



## **EFICIENCIA TÉRMICA- ENERGÉTICA Y ADECUACION BIOAMBIENTAL EN ESCUELA RURAL DE SANTIAGO DEL ESTERO- ARGENTINA**

**Gabriela Giuliano (1); Beatriz Garzón (2)**

(1) Arquitecta y Profesora en Educación Secundaria Modalidad Técnico Profesional, Doctorando en Doctorado en Ciencias en el Área de Energías Renovables, Becaria Doctoral CONICET- MinCyT, ITA, CESPHER, FCEyT- UNSE, gm.giuliano@gmail.com, Av. Belgrano (S) N° 1912, Santiago del Estero, Argentina +54-0385-4509560.

(2) Doctora en Ciencias en el Área de Energías Renovables; Especialista en Gerencia y Vinculación Tecnológica; Investigadora Independiente de CONICET; Directora de Proyectos de IAP. Docente-Investigadora Nivel II del MinCyT-MEN; Prof. Adjunta de la Cátedra de Acondicionamiento Ambiental II, IAA, FAU, UNT, bgarzon@gmail.com, Av. Nestor Kirchner N° 1900, Tucumán, Argentina, +54 0381-4364093.

### **RESUMEN**

A través del estudio y rediseño arquitectónico para la adecuación bioambiental de un prototipo de escuela rural en Totorillas, Santiago del Estero, Argentina; se logró su eficiencia térmica-energética con uso racional de la energía (URE); con el objeto de favorecer las condiciones de confort de esta comunidad educativa en particular y aportar a mejorar el hábitat educativo público- rural en general; por ello se acordó la colaboración mutua de trabajo con la institución estatal pertinente, responsable de la producción de edificios escolares de dicha provincia, Dirección General de Arquitectura (DGA). Los resultados a los que se arribaron son los siguientes: 1) Definición de condicionantes geográficas y climáticas, 2) Determinación de estrategias y selección de pautas bioambientales, 3) Análisis arquitectónico- tecnológico del prototipo estatal, 4) Rediseño del prototipo para su ajuste bioclimático, 5) Evaluación térmico-energética y comparación con valores normados, 6) Etiquetados en ambas situaciones. Se llegó a la conclusión, de que es viable la adecuación bioambiental y la mejora de la eficiencia energética de un prototipo estatal a un nivel óptimo de etiquetado energético "B", modificando los componentes que definen su envolvente, con el uso de materiales y técnicas de construcción tradicionales.

Palabras claves: escuela rural, eficiencia térmica- energética.

### **ABSTRACT**

Through studying and architectural design for the bioenvironmental adequacy of a rural school prototype of Totorillas, Santiago del Estero, in Argentina; thermal-energy efficiency was achieved with rational use of energy (URE); in order to favor comfort conditions of this educational community in particular and make improvements to public-rural habitat education in general; for it, was proposed an agreement of mutual working cooperation with the relevant government institution, responsible for the production of school buildings in that province. The results obtained were: 1) definition of geographical and climatic conditions, 2) strategies determination and bioenvironmental patterns selection, 3) architectonic-technological analysis of the state prototype, 4) prototype redesign for bioclimatic adjustment 5) energetic-thermal evaluation and its comparison with regulated values, 6) energy labeling in both situations. It came to the conclusion, is viable bioenvironmental adequacy and is noted that it is feasible improve the energy efficiency of the state prototype to a recommended level of energy labeling "b", modifying components defining its envelope, with the use of materials and traditional construction techniques.

Keywords: rural school, thermal energy efficiency.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el mundo actualmente, diversos grupos de investigadores han evaluado la calidad ambiental: térmica, acústica y del aire interior en edificios escolares; donde comprobaron que en condiciones de confort el rendimiento cognitivo de los estudiantes se incrementa (Almeida et al., 2015). En Brasil, se recomendaron las buenas prácticas de construcción sostenible y los principios de bioclimatismo, explorando en escuelas estrategias solares pasivas, en los cerramientos del edificio y en la elección de criterios funcionales en el proyecto, para la máxima utilización de los factores naturales y la racionalización del uso de la energía (Leite Frandoloso M., 2014). También en Argentina, se analizó el consumo de energía en instituciones escolares de distintas áreas geográficas- climáticas y las incidencias de mejoras tecnológicas (San Juan et al., 2000). Al sur de Argentina, en la provincia de La Pampa, se proyectaron y ejecutaron escuelas bioclimáticas, con control del comportamiento térmico- energético por monitoreos en distintas estaciones del año (Filippín et al., 2001). En la provincia de Santiago del Estero, ubicada al noroeste de Argentina, hasta el momento no fueron encontraron antecedentes de escuelas con eficiencia bioclimática y energética. Por lo expresado anteriormente, el fin de la actual investigación es evaluar el comportamiento bioclimático y térmico-energético durante la situación crítica estival santiagueña, de un escuela primaria rural de tipología lineal elegida como caso de estudio y de su propuesta de rediseño arquitectónico con la mejora tecnológica de su envolvente, mediante diversos programas de cálculos, comparando los resultados en ambos casos y realizando sus etiquetados energéticos; para estimar particularmente en aulas, las condiciones de confort térmico y de ahorro energético respectivamente.

## 2. OBJETIVO

El siguiente trabajo presenta y analiza las características arquitectónicas y tecnológicas de un prototipo de escuela rural de producción estatal en Santiago del Estero, Argentina, y propone una alternativa de rediseño arquitectónico para su adecuación bioambiental, validados ambos mediante su evaluación higro-térmica y energética, su etiquetado de eficiencia energética y su verificación según valores normados.

## 3. MÉTODOLOGIA

Se definen las condicionantes geográficas y climáticas de la localidad en estudio, a continuación se determinan las estrategias generales y seleccionan las pautas particulares, para la zona bioambiental donde se ubica la localidad de la escuela rural en análisis, según Norma IRAM 11603:1996 "*Clasificación Bioambiental de la República Argentina*". Se realiza un análisis arquitectónico y tecnológico del prototipo estatal en su estado actual y desde su condición, se proyecta una propuesta de rediseño para su ajuste bioclimático. Luego se calculan los valores de transmitancia térmica para muros y techos en la condición verano del prototipo original y se lo compara con la Norma IRAM 11605:1996 de "*Valores máximos de transmitancia térmica*"; así se propone ajustes para los cerramientos de techos y muros en la composición y disposición de los materiales hasta lograr disminuir el valor de "K" para su mejora o verificar con el mínimo admisible. Seguidamente, se obtienen valores de cargas térmicas de refrigeración " $Q_R$ "; y coeficientes volumétricos de refrigeración " $G_R$ " de cálculo del prototipo original y el mejorado, verificando los avances y corroborando con valor de " $G_R$ " admisible de la Norma IRAM 11.659 de "*Ahorro de energía en refrigeración*". Seguidamente se utiliza la Norma IRAM 11.604:2001 de "*Ahorro de energía en calefacción*" con la cual se coteja las pérdidas de calor "G" calculadas con las admisibles de ambos prototipos y se calculan las cargas térmicas de calefacción anual "Q". Por último, se completa la evaluación térmico-energética con el etiquetado de ambas situaciones con el procedimiento indicado en la Norma IRAM 11900:2010 de "*Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios*".

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 1. Definición de condicionantes Geográficas y Climáticas

La escuela N° 922 (Figura 1) de la localidad de Totorillas, se ubica en el departamento Ojo de Agua, ubicado al noreste de la provincia de Santiago del Estero, de la región NOA (Norte Oeste de Argentina). Esta localidad, pertenece a Zona Bioambiental "**II-Cálida y subzona a**, con amplitud térmica mayor a 14° C", según clasificación bioambiental de la República Argentina (Figura 2), Norma IRAM 11.603-2012.



Figura 1 - Fotografías de la escuela N° 922, Argentina, Provincia de Santiago del Estero, Dpto. Ojo de Agua, Loc. Totorilla.

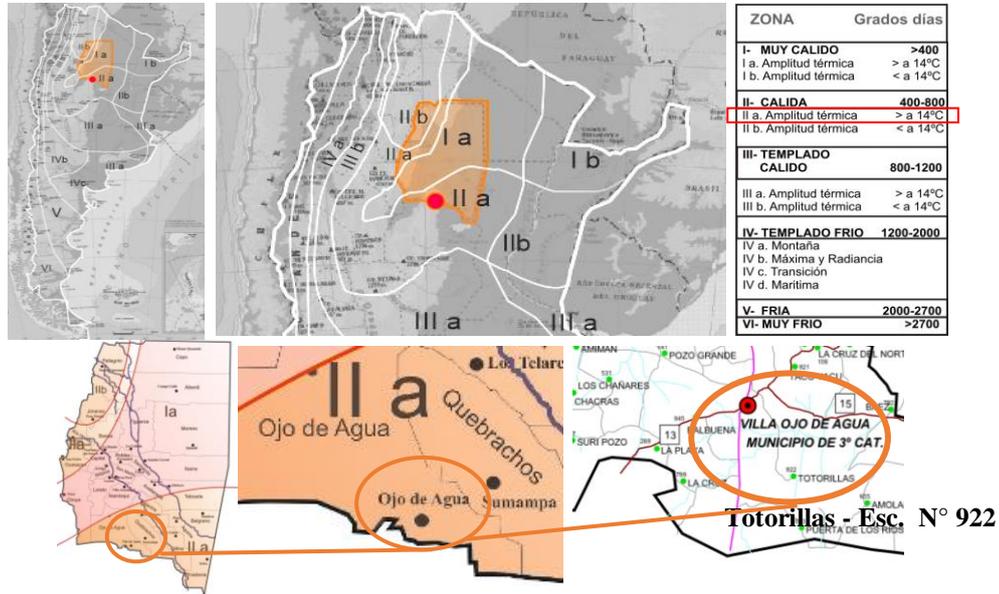


Figura 2 - Ubicación Santiago del Estero en la región NOA, Zona Bioclimática “Cálida Ila” (Norma IRAM 11.603-2012).

El clima es “seco semiárido estepario” según clasificación de Kôppen (Kôppen, 1936), el mismo se caracteriza por un período estival muy cálido con las altas temperaturas y lluvioso entre los meses de octubre a marzo, en cambio la época invernal es seca y registra temperaturas bajas (ver Tablas 1 y 2). Los vientos predominantes son de orientación NE “Noreste” desde Octubre a Febrero y viento S “Sur” desde el mes de Junio a Septiembre.

Tabla 1 - Datos geográficos de la Localidad.

ZONA BIOAMBIENTAL	ÁREA GEOGRÁFICA	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
ZONA Ila: CÁLIDA Amplitud térmica >14 °C	Loc. Totorillas, Dpto. Ojo de Agua	27°77'60"S	64°30'28"O	199 m.s.n.m.

Tabla 2 - Datos climáticos de la Localidad (Servicio Meteorológico Nacional, Estadísticas Climatológicas Período 2005- 2015).

DATOS CLIMÁTICOS					
VERANO (DICIEMBRE)			INVIERNO (JULIO)		
(T. Min. Med; HR Máx.)		(T Med; HR Med)	(T. Min. Med, HR Máx.)		(T Med; HR Med)
(T. Max. Med; HR Min)			(T. Max. Med-HR Min)		
20,1° ; 74%	26,7ª ; 64%	33,8ª ; 51%	5,6 °C ; 76%	12,4°C ; 68%	20,5ª C ; 55%

## 2. Determinación de Estrategias y Pautas Bioambientales

Se determinaron las estrategias bioclimáticas mediante los diagramas de “Olgay y Psicrométrico” (Figuras 3 y 4). A partir de los datos climáticos mensuales de la localidad en análisis: valores de temperatura y humedad relativa, de valores medios máximos, medios mínimos y medios medios; se trazaron segmentos sobre ambos diagramas. De las metodologías empleadas se obtuvieron y consideraron aquellas con mayor porcentajes en relación a su alejamiento de la zona de confort (Garzón, B.; 2006).

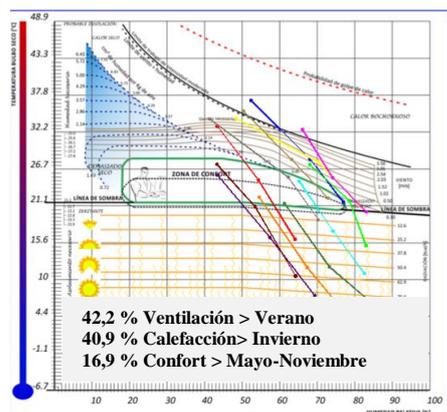


Figura 3 - Diagrama de Olgay.

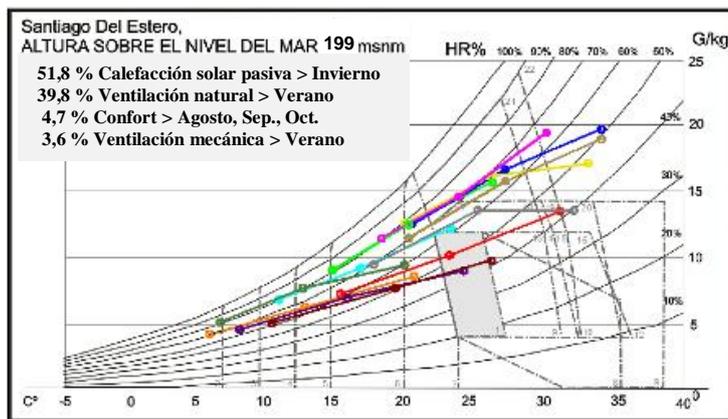


Figura 4 - Diagrama Psicométrico.

Se observa en el diagrama de Olgay (Figura 3), que las estrategias de Ventilación y Calefacción para la época estival e invernal, tienen porcentajes próximos: 42,2% y 40,9 % respectivamente y la zona de confort es solo de un 16,9%. Esto demuestra que la mayor parte del año, se encuentra fuera de la zona de confort, siendo necesario adoptar estrategias generales y pautas particulares de diseño, que permitan brindar el máximo de confort interno con mínimo costo de energías convencionales. De la lectura de la carta Psicométrica (Figura 4), se obtuvieron los porcentajes de calefacción solar pasiva con 51,8 %, de ventilación natural con 39,8 %, confort con 4,7 % y ventilación mecánica de 3,6 %; siendo los más significativos a tener en cuenta: calefacción solar pasiva y enfriamiento natural, para periodos de invierno y verano respectivamente. A continuación se describen las Pautas Bioambientales seleccionadas, correspondientes a cada estrategia prioritaria:

-*Estrategia de calefacción solar pasiva*: se aplica en período de invierno; así el diseño del edificio debe favorecer la captación, acumulación y distribución del calor. En este caso, se elige como adecuada, la pauta de “Ganancia directa por ventanas”; otra Pauta es la de “Protección de Aberturas” para controlar las pérdidas de calor.

- *Estrategia de enfriamiento natural*: se emplea en periodo de verano y permite incrementar la sensación de confort al incidir sobre las personas; asimismo posibilita el enfriamiento estructural. La pauta seleccionada para este caso es “Ventilación cruzada”.

### 3. Análisis arquitectónico- tecnológico del prototipo estatal

#### 3.1. Arquitectura, zoning funcional, asoleamiento y ventilación

El edificio de la escuela N° 922, se implantó en el centro del terreno (Figura 5). Se aprecia un esquema “lineal” que se desarrolla sobre un eje principal E-O (este-oeste) con 2 aulas rectangulares, cocina y fogón exterior, separadas por una circulación central que se distribuyen junto con núcleo sanitario, hacia el E. y dirección, dormitorio docente con sanitario privado en el extremo O. Estos locales mencionados hacia el E y O son considerados de servicio, ya que en promedio son los que se habitan menos tiempo; los mismos se encuentran orientados hacia el NE considerada una orientación “favorable” para la Norma IRAM 11.603, que evalúa las orientaciones para cada zona bioclimática. Los locales de mayores horas de estancia, son la cocina y las aulas, y su superficie está expuesta a la orientación suroeste considerada “desfavorable” para la norma de referencia, ya que el norte se encuentra a 45° en relación a la planta. El patio cívico se ubica a continuación del edificio en relación al acceso principal.

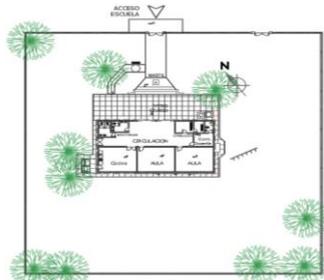


Figura 5 - Ubicación en Terreno.

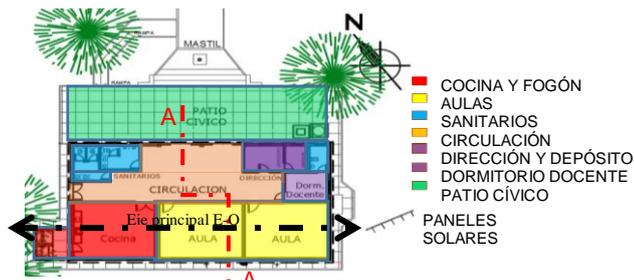


Figura 6 - Planta de Arquitectura con zonificación funcional.

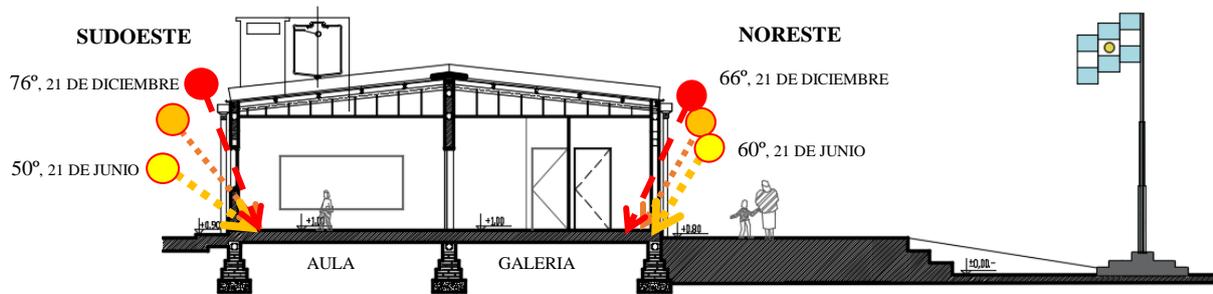


Figura 7 - Asoleamiento Corte A-A.

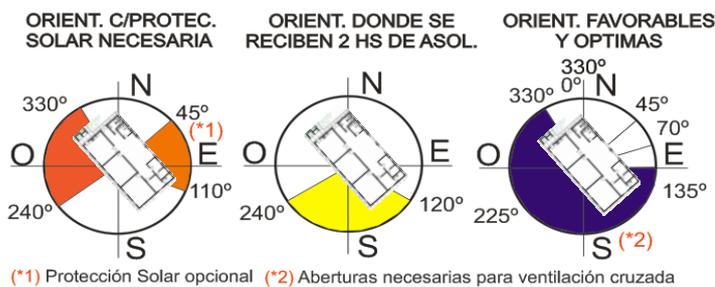


Figura 8 - Orientaciones recomendadas para Zona II (Norma IRAM 11.603:1996).

Los árboles existentes solo arrojan sombra sobre los locales de servicio (Figura 10). Una galería- circulación cubierta- antecede a todos los ambientes, y sombrea todos los ingresos a los locales en la orientación NE (Figuras 6 y 7). Las aulas y los servicios cuentan con aberturas con protección para seguridad de malla antivandálica (metal perforado); la misma no permite regular el asoleamiento. La radiación incide directamente en las superficies verticales exteriores aumentando las ganancias térmicas al interior. Sería posible corregir esta situación, planteándose parasoles móviles de lamas horizontales y verticales, para resguardar especialmente a las aulas, en horarios críticos del periodo estival y permitir la exposición necesaria en invierno. Las aberturas por su disposición permiten ventilación del cuadrante SO, la cual no coincide con la dirección de los vientos predominantes (NE Verano y S en invierno), además la ventilación no es cruzada en aulas y cocina ya que las aberturas no se localizan en ambos frentes, solo en frente SO; por lo tanto la renovación de aire no es eficiente (Figuras 9, 10 y 11).

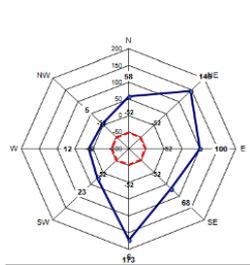


Figura 9 - Vientos predominantes NE y S (km/h).

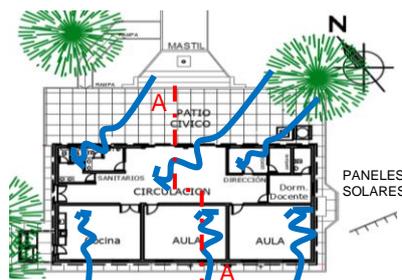


Figura 10 - Planta.

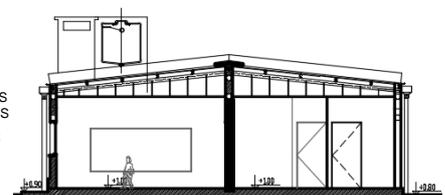


Figura 11 - Corte A-A.

### 3.2. Características tecnológicas de la envolvente.

El prototipo estatal fue construido mediante un sistema tradicional de cerramientos verticales exteriores portantes de mampostería de ladrillo cerámico macizo de 0,20 m de espesor revocados y tabiques de ladrillo a la vista no portantes de 0,13 m, con encadenado sismo resistente verticales, horizontales inferiores y superiores de hormigón armado según *Norma Argentina INPRES- CIRSOC 103, de Construcciones Sismoresistentes*. La estructura de techo es metálico, de perfil C de chapa doblada, con cubierta de chapa trapezoidal; cuenta con cámara de aire no ventilada (ático) y cielorraso de yeso suspendido (forjado) de poliestireno expandido. Las carpinterías son de aluminio con malla anti vandálica, sin parasoles (Figura 12).



Figura 12 - Fotografías de Escuela: Mampostería de ladrillo macizo, techo con estructura y cubierta metálica y cielorraso suspendido.

#### 4. Rediseño de prototipo estatal, para su ajuste bioclimático.

##### 4.1. Propuesta de rediseño de la escuela.

El volumen se llevó desde practicante el sector central del terreno, hacia el cuadrante NE, para favorecer a los locales con las orientaciones favorables según recomendaciones de Norma IRAM 11.603:1996 (Figura 14). Con respecto a la configuración tipológica, el prototipo original es “lineal- cerrado” con un partido que no posibilitaba el crecimiento. En el rediseño se proyectó un esquema de planta “central- abierto”, que deja posibilidad a una obra de ampliación del edificio, si fuera necesario. Además fueron ajustadas, las dimensiones de todos los locales, según recomendaciones de *Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar del Ministerio de Educación de la República Argentina* (Figuras 13 y 14). Las aulas mejoraron proporciones y dimensiones a las medidas reglamentarias de 7,2 x 7,2 m de eje a eje, con 52 m<sup>2</sup>, al igual que los servicios: dirección, dormitorio del docente, núcleo sanitario y cocina-comedor, optimizando sus orientaciones en función de su uso.

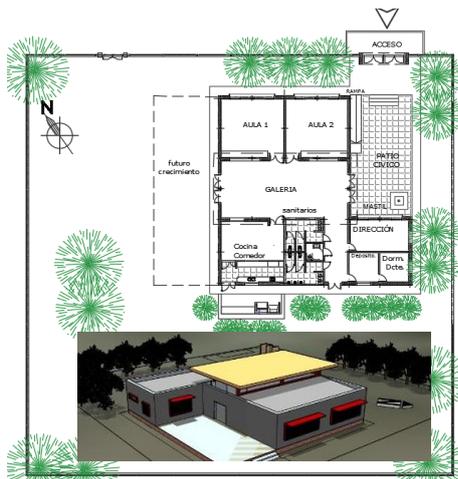


Figura 13 - Planta de conjunto y volumetría del Prototipo Rediseñado (P. R.)



Figura 14 - Planta de arquitectura P. R.

**4.2. Propuesta de protección del asoleamiento con vegetación y parasoles:** Al espacio exterior, se propuso tratarlo con vegetación diversa de uso climático y ornamental, plantando árboles próximos al edificio, para que arrojen sombra en los paramentos protegiendo las fachadas de la radiación solar, con árboles de hoja caduca. En cuanto a las protecciones del asoleamiento a carpinterías, se incorporaron parasoles móviles de aluminio de lamas horizontales en vanos NE y verticales para los vanos SO. Los mismos fueron dimensionados utilizando el diagrama de Visión de Bóveda Celeste, para obtener el perfil de obstrucción sobre la superficie vidriada en análisis; y este superpuesto al diagrama de Trayectoria Solar, en coincidencia del eje de las orientaciones considerada, permite obtener el periodo de obstrucción solar, tanto en meses como en horas (Figuras 15,16 y 17).

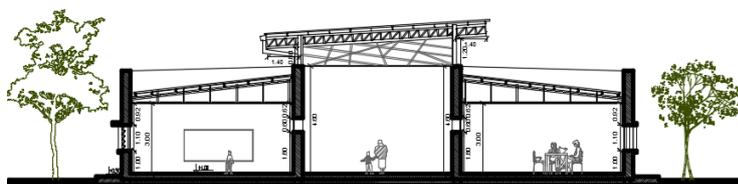


Figura 15 - Protecciones en vanos NE y SO en corte A-A de propuesta de rediseño.

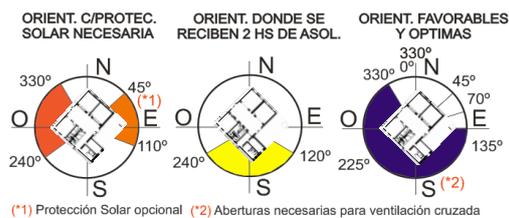


Figura 16 - Orientaciones recomendadas Zona II.



Figura 17 - Imágenes de Parasoles NE y SO en 3D.

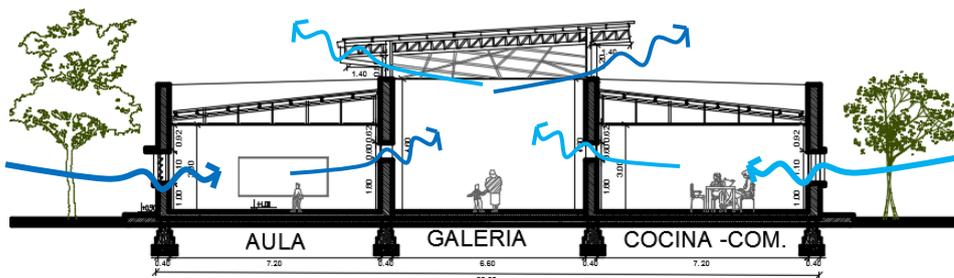


Figura 18 - Corte Transversal-Ventilación cruzada.

**4.3. Propuestas para favorecer la ventilación:** La disposición de las aberturas en aulas del prototipo estatal no coincide con la dirección de los vientos predominantes, y la ventilación no es cruzada (Figura 11). Por lo tanto en el prototipo de rediseñado se agregaron aberturas superiores del tipo batiente en el interior de cada local, que deben estar permanentemente abiertas, hacia la circulación central y así generar ventilación bilateral con renovación de aire permanente y en forma eficiente por efecto “chimenea”. El sector central posee un techo liviano, que favorece también a este tipo de ventilación ya que toma altura sobre el volumen de los locales y tiene todos sus laterales libres (Figura 18).

**4.4. Propuestas para mejorar la aislación de la envolvente:** Se rediseñó la composición de los cerramientos verticales exteriores; en busca de su mejora en el comportamiento térmico energético. A las paredes de ladrillo macizo de 0.20 m se le incorporó hacia el interior aislación de lana de vidrio de 0.05m y placa cementicia de 0.01m. Al cerramiento superior de techo de cubierta y estructura metálica del prototipo estatal, se le incorporó aislación de poliuretano proyectado y aislación de lana de vidrio al cielorraso de poliestireno expandido sobre el cielorraso. Finalmente a la cámara de aire (ático) que se encontraba estanca se le adicionó rejillas para el ingreso y egreso del aire, de modo que el ático sea ventilado (Figuras 19 y 20).

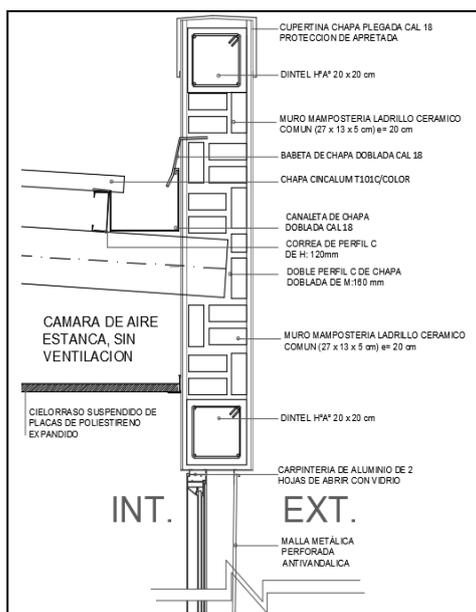


Figura 19 - Detalle de envolvente del prototipo estatal.

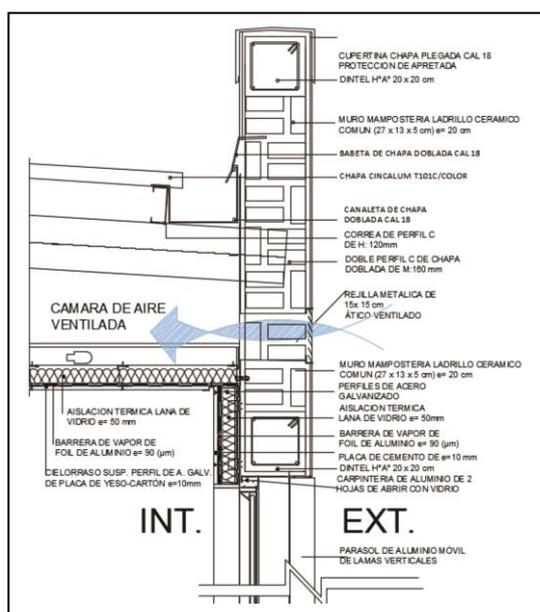


Figura 20 - Detalle de envolvente del prototipo rediseñado.

## 5. Evaluación térmico-energética y comparación con valores normados

### 5.1. Calculo de Transmitancia Térmica K (W/m<sup>2</sup>.K)

Se calcularon los valores de transmitancia térmica de los cerramientos constructivos de muros y techo del prototipo estatal y del rediseño para condición de verano, por ser la más desfavorable para la zona. Se compararon los valores resultantes, en relación a los valores máximos de transmitancia térmica de muros y techos admisibles en Norma del Instituto Argentino de Normalización y Certificación, IRAM 11.605:1996 (Tabla 3).

Tabla 3- Valores de K<sub>MAX ADM</sub> (W/m<sup>2</sup>.K) para condición de Verano.

Zona Bioambiental	Nivel A (Recomendado)		Nivel B (Medio)		Nivel C (Mínimo)	
	Muros	Techos	Muros	Techos	Muros	Techos
II	0,45	0,18	1,10	0,45	1,80	0,72

Tabla 4 - Valores de K<sub>CAL</sub> (W/m<sup>2</sup>.K) para la condición de Verano.

Cerramiento Exterior	K <sub>cal</sub> (W/m <sup>2</sup> .K)	K <sub>máx adm.</sub> (W/m <sup>2</sup> .K)	Conclusión
Muro Prototipo Estatal	2,22	1,80	No Verifica Nivel C
<b>Muro Prototipo Rediseñado</b>	<b>0,45</b>	<b>0,45</b>	<b>Verifica Nivel A</b>
Techo Prototipo Estatal	0,60	0,45	No Verifica Nivel B
<b>Techo Prototipo Rediseñado</b>	<b>0,14</b>	<b>0,18</b>	<b>Verifica Nivel A</b>

En la tabla 4, puede observarse la optimización en la elección de los elementos constructivos que constituyen los cerramientos verticales y horizontal superior, para la alternativa de rediseño. En este caso propuesto, los valores de transmitancia térmica de cálculo “K<sub>cal</sub>” (W/m<sup>2</sup>.K), disminuyen en forma considerable en comparación a los del prototipo estatal. Con respecto a los valores de la norma de referencia, K<sub>max adm</sub> (W/m<sup>2</sup>.K); los valores de cálculo del rediseño mejoran hasta verificar el nivel B “medio” y el nivel A “recomendable”, para muros y techos respectivamente.

### 5.2. Cálculo de Gr y Carga térmica de Refrigeración- Norma IRAM 11.659

Con el programa de cálculo “TRANS-Q-E”, se pudo obtener y analizar los valores de coeficiente volumétrico de refrigeración G<sub>R</sub> y la carga térmica de refrigeración de los dos prototipos en forma comparativa. Resultando, que la propuesta de rediseño mejora en la reducción de la carga térmica (W), disminuyendo un 48% aproximadamente en relación al prototipo estatal (Tabla 5).

Tabla 5 - Carga térmica del prototipo estatal y del rediseñado (TRANS-Q-E).

COEF. VOLUMETRICO DE REFRIGERACIÓN(G <sub>R</sub> ) – PROTOTIPO ESTATAL		COEF. VOLUMETRICO DE REFRIGERACIÓN (G <sub>R</sub> ) PROTOTIPO REDISEÑADO	
Carga térmica de Refrigeración (W)	14.237,39	Carga térmica de Refrigeración (W)	7.468,57
Volumen a refrigerar (m <sup>3</sup> )	89,96	Volumen a refrigerar (m <sup>3</sup> )	147,00
Coef. Vol. de refrigeración G <sub>R</sub> (W/m <sup>3</sup> )	158,26	Coef. Vol. de refrigeración G <sub>R</sub> (W/m <sup>3</sup> )	50,81
Coef. Vol. adm. de Refrig. G <sub>R adm</sub> (W/m <sup>3</sup> )	37,31	Coef. Vol. adm. de Refrig. G <sub>R adm</sub> (W/m <sup>3</sup> )	31,39
<b>G<sub>R</sub> &gt; G<sub>Radm</sub></b>	<b>No Verif.</b>	<b>G<sub>R</sub> &gt; G<sub>Radm</sub></b>	<b>No Verif.</b>

Sin embargo en ambos casos fue evidente la necesidad de utilizar sistemas activos de ventilación mecánica, por no cumplir con el valor de G<sub>R</sub> admisible estipulado por la norma (IRAM 11.659, 2004). Esto demuestra la rigurosidad climática estival y la verificación de la necesidad de aplicación de la estrategia determinada mediante carta Psicométrica: Ventilación Mecánica 3,6 % (Figura 4).

La disminución de la carga térmica de refrigeración (W) en la propuesta de rediseño es evidente en todos los items de análisis (Figuras 21 y 22). Por ejemplo esto debe, a una mejora en el nivel de aislamiento térmico de la envolvente, por lo cual se redujeron las ganancias por conducción; así mismo al incorporar protecciones solares a los vanos se minimizaron las ganancias por asoleamiento y con la optimización del sistema de iluminación, descendieron las ganancias por calor sensible interior.

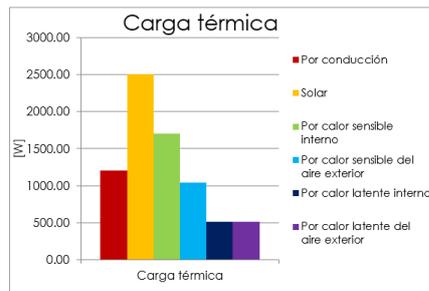
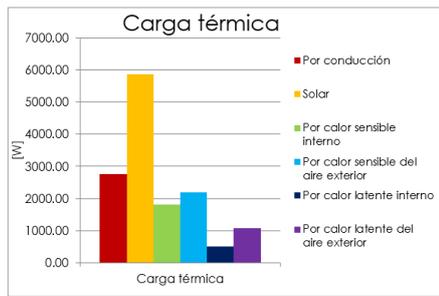


Figura 21 - Carga Térmica de Refrigeración (W), Prototipo Estatal. Figura 22 - Carga Térmica R. (W), Prototipo Rediseñado.

### 5.3. Coeficiente Volumétrico de Pérdida de Calor -Norma IRAM 11.604

La norma IRAM 11.604-2001, de Aislación Térmica de Edificios, permite evaluar los mismos con el objeto del ahorro energético en función del coeficiente volumétrico de pérdida de calor “ $G_{cal}$ ”, que tiene en cuenta las pérdidas a través de cerramientos opacos y no opacos, en contacto con el terreno y renovaciones de aire de locales. Se utilizó el programa “TRANS-Q-E”, para el cálculo de coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor, de la carga térmica de calefacción y de la demanda de energía. Puede observarse en el resumen de la tabla 6, que los valores obtenidos del cálculo del prototipo original no verifican, mientras que en el propuesto se logra optimizar el coeficiente considerado, en relación al valor admisible por la norma de referencia.

Tabla 6 - Valores comparativos de G cálculo y G admisible en ambos prototipo (TRANS-Q-E).

COEFICIENTE VOLUMETRICO DE Pe. DE CALOR (G) PROTOTIPO ESTATAL		COEFICIENTE VOLUMETRICO DE Pe. DE CALOR (G) PROTOTIPO REDISEÑADO	
G= perd v. Transm + cap calorif x renov de aire	W/m <sup>3</sup> .k	G= perd v. Transm + cap calorif x renov de aire	W/m <sup>3</sup> .k
G <sub>cal</sub> =	3,31	G <sub>cal</sub> =	1,39
G <sub>adm</sub> (IRAM 11.604)=	2,09	G <sub>adm</sub> (IRAM 11.604)=	2,09
<b>G<sub>cal</sub> &gt; G<sub>adm</sub></b>	<b>No Verif.</b>	<b>G<sub>cal</sub> &lt; G<sub>adm</sub></b>	<b>Si Verifica</b>

### 6- Etiquetado de Eficiencia Energetica -Norma IRAM 11.900

Mediante el programa de cálculo “EtiquEArq”, se pudo obtener el etiquetado del nivel de eficiencia energética de calefacción de ambos edificios escolares, el prototipo estatal y su propuesta de rediseño; según la transmitancia térmica de los elementos componentes de las respectivas envolventes, en relación a parámetros específicos en norma IRAM 11.900. La norma establece como temperatura interior de diseño 20°C, y especifica ocho clases de eficiencia energética, de acuerdo a la variación media ponderada de la temperatura ( $\zeta_m$ ), entre la superficie interior de la envolvente y la temperatura interior de diseño en grados Celsius. El prototipo estatal resultó, clasificarse en clase “H”, la de menor eficiencia mientras que el rediseñado mejora su eficiencia al segundo escalafón de clase “B” del grupo verde, de los de mayor u óptima eficiencia (Figuras 23 y 24).

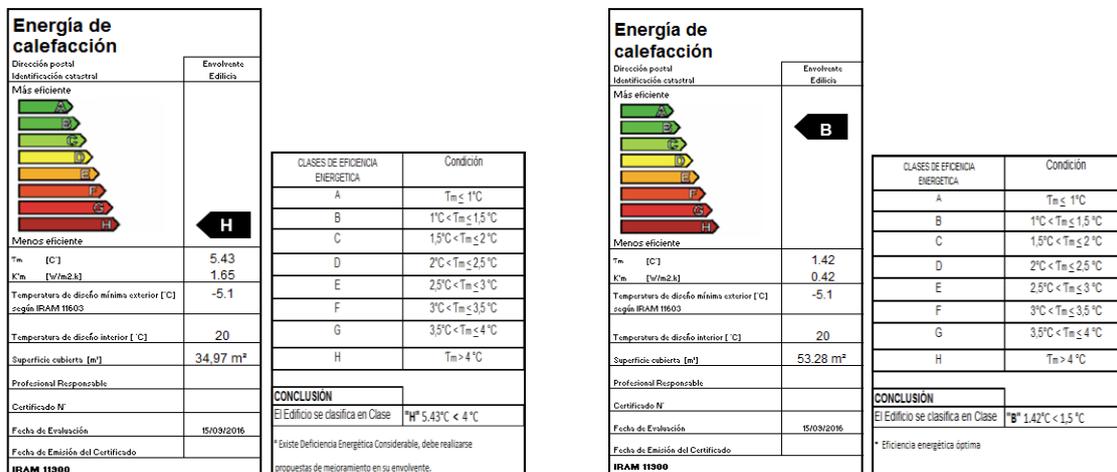


Figura 23 - Etiqueta de eficiencia energética prototipo estatal. Figura 24 - Etiqueta de eficiencia energética prototipo rediseñado.

## 5. CONCLUSION

Al definir las estrategias bioclimáticas consideradas para la zona bioambiental “IIa- Cálida”, se seleccionaron las pautas de diseño más adecuadas para una producción del hábitat escolar con adecuación bioambiental; es decir, aquellas que mejor se adaptan al clima y el contexto de la localidad en análisis y ajustan a las necesidades térmico-energéticas, de ventilación, tecnológicas, entre otras. Se reformuló el prototipo desde una tipología lineal, sin posibilidad de crecimiento, a una tipología central entorno a una galería cubierta, con posibilidad a una futura ampliación. De esta manera, se propuso mantener el plan de necesidades arquitectónico, reubicando funciones para rediseñar su morfología y las disposiciones tecnológicas en general, de manera de posibilitar la eficiencia térmico- energética en comparación con valores normados, disminuyendo el uso de energía necesaria para refrigerar y calefaccionar. Se ajustó las dimensiones y proporciones de aulas, para que cumplan con normas de infraestructura escolar y que tengan óptimas posibilidades de ventilación y asoleamiento. Fueron propuestas sombrear superficies verticales de paramentos, mediante la protección de vegetación de hojas caducas y parasoles móviles en carpinterías, dimensionados y adaptados formalmente a las diferentes orientaciones.

La resolución tecnológica de muros y techo, del edificio escolar estatal no verificaba el nivel C, “mínimo” de cálculo de transmisión térmica “K” ( $W/m^2.K$ ) establecido por la Norma IRAM 11.605: 1996; con lo cual se propuso una alternativa en la elección de materiales y la disposición en los elementos constructivos en la envolvente del prototipo rediseñado. Este cambio, produjo la disminución del valor de cálculo de K; que permitió verificar el “nivel B medio, para los muros exteriores y el nivel A “recomendado” para el techo. Los nuevos cerramientos se estudiaron hasta nivel de detalles constructivos, y fueron conformados con el fin de disminuir las pérdidas y ganancias de calor en las diferentes estaciones del año, permitiendo colaborar en el ahorro energético para calefacción y disminuir el uso de sistemas activos para refrigeración. Con respecto al etiquetado de eficiencia energética de calefacción, en el caso del prototipo rediseñado se logró llegar hasta el nivel B, “óptimo”, mejorando cinco posiciones con respecto al prototipo estatal que se encontraba etiquetado en nivel H, el de menor eficiencia, considerado el último escalafón según Norma IRAM 11.900.

El aporte del presente trabajo de investigación, es el de idear un conjunto de pautas bioambientales, que podrán aplicarse en diseños de edificios escolares nuevos o que lograrán ahondar en mejoras para futuras reformas en los mismos. De esta manera, se contribuye al propósito de optimizar las condiciones de confort en la habitabilidad y por consiguiente, de la calidad de vida en las comunidades escolares de la provincia de Santiago del Estero, Argentina.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA R.; FREITAS V.; DELGADO J. **School Buildings Rehabilitations. Indoor Environmental Quality and Enclosure Optimization Springer**. ISBN 978-3-319-15359-9. Page 3, 2015.
- LEITE FRANDOLOSO M. A. **Buenas Practicas de Construcción Sostenible: Escuelas Solares Pasivas Brasil**. , IAT Instituto de Arquitectura Tropical, Edición On Line Octubre p. 01-16, 2014.
- CRITERIOS Y NORMATIVA BÁSICA DE ARQUITECTURA ESCOLAR **Capítulo IV: Condiciones de habitabilidad de los edificios escolares; Capítulo III. Programación Arquitectónica**. Dirección de Infraestructura Escolar. Ministerio de Educación, Presidencia de la Nación Argentina, 1998.
- FILIPPÍN C.; BESCOCHEA A.; GOROZURRETA, J. **Comportamiento Higrotérmico y Energético de la Escuela Bioclimática de Catrilo en la Provincia de La Pampa**. AVERMA, ISSN 0329-5184, v 5, 2001.
- GARZÓN, B.; MENDONCA C. **TRANS-Q-E: Programa calculador de transmitancia, cargas térmicas de calefacción y refrigeración y consumos energéticos, según Normas IRAM 11601:2002, 11605:1996; 11604:2001, 11659**. 2012.
- GARZÓN, B.; GIULIANO G. **EtiquEArq: Programa de Cálculo del Etiquetado de Edificios. Determinación del Nivel de Eficiencia Energética de Calefacción según normas IRAM 11.900**, 2015.
- NORMA IRAM 11603. **Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina**, 1996.
- NORMA IRAM 11601. **Aislamiento térmico de edificios, métodos de cálculo**, 2002.
- NORMA IRAM 11605. **Acondicionamiento térmico de edificios, condiciones de habitabilidad en edificios**, 1996.
- NORMA IRAM 11604. **Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción**, 2001.
- NORMA IRAM 11659. **Ahorro de energía en refrigeración**, 2007.
- NORMA IRAM 11900. **Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios**. 2010.
- REGLAMENTO INPRES - CIRSOC 103 **Parte I: Normas Argentinas para Construcciones Sismorresistentes**. 1991.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL **Estadísticas Climatológicas Período 2005-2015**. Buenos Aires, Argentina, 2016.

## AGRADECIMENTOS

Las autoras agradecen al director de la Dirección General de Arquitectura de Santiago del Estero, por permitir acuerdo de trabajo colaborativo entre DGA- CONICET; y a los miembros de la Secretaria de Estudios y Proyectos, por permitir el relevamiento de la Escuela N° 922 para el estudio y elaboración del presente trabajo.