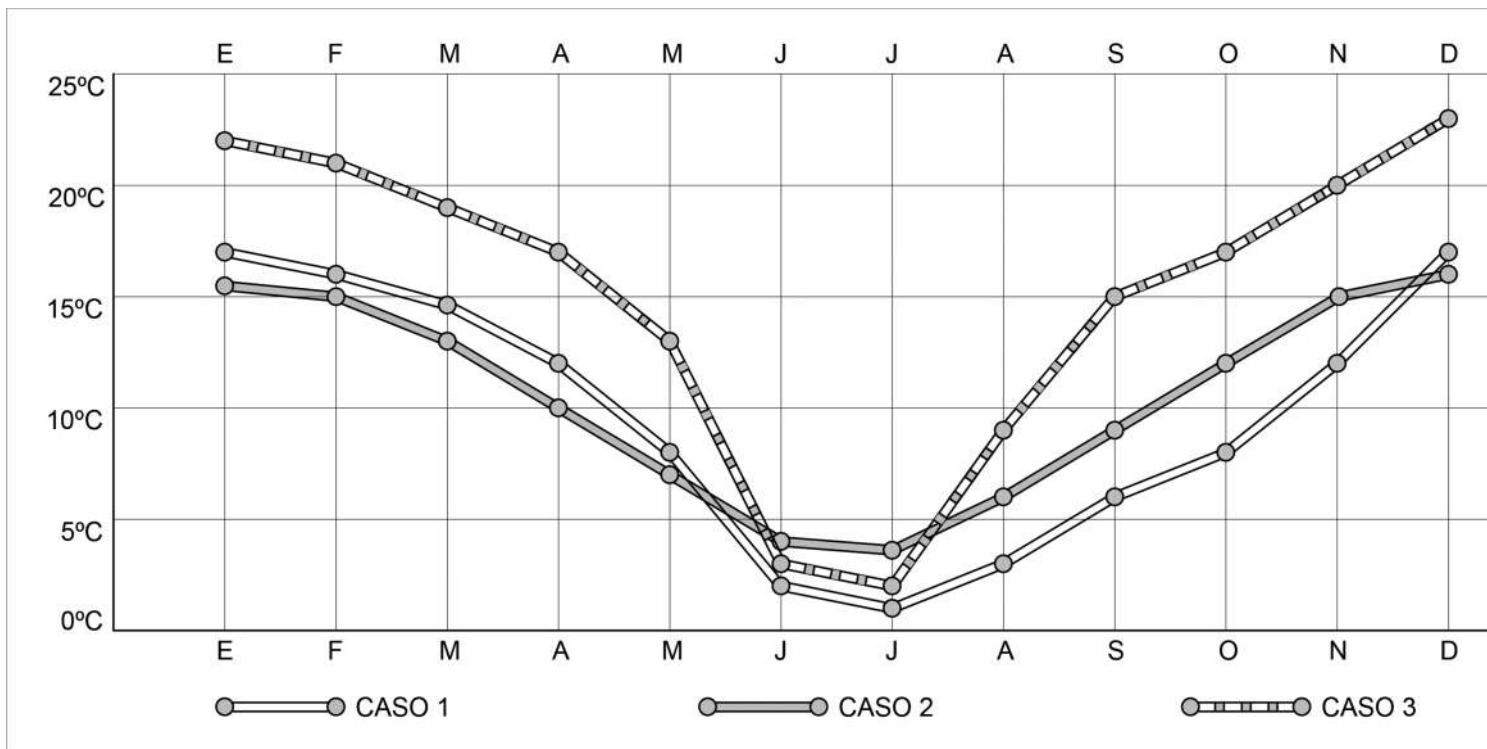


Tabla 2. Temperaturas medias anuales de los tres casos de estudio en base a los datos obtenidos con el software libre SIsol

Resultados de las encuestas realizadas a los usuarios de las viviendas analizadas

Los resultados de la encuesta elaborada, permite conocer, de qué manera perciben los usuarios, las condiciones de confort de un edificio diseñado con criterios bioclimáticos.

Por otra parte, indaga sobre la participación en el accionamiento de los dispositivos para aprovechar las condiciones climáticas naturales (estacionales, día-noche, entre otras) para lograr las condiciones de confort interior.

Para el Caso 01, se encuestaron a cinco personas que habitan diferentes unidades del conjunto de quince viviendas iguales en su disposición interior, materialidad y forma constructiva, al igual que la orientación de sus locales. Para el Caso 02 se encuestaron a dos usuarios: un adulto que realiza tareas de administración del edificio y un adolescente que lo habita. En relación con el Caso 03 se encuestaron a dos habitantes de diferentes unidades, un adulto mayor que habita la vivienda desde la creación del barrio y un adulto joven que vive hace cinco años en la unidad. A continuación, se presenta la (Tabla 3) resumen de respuestas a la encuesta.

		A - Condición de confort interior		B - Realiza practicas/rutinas para lograr confort	C - Habitabilidad en vivienda que incorporó criterios bioclimáticos
		Verano	Invierno		
Caso 01	Usuario 01	■	■	■	■
	Usuario 02	■	■	■	■
	Usuario 03	■	■	■	■
	Usuario 04	■	■	■	■
	Usuario 05	■	■	■	■
Caso 02	Usuario 01	■	■	■	■
	Usuario 02	■	■	■	■
Caso 03	Usuario 01	■	■	■	■
	Usuario 02	■	■	■	■

Tabla 3. Resultados de las encuestas realizadas a los usuarios de las viviendas de los 3 casos de estudio (Elaboración propia)

Observaciones y comentarios adicionales de los usuarios para el caso 01:

— En los meses de invierno el sistema de pisos y muros acumuladores funcionan de manera adecuada y el calor se mantiene durante toda la tarde y noche. Es necesario tener en cuenta que hay que cerrar los postigos que cubren las ventanas a media tarde para mantener el calor que ha ingresado dentro de la galería-estar, para que no se pierda en parte (las carpinterías tienen vidrio simple de 4 mm de espesor en todos los casos).

— Debido a la radiación, durante los meses de verano deben permanecer los postigos cerrados, ingresando de este modo muy poca iluminación natural al área de estar-comedor. Algunas de las viviendas del conjunto incorporaron parras y vides que crecen en época estival para controlar la radiación solar y tamizar la luz por medio de este tipo de vegetación de hoja caduca.

— Las prácticas y rutinas que se realizan habitualmente son las de apertura y cierre de puertas, ventanas y postigos para garantizar el funcionamiento de los sistemas pasivos de calefacción y la generación de ventilaciones cruzadas.

— Para que funcione el sistema de acumulación y conservación del calor en el piso y el muro interior de piedra no deben existir elementos (en este caso mobiliario) sobre estas superficies que obstaculicen la radiación solar. Por lo tanto, en este caso, la relación de ancho de la galería-estar-comedor es angosta para ubicar el equipamiento necesario de la vivienda. Por lo general, los usuarios dejan libre de mobiliario la superficie que está frente a los aventanamientos para que la radiación incida de manera directa.

— Los sistemas de calefacción pasiva, de iluminación y ventilaciones naturales resultan muy eficientes y no representan un costo en la factura de electricidad ni se depende de la compra de gas envasado para la calefacción. Observaciones y comentarios adicionales de los usuarios para el caso 02:

— Las temperaturas medias durante todo el año son bajas (enero 15 °C; invierno 3°C) por lo tanto, es necesario contar con un sistema de calefacción para lograr el confort térmico interior constante. El sistema de muros acumuladores de calor orientados al norte, garantiza una temperatura interior adecuada para las áreas de dormitorios. Habitualmente se practica la apertura de ventanas para la ventilación natural cruzada de los locales en horas de la mañana, luego se cierran para conservar el calor durante el resto del día.

— Los sistemas de calefacción pasiva, de iluminación y ventilaciones naturales resultan muy eficientes. Se aprovechan las horas de radiación directa para mejorar las condiciones de confort interno en un clima adverso. Observaciones y comentarios adicionales de los usuarios para el caso 03:

— En los meses de invierno el sistema de pisos y muros acumuladores funcionan de manera adecuada y el calor se mantiene durante toda la tarde y noche. Durante el verano se deben cubrir los ventanales expuestos al norte con algún cortinado denso para no permitir el ingreso de la radiación ya que no estaba previsto en el proyecto original ningún tipo de oscurecimiento para esta época del año.

— Las galerías al este y al sur son muy utilizadas durante todo el año para el desarrollo de actividades semicubiertas y funcionan como una extensión de la vivienda muy valorada por sus usuarios.

— los muros acumuladores de calor de los dormitorios son muy eficientes en invierno y las aberturas en las caras norte y sur permiten una buena ventilación y refrescamiento en verano asociada a la vegetación de los jardines de cada vivienda.

Síntesis de las herramientas proyectuales aplicadas en los casos estudiados para lograr las condiciones de confort en los edificios de vivienda:

— Utilización de protecciones solares fijos (aleros, parasoles, galerías), móviles (postigones, persianas o cortinados) y naturales (pérgolas, arbolado de alineación o puntuales, de hoja caduca o perenne) Estudio del tipo y tamaño de las aberturas de acuerdo a las orientaciones de exposición solar.

— Análisis y definición de los sistemas constructivos apropiados para lograr envolventes eficientes térmicamente de acuerdo a las condiciones climáticas del sitio de emplazamiento del edificio.

— Estudio de factibilidad y diseño de sistemas de calefacción por ganancias solares en envolventes verticales, horizontales e inclinadas.

— Incorporación de sistemas activos para la producción energética a través de la radiación solar: energía solar fotovoltaica (para producir electricidad) y energía solar térmica (para obtener agua y aire caliente)

— Integración de estos criterios bioclimáticos a las consideraciones formales, estéticas y materiales de los edificios.

Conclusiones

El estudio de las características climáticas y del contexto tales como las temperaturas, la heliofanía, la radiación solar, el régimen de vientos, por un lado y la accesibilidad a los recursos materiales y energéticos, por el otro, nos permiten tomar decisiones proyectuales para mejorar las condiciones de confort en el diseño de viviendas. Las normas y los sistemas de información utilizados que recomiendan estrategias y nos brindan algunos indicadores, tienen una relación directa a través de la utilización de herramientas proyectuales capaces de brindar guías y pautas a los diseñadores de la práctica proyectual y el quehacer profesional. La implementación de sistemas pasivos de calefacción a través del aprovechamiento de la energía solar, posibilita resolver las necesidades de calefacción de viviendas con sistemas que se integran a

las envolventes del edificio. Dichas envolventes pueden desarrollarse a través de sistemas constructivos utilizando materiales y técnicas constructivas locales.

El estudio de casos realizado, muestra que, para el noroeste y centro de la Provincia de Salta, es viable acondicionar viviendas a través de sistemas de calefacción mediante la captación solar directa. Esto mismo puede ocurrir en otras provincias argentinas que tengan similares características climáticas.

Las encuestas realizadas a los usuarios de las viviendas indican que los sistemas desarrollados son adecuados para brindar y garantizar el confort térmico interior. En el Caso 01 y 03 (vivienda en Cachi y en Rosario de Lerma) los usuarios son protagonistas activos de la manipulación de los cerramientos para garantizar y controlar el ingreso de la radiación (invierno) o no permitir su ingreso (verano). En el Caso 02 (Albergue de estudiantes El Alfarcito) el sistema de muros acumuladores de calor se encuentra siempre operativo. Los usuarios tienen la capacidad de regulación de las ventilaciones naturales durante las estaciones del año y las horas del día. Por lo tanto, se accionan las carpinterías de proyección para regular el ingreso de aire fresco y así refrescar el interior cuando sea necesario.

Asimismo, consideramos que estas herramientas de diseño aplicadas, pueden satisfacer, por un lado, las condiciones térmicas de confort de los usuarios y por el otro, contribuyen a reducir las necesidades energéticas adecuándose a las características ambientales de cada zona climática en donde se implantan los proyectos.

Referencias bibliográficas

Blasco Lucas, I., Carestia, C. y Carossia, E. (mayo de 2016). Análisis térmico-energético estival de tipología FONAVI y vivienda bioclimática en la ciudad de San Juan, Argentina. Ponencia en el Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable, La Plata, Buenos Aires, Argentina

Espinosa Cancino, C. y Cortés Fuentes, A. (2015). Confort higrotérmico en vivienda social y la percepción del habitante. En Revista INVI, 30 (85), 227-42

Esteves Marimont, A. (2018). Arquitectura Bioclimática y sustentable. Mendoza, Argentina: Alfredo Esteves

Esteves Marimont, A., Mercado, M., Barea, G. y Gelardi, D. (2018). Building Shape that Promotes Sustainable Architecture. Evaluation of the indicative Factors and its Relation with the Construction Costs. En Architecture Research, 8 (4)

Filippin, C., Marek, L. y Flores Larsen, S. (2017). Integración del proceso del diseño y construcción de un edificio bioclimático para el inta-guatraché. monitoreo, performance energética y relocalización. En Energías Renovables y Medio Ambiente (ERMA), 40, 65-75

Gonzalo, G. (1988). The Bioclimatic Design in the Traditional Architecture of North Argentina. Energy and Buildings for Temperate Climates. Oxford, UK: Pergamon Press

Gonzalo, G. (2004). Manual de Arquitectura Bioclimática. Buenos Aires: Nobuko

Grossi Gallegos, H. y Righini, R. (2007). Atlas de energía solar de la República Argentina. Luján, Argentina: SECYT-UNLu

IPCC (2021). Cambio Climático 2021: Bases físicas. Contribuciones del Grupo de Trabajo I al VI. Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (1996). Norma IRAM 11603 de acondicionamiento térmico en edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires: IRAM
- Martinez, C. y Gonzalo, G. (2001). Análisis del comportamiento higrotérmico de los cerramientos exteriores en viviendas del IPV en San Miguel de Tucumán. En Avances en energías renovables y medio ambiente, 5, 21. Buenos Aires: ASADES
- Organización Naciones Unidas (1987). Our Common Future. Oxford: Oxford University Press
- Bergoglio, J. M. (2015). Laudato Si'. Sobre el cuidado de la casa común. Ciudad del Vaticano: Librería Editorial Vaticana
- San Juan, G. (Coord.). (2013). Diseño bioclimático como aporte al proyecto arquitectónico. La Plata, Argentina: EDULP
- Sarmiento Barbieri, N., Et. Al. (2017). Atlas de radiación solar de la provincia de salta. Sistema de información geográfico digital. Universidad Nacional de Salta, Argentina: Grupo de planificación energética y gestión territorial. Instituto de investigaciones en energía no convencional
-

1. Sebastián Miguel

Arquitecto y magíster en Diseño Arquitectónico, FADU-UBA. Sub director del Instituto de Sustentabilidad Energética y Diseño Bioambiental - UCASAL. Director y profesor de posgrado en Especialización en Diseño Arquitectónico Bio-Ambiental - UCASAL. Profesor titular Energías Renovables aplicadas a la arquitectura - UCASAL. Director del Laboratorio bioambiental de Diseño - UFLO. Profesor titular Ecología del paisaje y Energías sustentables, UFLO. Investigador y autor de 22 publicaciones científicas. Director de tesis de grado (3), tesis de maestría (1) codirector de beca doctoral CONICET (1)↵