

# Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales 2020

Docencia  
Investigación  
Extensión  
Gestión



DOCENCIA  
INVESTIGACIÓN  
EXTENSIÓN  
GESTIÓN



## PUBLICACIONES RECIENTES



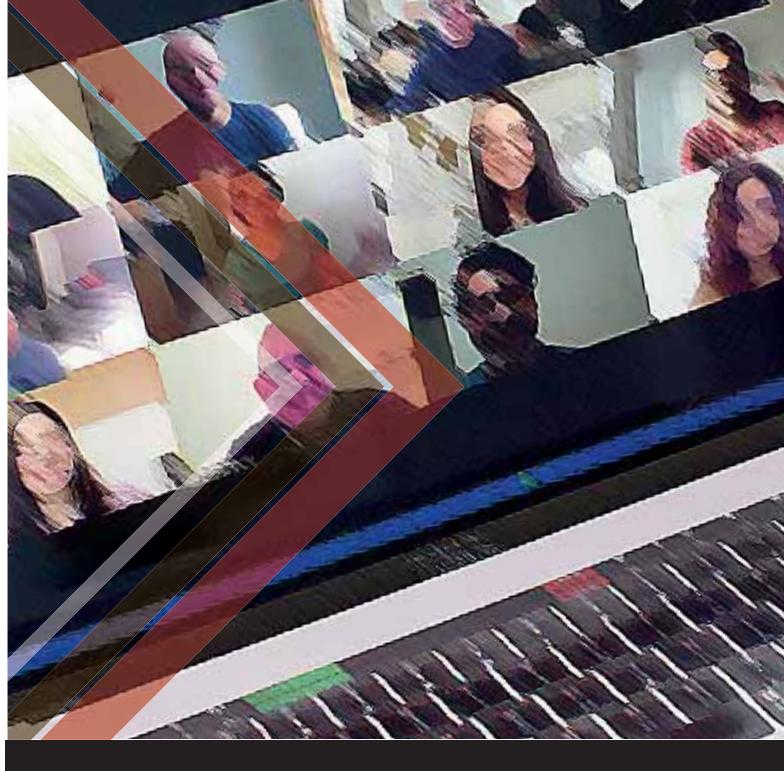
[https://www.arq.unne.edu.ar/  
comunicaciones-cientificas-  
anuales/](https://www.arq.unne.edu.ar/comunicaciones-cientificas-anuales/)

ISSN 1666-4035

# Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales

## 2020

Docencia  
Investigación  
Extensión  
Gestión



DOCENCIA  
INVESTIGACIÓN  
EXTENSIÓN  
GESTIÓN



## Comisión evaluadora

### Dirección General

Decano de la Facultad  
de Arquitectura y Urbanismo  
Dr. Arq. Miguel A. BARRETO

### Dirección Ejecutiva

Secretaría de Investigación  
Dra. Arq. Venettia ROMAGNOLI

### Comité Organizador

Herminia ALÍAS  
Andrea BENÍTEZ  
Anna LANCELLA  
Patricia MARIÑO  
Lucrecia SELUY  
Cecilia DE LUCCHI

### Asistentes - Colaboradores:

Carlos Ariel AYALA CHABAN  
César AUGUSTO

### Coordinación editorial y compilación

Secretaría de Investigación  
Dra. Arq. Venettia ROMAGNOLI

### Diseño y Diagramación

Marcelo BENÍTEZ

### Corrección de texto

Cecilia VALENZUELA

### Edición

Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Universidad Nacional del Nordeste  
(H3500COL) Av. Las Heras 727.  
Resistencia. Chaco. Argentina  
Web site: <http://arq.unne.edu.ar>

María Teresa ALARCÓN / Jorge ALBERTO / María Teresa  
ALCALÁ / Gisela ÁLVAREZ Y ÁLVAREZ / Abel AMBROSETTI  
/ Guillermo ARCE / Julio ARROYO / Teresa Laura ARTIEDA  
/ Milena María BALBI / Indiana BASTERRA / Claudia Virgi-  
nia BENYETO / Gladys Susana BLAZICH / Bárbara Celeste  
BREA / Walter Fernando BRITES / César BRUSCHINI / René  
CANESE / Sylvina CASCO / Mónica Inés CESANA BERNAS-  
CONI / Daniel CHAO / Rubén Osvaldo CHIAPPERO / Enrique  
CHIAPPINI / Mauro CHIARELLA / Susana COLAZO / Mario  
E. DE BÓRTOLI / Patricia DELGADO / Patricia Belén DEMUTH  
MERCADO / Juan Carlos ETULAIN / Claudia FINKELSTEIN /  
María del Socorro FOIO / Pablo Martín FUSCO / Graciela Ce-  
cilia GAYETZKY DE KUNA / Claudia Fernanda GÓMEZ LÓPEZ  
/ Elcira Claudia GUILLÉN / David KULLOCK / Amalia LUCCA  
/ Sonia Itatí MARIÑO / Fernando MARTÍNEZ NESPRAL /  
Aníbal Marcelo MIGNONE / María del Rosario MILLÁN /  
Daniela Beatriz MORENO / Martín MOTTA / Bruno NATALINI /  
Claudio NÚÑEZ / Patricia NÚÑEZ / Susana ODENA / Mariana  
OJEDA / María Mercedes ORAISÓN / Silvia ORMAECHEA /  
María Isabel ORTIZ / Jorge PINO BÁEZ / Nidia PIÑEYRO /  
Ana Rosa PRATESI / María Gabriela QUIÑÓNEZ / Liliana  
RAMIREZ / María Ester RESOAGLI / Laura Liliana ROSSO /  
Mario SABUGO / Lorena SÁNCHEZ / María del Mar SOLÍS  
CARNICER / Luciana SUDAR KLAPPENBACH / César VA-  
LLEJOS TRESSENS / Luis VERA

---

### ISSN 1666-4035

Reservados todos  
los derechos. Im-  
preso en Vía Net,  
Resistencia, Chaco,  
Argentina. Septiem-  
bre de 2017.

La información contenida en este vo-  
lumen es absoluta responsabilidad de  
cada uno de los autores.

Quedan autorizadas las citas y la repro-  
ducción de la información contenida en  
el presente volumen con el expreso re-  
querimiento de la mención de la fuente.

# DISEÑO SOLAR PASIVO. MANEJO DE LA ORIENTACIÓN, COLOR Y VEGETACIÓN EN EDIFICIOS PARA EL AHORRO ENERGÉTICO EN RESISTENCIA Y CORRIENTES

**Verónica E. BARUZZO**  
baruzzoveronica@gmail.com

Becaria de Investigación de pregrado, Secretaría General de Ciencia y Técnica (SGCyT), UNNE. Cátedra Estructuras II, FAU-UNNE.

## RESUMEN

Una de las principales problemáticas de las edificaciones actuales es adaptarse, mediante el diseño de su envolvente, a la región donde se emplazan, para generar así un consumo energético (y mantener condiciones interiores que permitan el desarrollo normal de las actividades para las que fueron construidas) entre un 40 % a 80 % superior que el demandado por una edificación con diseño solar pasivo. Además, la falta de adaptación del edificio a su entorno produce condiciones internas que generan estrés térmico en las personas; esto fuerza al cuerpo a contrarrestar los cambios de temperatura soportan-

do espacios muy calientes o muy fríos y obliga a usar acondicionamiento térmico electromecánico, lo que aumenta el consumo de energía (Echeverría Vial). Frente a esto, la implementación de un diseño solar pasivo acorde con la región sería una herramienta de control para la mejora de la eficiencia energética, y daría lugar a una arquitectura consciente y sustentable. El presente trabajo pretende detectar las pautas y estrategias de diseño solar pasivo pertinentes para su aplicación en edificaciones locales.

## PALABRAS CLAVE

Arquitectura consciente; control energético.

## OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar propuestas de diseño arquitectónico tendientes al logro de la eficiencia energética edilicia a partir de detectar las pautas y estrategias de diseño solar pasivo pertinentes para su aplicación en edificaciones locales. Para ello se parte de la problemática que tienen las edificaciones en nuestra región, se desarrolla un análisis de modelos de arquitectura solar pasiva para climas similares en otros contextos geográficos y se plantean posibles analogías y extrapolaciones para el contexto local de Resistencia y Corrientes. Se fundó en un análisis de los datos adquiridos respecto del diseño solar pasivo y su tratamiento en distintos países y situaciones geográficas, climáticas, económicas y socio-culturales. En el empleo del análisis y síntesis logrados, se desarrolló una serie de estrategias y pautas de diseño para la construcción pasiva en nuestra región, como un instrumento guía para



su aplicación. De este modo se puede lograr que los espacios interiores reúnan condiciones higrotérmicas más cercanas a las del confort, y por lo tanto demanden un uso menos intensivo de dispositivos electromecánicos de climatización artificial, y así disminuya el consumo de energía eléctrica.

## INTRODUCCIÓN

En la región del NEA es escasa la implementación y adecuación de

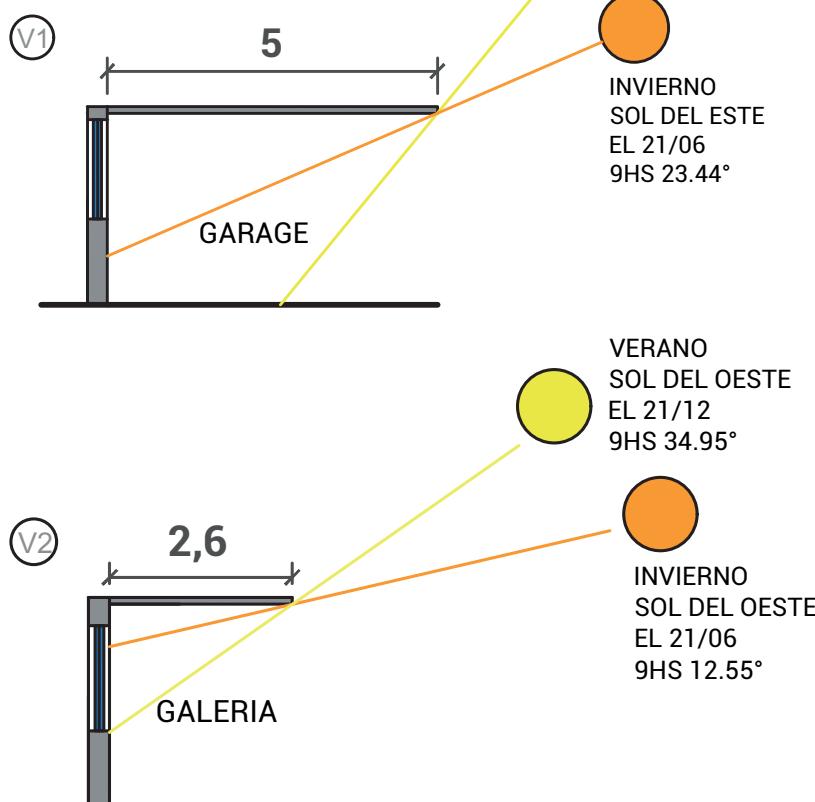
las estrategias de diseño pasivo. Se recurre al uso excesivo de fachadas vidriadas, no se evidencia consideración de adecuación a las orientaciones, ni uso de vegetación autóctona como protectora y amortiguadora de las inclemencias climáticas de nuestra región, la que se encuentra categorizada según las normas IRAM (11603) como zona I, subzona "b": muy cálido, con altas temperaturas en verano e inviernos moderados, en combinación con altas humedades

relativas. Esto da lugar a sensaciones psicofísicas de desconfort en las personas, lo cual conlleva el uso excesivo de dispositivos eléctricos para regular el confort interior mediante sistemas de climatización y genera un consumo desmedido de la energía.

La vida útil media de los edificios se estima en varios años, lo cual implica que decisiones pobres en materia de confort térmico en su diseño inicial provoca un importante derroche de recursos energéticos que podrían ahorrarse a lo largo de su ciclo de vida. Sería de gran importancia mejorar el diseño arquitectónico sobre la base del entorno que lo rodea, considerando la envolvente del edificio, las orientaciones, el color y vegetación autóctona del lugar, mejorando el desempeño higrotérmico mediante el diseño solar pasivo (Sánchez, 2016). El acondicionamiento higrotérmico es imprescindible para lograr los niveles adecuados de confort térmico, mantener la salud de los habitantes, liberarse de los efectos que produce la condensación de humedad y ahorrar energía.

## DESARROLLO

En primera instancia se realizó el análisis de la temática y se avanzó en la comprensión de la importancia de su aplicación en la región estudiada. Mediante la investigación y el análisis comprendidos en la primera etapa del desarrollo del trabajo, se llegó a la comprensión, a través de distintas fuentes, de que la utilización



y el aprovechamiento del diseño solar pasivo deberían regir como prioridad a la hora de proyectar una edificación. Este determina entre un 40 % y un 60 % la posibilidad de reducción del consumo energético de las edificaciones, mediante mejoras en el diseño de la envolvente térmica y los hábitos de utilización.

En la zona bioambiental analizada, al considerarse muy cálida-húmeda, la mayor preocupación se centra en evadir la radiación solar principalmente en verano; por ello se plantearon estrategias pasivas que ayudan a mitigar la absorción solar, como el uso de elementos de protección pasiva, siendo estos voladizos, balcones o estructuras móviles, como persianas, toldos y pérgolas.

En estos ejemplos podemos apreciar cómo incide el sol dependiendo la estación del año y que elemento de protección usemos. Apreciamos que, dependiendo del largo, ya sea pérgola, alero o voladizo, el sol incidirá en verano o no; debemos evitar su incidencia al máximo en esta época del año, ya que generaría más ganancia de calor en el interior del local y demandaría más consumo de energía. En cambio, caso contrario sería en invierno, cuando debemos aprovechar la incidencia del sol para ganar calor y prescindir de la calefacción para mejorar el confort interno.

Podemos sacar un porcentaje de protección, si mantenemos a una misma altura de antepecho, variamos el largo del elemento de protección y

dependiendo de la inclinación de la incidencia solar, definimos que

$$L_{ideal} = ax2,6/35 \text{ (tomamos como ideal el largo 2.6 y el ángulo } 35^\circ)$$

$$PP = Lx100/L_{ideal}$$

PP: sería el porcentaje de protección para una altura de antepecho de 0,90 cm. Para ello manejamos como óptimo el largo 2.6 m para un ángulo de  $35^\circ$  (para verano)

L: Largo de protección solar.

L ideal: el calculado dependiendo del ángulo de incidencia del sol.

a: ángulo del sol.

Si seguimos esta fórmula, verificamos lo siguiente en el ejemplo:

V1:

$$L_{ideal} = 50,67 \times 2,6 / 35 = 3,76 \text{ m}$$

PP:  $5 \times 100 / 3,76 = 132,97\%$  de protección solar en verano.

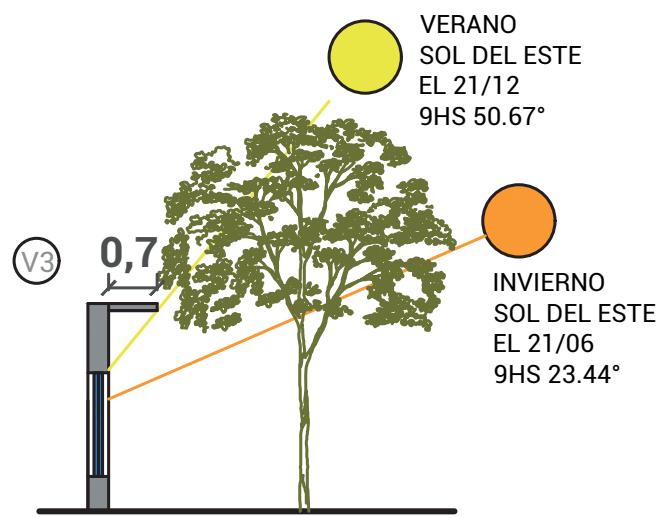
V2:

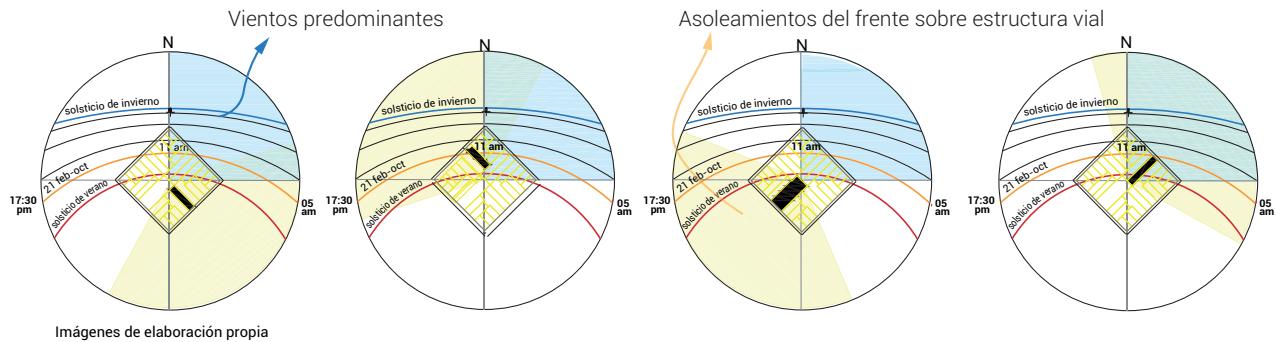
$$L_{ideal} = 34,95 \times 2,6 / 35 = 2,59 \text{ m}$$

PP:  $2,59 \times 100 / 2,59 = 100\%$

Con este método sencillo podemos apreciar o considerar la protección solar que deseamos para cada tipo de ventana y su función.

La vegetación pocas veces es considerada en el diseño de la arquitectura sustentable, y sin embargo comprende una de las estrategias más eficientes a la hora de mitigar la incidencia del sol. Los árboles son excelentes para brindar sombra en los meses más calientes del año y cumplir la función de cortavientos en los meses más fríos. Esta doble función los posiciona entre una de las mejores estrategias de diseño solar pasivo;





Imágenes de elaboración propia

además es una solución práctica, de menor costo y que conlleva múltiples beneficios tanto en la vivienda como en el ambiente. Al realizar una protección solar de poca longitud lo ideal es cumplimentarla con vegetación, en este caso un árbol de hojas caducas, lo cual reduciría la incidencia solar en verano en el local y enfriaría el aire mediante la humectación por evapotranspiración.

Por otro lado, el diseño de la fachada también es de suma importancia. Se basa principalmente en conocer el entorno, las edificaciones que lo rodean, los vientos predominantes; de esta forma se la diseñará sobre la base de las estrategias pasivas que le sean óptimas.

En este caso analizamos estos factores en la ciudad de Resistencia y Corrientes, y obtuvimos como resultado que dependiendo de la ubicación del terreno en la manzana, lograriamos diferentes condiciones de asoleamiento y en dónde inciden los vientos predominantes.

Otro aspecto que interviene en el mecanismo de intercambio energético entre la vivienda y el exterior es el color de la fachada. Los colores claros en la fachada de un edificio facilitan la reflexión de la luz natural y, por lo tanto, ayudan a repeler el calor de la insolación. Contrariamente, los colores oscuros facilitan la captación solar. Se analizó el grado de absorción de cada uno, y los colores oscuros absorben

un 80 % más de calor que los colores claros, lo que genera más impacto en el consumo energético. Para el análisis de las alternativas colométricas aplicables en las edificaciones se tomaron en cuenta su nivel de absorción y se consideraron tres colores de uso frecuente, un color muy oscuro, un intermedio y uno claro. Estos se cargaron en el programa ECOTECT (las siguientes imágenes son a modo ilustrativo). En los siguientes cuadros se puede apreciar la gran diferencia en la radiación solar absorbida dependiendo del color empleado en la fachada. Suponiendo que la fachada negra tiene un 90 % de uso energético en refrigeración durante el día, podríamos decir que una fachada de color claro tendría un ahorro energético del 79.75 %.

## TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE

Argentina-Resistencia (Direct Only)

### COLOR NEGRO EN FACHADA

	AVAIL.	AVG	REFLECT	INCIDENT		ABSORBED	
12 meses	Wh/m <sup>2</sup>	SHADE	Wh/m <sup>2</sup>	Wh/m <sup>2</sup>	TOT.Wh	Wh/m <sup>2</sup>	TOT.Wh
TOTAL	1240463		0	144174	163451200	144174	163451200

### COLOR BEIGE EN FACHADA

TOTAL	1240463		0	144174	163451200	42099	47727748
-------	---------	--	---	--------	-----------	-------	----------

### COLOR BLANCO EN FACHADA

TOTAL	1240463		0	144174	163451200	18022	20431400
-------	---------	--	---	--------	-----------	-------	----------

En climas cálidos conviene optar por colores claros, que reflejarán los rayos solares sin absorber el calor. La cubierta es la superficie que mayor incidencia solar recibe. Al utilizar colores claros en paredes interiores y exteriores, se obtendrá buena iluminación, a pesar de que la ventana no tenga un tamaño considerable.

La implementación de aberturas, en las direcciones de vientos predominantes y posicionadas en caras enfrentadas y a distintas alturas, ayuda a la ventilación natural y cruzada de la edificación, e incluso logra que el uso de mecanismos de refrigeración sea casi innecesario.

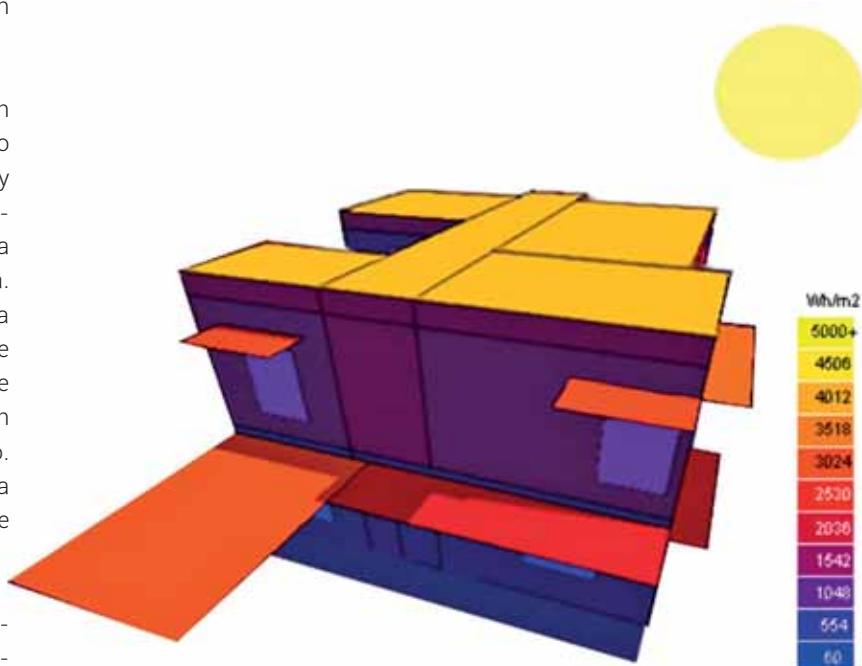
El uso del muro doble consiste en diseñar la envolvente del edificio conformando dos capas continuas y ventiladas. La capa exterior nos servirá como protección solar para la capa interior, que será la que esté aislada. Al ventilar la cámara de aire formada conseguimos protegernos tanto de la radiación solar como del calor que almacenaría la envolvente, creando un microclima en el interior del edificio. En verano, la radiación solar castiga la envolvente del edificio, especialmente la cubierta.

Se generó un prototipo morfológico-constructivo con base en las estrategias de diseño pasivo que se consideraron óptimas para el contexto en el cual se implanta, y de esta forma se procedió a generar el análisis térmico en el programa ECOTECT para analizar los resultados obtenidos. La

forma y el diseño acompañado de una buena elección del paquete tecnológico genera una notable mejora en el comportamiento térmico de nuestra edificación. Está contextualizada, lo que significa que se adquirió la información del entorno donde se emplazaría la obra, el uso adecuado de las orientaciones y en lo posible se trató de conservar vegetación existente en el sitio.

En la imagen apreciamos cuántos Wh/m<sup>2</sup> llegan a cada espacio de nuestra edificación. Esta renderiza-

ción se llevó a cabo en el promedio anual que recibe de radiación solar nuestro prototipo. Como podemos apreciar en la siguiente imagen, el techo es el que más radiación recibe en comparación con que el resto de la edificación. En el margen derecho podemos apreciar la escala numérica de Wh/m<sup>2</sup> basada en una serie de colores. Mediante este programa se pudo determinar qué locales se ven más afectados por la radiación solar y en cuáles debemos optimizar el uso de las estrategias pasivas.



Fuente: cálculos elaboración propia según ficha técnica de artefactos Valor económico según tarifas Secheep (Servicios Energéticos del Chaco, Empresa del Estado Provincial) de agosto de 2019. Idea extraída del trabajo de tesis de Borinelli y Ríos López

COMPARACIÓN EN VERANO		
TIPOLOGÍAS	COMPARACIÓN % y K	COMPARACIÓN % VALOR ECONÓMICO
Vivienda estándar y prototipo diseñado en pos de eficiencia energética	VE consume 60,22 % más Kwh/m	VE 62,57 % más caro
Muro de bloques airblock y muro doble de ladrillo hueco c/CA	M. BLOQUE AIRBLOCK tiene una diferencia menor de 0,32 K	M. BLOQUE AIRBLOCK vale 60,43 % más caro

## CONSUMO Y GASTO ENERGÉTICO

Se compara el consumo energético de una vivienda estándar y una vivienda con arquitectura activa y pasiva que trabajan en conjunto en pos de la eficiencia energética. Las mismas condiciones de consumo, tanto para verano como invierno. Utiliza equipos de frío y calor para acondicionar los ambientes.

## CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

Esta investigación demostró que la implementación de diseño pasivo en las construcciones arquitectónicas es de gran importancia en nuestra zona bioclimática, ya que ayuda a paliar la gran demanda energética por el uso excesivo de mecanismos de refrigeración y calefacción en las edificaciones. Se demostró en los análisis realizados que el diseño arquitectónico

pensado desde el contexto donde se implanta, el uso de la orientación, vegetación, colometría, materiales con bajo coeficiente térmico y artefactos energéticamente más eficientes reduce en un 60 % el gasto de consumo eléctrico.

Se plantea mucho la cuestión de que una vivienda construida en pos de la eficiencia energética es más costosa que una vivienda estándar, lo cual es cierto, pero lo que no se tiene en cuenta es que a lo largo del tiempo ese costo inicial superior se amortizará con el ahorro energético ganado por la vivienda diseñada en pos de la eficiencia energética. Un ejemplo es la comparación hecha entre el porcentaje de ahorro en energía y la diferencia porcentual en la construcción de un muro con buena transmitancia térmica y uno con baja transmitancia térmica.

El uso de buenos materiales reduce hasta en un 80 % la absorción de la

radiación solar en la envolvente del edificio. También se constató que tener en cuenta la vegetación como estrategia de diseño pasivo es muy importante, ya que puede encontrarse de manera autóctona en nuestro terreno y ser útil a la hora de reducir la radiación solar, que es uno de los factores climáticos que más generan conflictos en nuestras edificaciones, por ser una zona de clima muy cálido-húmedo.

Se demostró también que el uso de estrategias pasivas es sencillo de poner en práctica; los materiales y técnicas son de uso frecuente, y si bien la inversión inicial es mayor, estos valores serán amortizados a lo largo del tiempo a través de beneficios económicos que traerán el debido ahorro en el consumo eléctrico. El correcto análisis energético de un edificio, su orientación y protección solar se vuelve de vital importancia por el impacto que ambos factores

presentan en el análisis energético de este. Para ello es necesario que se utilicen de forma óptima las transmisiones de calor (hacia y desde el edificio), aprovechando los recursos que la naturaleza ofrece (luz, viento, vegetación, tierra, humedad, temperatura ambiental ya explicadas), maximizando su eficiencia energética y eliminando o minimizando el uso de sistemas mecánicos de calefacción o climatización. La arquitectura bioclimática permite que a través de un buen diseño se logre el máximo bienestar desarrollando un mínimo costo energético convencional y un mínimo impacto ambiental.

## BIBLIOGRAFÍA

**BORINELLI y RÍOS LÓPEZ.** Trabajo de investigación, trabajo final de carrera. *Arquitectura pasiva residencial en pos de la eficiencia energética para clima cálido húmedo.*

**ECHEVERRÍA VIAL, Bernardo.** El manual de diseño pasivo y eficiencia energética en edificios públicos.

**LANZETTI, Andrea.** *Manual hidrotérmico.* Instituto de Vivienda de la Nación.

**NORMA IRAM 11603.** (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.

**SÁNCHEZ, Ángel** (2016). *Estrategias bioclimáticas para mejorar la eficiencia energética en edificios.* En línea en: <https://angelsinocencio.com/estrategias-bioclimaticas-mejorar-eficiencia/> ■

