



Docencia
Investigación
Extensión
Gestión

**Comunicaciones
Científicas y Tecnológicas
Anuales
2013**



DIRECCIÓN GENERAL:

Decano Facultad de Arquitectura y Urbanismo

DIRECCIÓN EJECUTIVA:

Secretarías de Investigación, de Extensión y de Desarrollo Académico

COMITÉ ORGANIZADOR:

Herminia ALÍAS

Andrea BENITEZ

Anna LANCELLE

Venetia ROMAGNOLI

COORDINACIÓN EDITORIAL Y COMPILACIÓN:

Secretaría de Investigación

COMISIÓN EVALUADORA:

Jorge ALBERTO / María Teresa ALCALÁ / Abel AMBROSETTI / Julio ARROYO / Teresa Laura ARTIEDA / Mario E. de BÓRTOLI / Walter Fernando BRITES / René CANESE / Susana COLAZO / Nilda CORRAL de ZURITA / Rubén Osvaldo CHIAPPERO / Claudia FINKELSTEIN / María del Socorro FOIO / Pablo FUSCO / Graciela Cecilia GAYETZKY de KUNA / Claudia Fernanda GÓMEZ LÓPEZ / Delia KLEES / Amalia LUCCA / Elena Silvia MAIDANA / Aníbal Marcelo MIGNONE / Daniela MORENO / Bruno NATALINI / Patricia NÚÑEZ / Mariana OJEDA / María Mercedes ORAISON / Silvia ORMAECHEA / María Isabel ORTIZ / Jorge PINO / Nidia PIÑEYRO / Ana Rosa PRATESI / Liliana RAMIREZ / Lorena SANCHEZ / María del Mar SOLIS CARNICER / Luis VERA.

DISEÑO GRÁFICO:

Lorena BAUDRY

CORRECCIÓN DE TEXTO:

Cecilia VALENZUELA

COLABORADORAS:

Lucrecia SELUY; Evelyn ABILDGAARD

EDICIÓN

© Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad Nacional del Nordeste
(H3500CO) Av. Las Heras 727 | Resistencia | Chaco | Argentina
Web site: <http://arq.unne.edu.ar>

ISSN 1666-4035

Reservados todos los derechos. Impreso en Vía Net, Resistencia, Chaco, Argentina. Agosto de 2014.

La información contenida en este volumen es absoluta responsabilidad de cada uno de los autores.
Quedan autorizadas las citas y la reproducción de la información contenida en el presente volumen con el expreso requerimiento de la mención de la fuente.

03.

FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS DE MEJORAS DE LA ENVOLVENTE CONSTRUCTIVA DEL EDIFICIO DE LA FAU-UNNE, DETERMINADA MEDIANTE EL SOFTWARE “RETSscreen”

Autores: M. de los Milagros Toledo; Leila Escobar; Herminia Alías; Guillermo Jacobo,
marialeila@hotmail.com; heralias@arq.unne.edu.ar; toledomilagros@hotmail.com; gjjacobo@arq.unne.edu.ar

Cátedra Estructuras II. Área de la Tecnología y la Producción. Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU).
Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)

RESUMEN

Se expone un trabajo de investigación que evaluó la factibilidad económica de mejorar el nivel de aislación térmica y corrección de puentes térmicos de muros y cubiertas del sector de aulas del edificio de la Facultad de Arquitectura de la UNNE. Se consideró la inversión necesaria para tales intervenciones, y su recuperación a corto plazo, utilizando una herramienta informática para la toma de decisiones en proyectos de energías renovables y eficiencia energética: el software “RETSscreen”. Como punto de partida, se tomaron los datos generados mediante el desarrollo del proyecto de investigación titulado “Evaluación térmico-energética de las sedes edilicias de las Facultades de Arquitectura y Urbanismo, y de la de Ingeniería de la UNNE” (en ejecución en la cátedra Estructuras II, FAU-UNNE), que permitieron diagnosticar los principales problemas higrotérmicos del edificio.

PALABRAS CLAVE: envolvente constructiva, eficiencia energética, RETScreen.

OBJETIVOS

- Proponer alternativas de mejoras del nivel de aislación térmica de la envolvente constructiva del sector de aulas de la FAU, sobre la base de las propuestas que están siendo desarrolladas a través del proyecto acreditado en curso en que se inserta este trabajo específico.
- Verificar, con la herramienta informática “RETSscreen”, la factibilidad económica de las propuestas de mejora del nivel de aislación de la envolvente constructiva del sector de aulas del edificio de la FAU-UNNE.

INTRODUCCIÓN

Se plantea la hipótesis según la cual una posible solución al problema del alto consumo energético para lograr condiciones de habitabilidad adecuadas en el edificio de la FAU-UNNE (especialmente en su sector áulico) podría pensarse desde la mejora en la eficiencia energética del edificio, es decir, en la reducción de los consumos mediante un aumento del nivel de aislación térmica (y atenuación de puentes térmicos) en su envolvente exterior, lo que, por supuesto, implicaría una cierta inversión económica (que, a priori, desalentaría su implementación si se considera el contexto económico y el mecanismo por el que actualmente se toman las decisiones respecto de estas cuestiones). En este sentido, una evaluación de la factibilidad económica de estas mejoras y la determinación de su amortización (en el corto, mediano o largo plazo), mediante la herramienta informática “RETSscreen”, colaborarían en una toma de decisión por parte de los actores institucionales involucrados con el área de la construcción y mantenimiento del edificio.

El edificio de la Facultad de Arquitectura de la UNNE

El edificio de la FAU-UNNE (figura1) está implantado en el Campus Universitario de Av. Las Heras, en el sector centro-sur de la ciudad de Resistencia, Chaco (Latitud: 27,45°; Longitud: 59,05° Oeste; Altitud: 52 msnm), en un área urbana de media densidad. El edificio se erigió originalmente a fines de la década de 1950 como un hogar-escuela, y en 1957 se convirtió en la sede universitaria de la UNNE. Presenta dos sectores bien diferenciados (figura 2) en cuanto a su tecnología constructiva (ALÍAS ET ÁL., 2011):

1. El sector “antiguo”. Alberga cinco aulas, el sector administrativo, no docente y de maestranza, sector de despachos de autoridades, biblioteca de la facultad, centro de informática, oficinas correspondientes a distintos departamentos y bloques de sanitarios. Constructivamente, se resuelve mediante técnicas artesanales tradicionales, materializándose los muros mediante mampuestos comunes macizos de 0,30 m. de espesor, revocados exterior e interiormente, y las cubiertas mediante tejas cerámicas tipo coloniales sobre estructura de madera. En su interior los espacios se organizan a lo largo de pasillos centrales que funcionan como conectores, por encima de cuyos cielorrasos se desarrollan entrepisos que funcionan como depósitos, constituyendo amplios entretechos.

2. El sector “nuevo”. Iniciado en la década del 90, consiste en dos bloques de tres pisos unidos por un bloque principal que funciona como hall y conector. Alberga los espacios interiores de mayores envergaduras en cuanto a volúmenes, cantidades de usuarios e intensidades de uso: seis aulas-taller, un auditorio y núcleos de sanitarios. Se resuelve mediante estructuras portantes prefabricadas de hormigón armado y cerramientos verticales de mampuestos artesanales compuestos (muros dobles con cámara de aire y muros de múltiples capas, para los diferentes niveles). Las carpinterías son de marcos de chapa doblada, sin protección exterior, con vidrios simples.

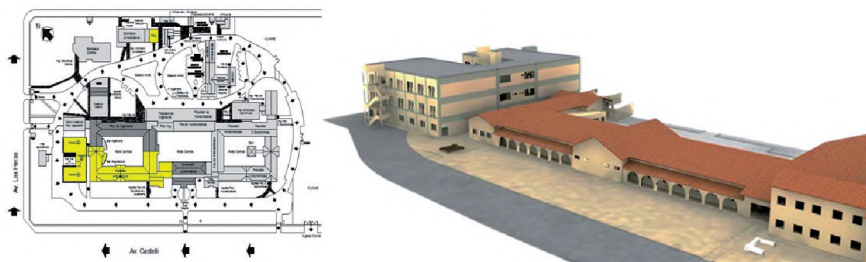


Figura 1. Planimetría del Campus de la UNNE en Resistencia, Chaco (izquierda) y perspectiva del edificio de la FAU, perteneciente al Campus UNNE (derecha). Fuente: ESCOBAR, M. L. ET ÁL., 2013

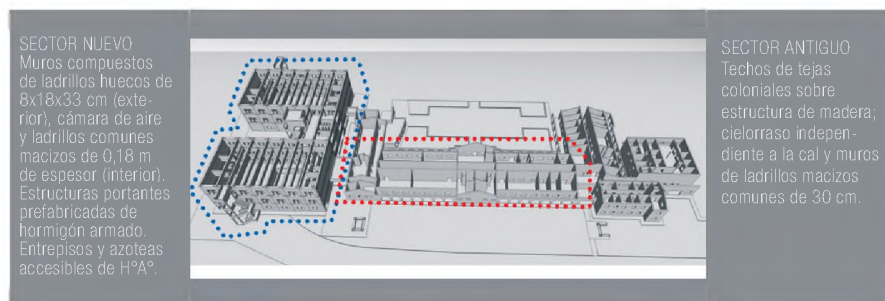


Figura 2. Volumetría del edificio de la FAU, con indicación de los dos sectores: antiguo u original y nuevo. Fuente: ESCOBAR, M. L. ET ÁL., 2013

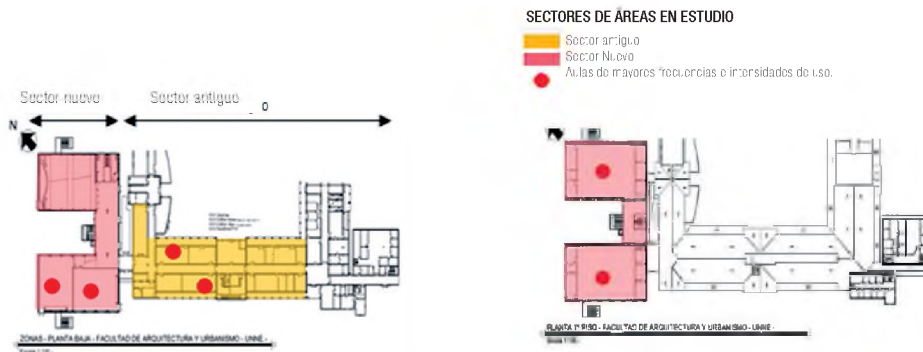


Figura 3. Plantas baja (izquierda) y del primer piso (derecha) del edificio de la FAU, con indicación de los dos sectores: antiguo u original y nuevo. Fuente: ESCOBAR, M. L. ET AL., 2012

Disponiendo previamente de un gran volumen de información constituida por los antecedentes de proyectos de investigación en la temática de la eficiencia energética en la edificación (ALÍAS ET AL., 2008, 2010, 2011 y 2012; DI BERNARDO ET AL., 2008 y 2011; JACOBO ET AL., 2009; BOUTET ET AL., 2007 y 2010; CORONEL ET AL., 2010), desarrollados por el equipo de la cátedra Estructuras II (FAU-UNNE), se realizó el completamiento del relevamiento, evaluación y diagnóstico de la situación actual del sector áulico del edificio de la FAU. Asimismo se llevó a cabo la consideración de normativas y códigos vigentes y el análisis de la herramienta informática “RETScreen”, para la toma de decisiones en proyectos de energías renovables y eficiencia energética.

Con la sistematización y síntesis de la información analizada y los datos así generados, se trabajó en el desarrollo de alternativas tecnológico-constructivas de mejoras del nivel de aislación térmica de la envolvente constructiva del sector del edificio analizado (sobre la base de las propuestas que se estaban desarrollando a través del proyecto acreditado en ejecución en la cátedra Estructuras II), las cuales fueron evaluadas comparativamente por medio de la herramienta informática “RETScreen” desde el punto de vista de su factibilidad económica. Con la aplicación de esta metodología de análisis-síntesis- comparación-deducción, se estuvo en condiciones de determinar las propuestas más convenientes, en cuanto al ahorro de energía total y el porcentaje de ahorro sobre el caso base original.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Análisis de la situación climática y las condicionantes bioclimáticas de la zona de ubicación geográfica del estudio (la ciudad de Resistencia, Chaco y zonas aledañas).
2. Completamiento de los relevamientos existentes (físicos y funcionales) del edificio de la FAU (figura 3). Así fue posible cuantificar la cantidad de usuarios en las aulas identificadas, tanto durante el turno tarde, correspondiente al funcionamiento de la carrera de Arquitectura, como durante el turno mañana, correspondiente al funcionamiento de la carrera de Diseño Gráfico.
3. Aplicación de la normativa de habitabilidad higrotérmica de edificios (según normas IRAM 11601, 11605, 11625, 11630, 11507-1 y 11507-4) a la envolvente del sector de aulas del edificio de la FAU. Así se determinaron las propiedades termofísicas de dicha envolvente (transmitancia térmica K, transmitancia térmica media ponderada KMP, retardo y amortiguamiento). Se verificó una baja resistencia térmica de la envolvente en general (tabla 1).

Cuadro síntesis de resultados obtenidos con las verificaciones higrotérmicas normativas							
Envolvente de aulas de la FAU - UNNE	Parámetros analizados y verificados en la envolvente edilicia de aulas de la FAU - UNNE	Clasificación según normativa de habitabilidad (IRAM)	Sector Antiguo u original	Tipología de muro - techo del sector antiguo	Sector Nuevo	Tipología de muro - techo del sector nuevo	
Muros	Transmitancia térmica	Nivel B (medio)	-	1 revoque grueso reglado MAR	-	1 revoque grueso reglado MAR	
		Nivel C (mínimo)	-	2 azulado hidrófugo MCI 1,3	X	2 azulado hidrófugo	
	Fuera de normativa	X	3 ladrillos comunes macizos	-	3 cámara de aire		
Riesgo de condensación invernal		Si	1 revoque grueso reglado MAR	NO	4 ladrillos comunes		
Techos	Transmitancia térmica	Nivel B (medio)		1 tejas coloniales	X	1 losas cerámicas	
		Nivel C (mínimo)		2 cámara de aire no ventilada	-	2 Membrana asfáltica	
	Fuera de normativa	X	3 membrana plástica	-	3 Membrana de elastómero		
Riesgo de condensación invernal		Si	4 celibras independiente	Si	4. Concreto		
						5. Aislación térmica	
						6. Ladrillos perforados	
						7. Cálizales suspendido de obra de yeso	

Tabla 1. Síntesis de resultados de la verificación de parámetros normativos del desempeño higrotérmico a la envolvente de los sectores de aulas de la FAU. Fuente: ESCOBAR, M. L. ET AL., 2012

4. Diagnóstico y determinación general de las estrategias bioclimáticas básicas para tener en cuenta en el sector de aulas del edificio de la FAU-UNNE, para invierno y para verano, para el logro de las condiciones de habitabilidad.

5. Estudio y análisis del software de análisis de proyectos "RETScreen".

6. Ofrecimiento de alternativas de mejoras del nivel de aislación térmica de la envolvente constructiva del sector nuevo de la FAU, sobre la base de las propuestas que están siendo desarrolladas a través del proyecto de investigación en curso, teniendo en cuenta los criterios referentes al confort térmico y sus implicancias económicas. Básicamente, y teniendo en cuenta que el sector con las condiciones más críticas lo constituye el bloque edilicio nuevo, las propuestas de mejoramiento hicieron énfasis en dicho sector, en el que se plantean protecciones de las carpinterías actuales a partir de la inclusión de parasoles desplazables, así como el mejoramiento del desempeño del techo del último nivel, mediante la generación de una "cubierta sombra" muy liviana sobre la azotea accesible.

7. Aplicación de la herramienta informática "RETScreen" a las situaciones originales y mejoradas del sector de aulas del bloque nuevo del edificio de la FAU, para la determinación de la factibilidad económica de las propuestas de mejora del nivel de aislación de la envolvente constructiva.

8. Síntesis de los resultados obtenidos con la aplicación del programa "RETScreen" para las modificaciones propuestas a la situación original. Determinación de la modificación o propuesta más conveniente, en cuanto al ahorro de energía total, y el porcentaje de ahorro sobre el caso base original real.

Propuestas de optimización de la envolvente del edificio de la FAU

Se presentan a continuación distintas propuestas de mejoramiento de la envolvente del sector antiguo y del edificio y el bloque nuevo de la FAU, con sus costos estimados y los valores de resistencia térmica logrados, para luego aplicar el software RETScreen a las opciones que presentaron mejores condiciones.

La principal estrategia de refrescamiento en climas cálidos es el control solar. Para este caso particular de análisis, se plantean propuestas que se basan en el control solar como estrategia de diseño, por medio del parasolado en distintas versiones y del ajardinamiento de las azoteas, atendiendo a un volumen que debe adaptarse a las condiciones climáticas de una zona subtropical (zona muy cálida "Ib" – IRAM 11603: 96).

Propuestas para el sector nuevo



Fig. 4 a. Parasoles fijos de madera



Fig. 4 b. Parasoles giratorios de madera



Fig. 4 c. Parasoles fijos metálicos o de PVC



Fig. 4 d. Jardín vertical – parasolado vegetal

Figura 4. Diferentes alternativas de parasolado para protección de los muros externos del bloque edilicio nuevo del edificio de la FAU. Fuente: ESCOBAR, M. L. ET AL., 2013

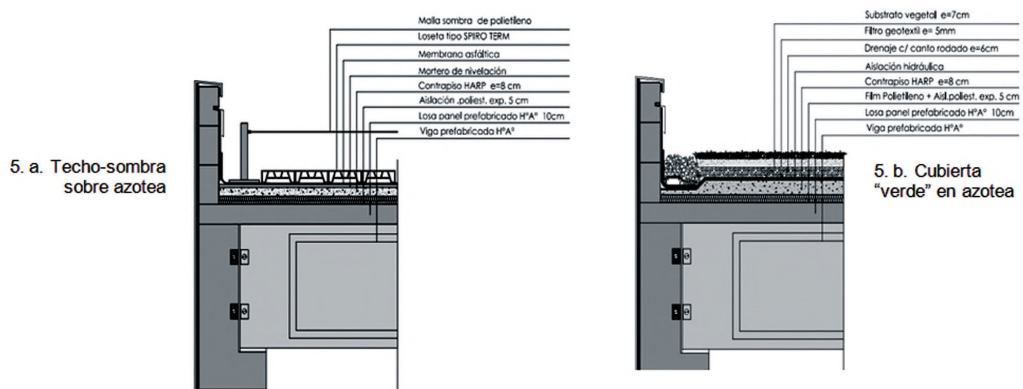


Figura 5. Dos alternativas de optimización del desempeño higrotérmico de las cubiertas (azoteas) del bloque nuevo del edificio de la FAU. Fuente: ESCOBAR, M. L. ET AL., 2013

Propuestas para el sector antiguo

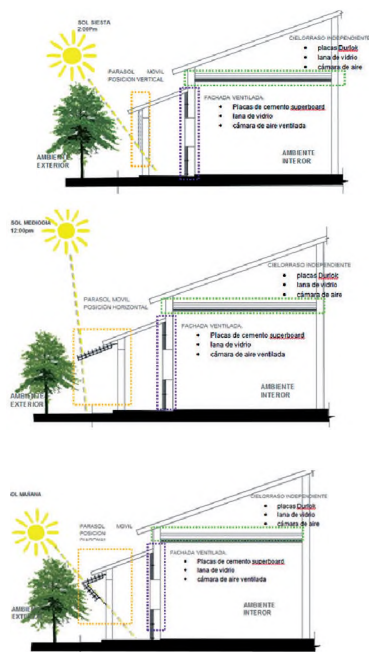


Figura 6: alternativas de parasolado para el sector antiguo de la FAU. Disposición del ángulo de acuerdo con la incidencia solar



Figura 7: propuesta de vegetación en la fachada oeste del sector antiguo, produce refrescamiento del aire.

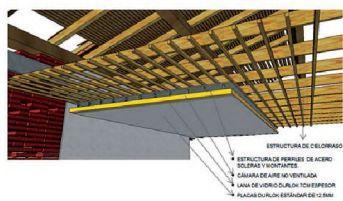


Figura 8: propuesta de cielorraso independiente con inclusión de aislación térmica en el interior de las aulas

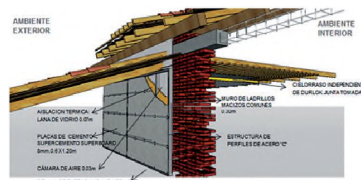


Figura 9: propuesta de muro ventilado sobre fachada oeste del sector antiguo de la FAU

Resultados obtenidos con las mejoras. Relación con parámetros higrotérmicos de las envolventes. Análisis de costos

Sector nuevo: mediante la protección con parasoles, se logran mejoras en cuanto al nivel de transmitancia térmica de los muros externos del edificio (tablas 2 y 4), que pasarían a verificar el Nivel “B” (medio) o el Nivel “A” (óptimo) –IRAM 11605:1996-, en tanto que en la situación real existente se incluyen en el Nivel “C” (mínimo).

Por su parte, las propuestas de transformación de las azoteas del bloque edilicio nuevo en “cubiertas verdes” también representan mejoras en cuanto al nivel de transmitancia térmica de los muros externos del sector nuevo del edificio (tabla 2), si bien no cambian de nivel (siguen incluyéndose en el nivel “B”) según el valor de transmitancia térmica, aunque este logra una reducción.

Sector antiguo: a partir de la propuesta de anexar un cielorraso independiente (bajo el ya existente) con inclusión de aislación térmica en el sector de aulas que corresponde a la zona antigua del edificio, se lograría un nivel “B”, mejorando ampliamente su situación higrotérmica (tabla 3), que actualmente se encuentra fuera de normativa. Con las mejoras propuestas para los muros del mismo sector, consistentes también en parasoles móviles, se alcanzaría el nivel de confort higrotérmico “A”, optimizando el confort de los ambientes interiores.

Resultados en el sector nuevo




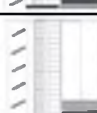


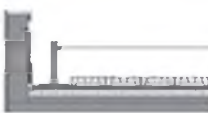

CUBIERTAS DEL CAMPUS UNNE - RESISTENCIA - CHACO						TABLA SÍNTESES DE RESULTADOS		
ENVOLVENTE	Material	Tipología Relevada (Esquema Gráfico)	Etapas del Relevamiento y Prototipo Mejorado	Parámetros Higrtérmicos Verif. (transm. Térmica y Riesgo de Condens. Inevitables)		COSTO DE PROTOTIPO \$		
MURO ACTUAL			Análisis y Propuesta de Intervención en Etapa de beca pre grado 2011-2012 y 2012-2013	Nivel "A" (óptimo)		217,686		
				Nivel "B" (medio)				
				Nivel "C" (mínimo)	0,96			
				Fuera de Normativa				
MURO PROPUESTO	MADERA		Análisis y Propuesta de Intervención en Etapa de beca pre grado 2011-2012 y 2012-2013	Nivel "A" (óptimo)		268,086		
				Nivel "B" (medio)	0,75			
				Nivel "C" (mínimo)				
				Fuera de Normativa				
	PVC		Análisis y Propuesta de Intervención en Etapa de beca pre grado 2011-2012 y 2012-2013	Análisis y Propuesta de Intervención en Etapa de beca pre grado 2011-2012 y 2012-2013	Nivel "A" (óptimo)	0,51	360,386	
					Nivel "B" (medio)			
					Nivel "C" (mínimo)			
					Fuera de Normativa			
ALUMINIO		Análisis y Propuesta de Intervención en Etapa de beca pre grado 2011-2012	Análisis y Propuesta de Intervención en Etapa de beca pre grado 2011-2012	Nivel "A" (óptimo)		360,386		
				Nivel "B" (medio)	0,8			
				Nivel "C" (mínimo)				
				Fuera de Normativa				
JARDIN VERTICAL		Análisis y Propuesta de Intervención en Etapa de beca pre grado 2011-2012	Análisis y Propuesta de Intervención en Etapa de beca pre grado 2011-2012	Nivel "A" (óptimo)		270,386		
				Nivel "B" (medio)	0,6			
				Nivel "C" (mínimo)				
				Fuera de Normativa				
TECHO ACTUAL	LOSETAS CERAMICAS		Análisis y Propuesta de Intervención en Etapa de beca pre grado 2011-2012	Nivel "A" (óptimo)		852		
				Nivel "B" (medio)	0,54			
				Nivel "C" (mínimo)				
				Fuera de Normativa (K muy alto)				
TECHO PROPUESTO	TECHO SOMBRA		Análisis y Propuesta de Intervención en Etapa de beca pre grado 2011-2012	Nivel "A" (óptimo)		899		
				Nivel "B" (medio)	0,43			
				Nivel "C" (mínimo)				
				Fuera de Normativa (K muy alto)				
	AZOTEA VERDE		Análisis y Propuesta de Intervención en Etapa de beca pre grado 2011-2012	Análisis y Propuesta de Intervención en Etapa de beca pre grado 2011-2012	Nivel "A" (óptimo)		1.301	
					Nivel "B" (medio)	0,44		

Tabla 2. Muros y cubiertas del bloque nuevo de aulas del edificio de la FAL-UNNE: comparación entre la situación real y la situación mejorada propuesta en cuanto al nivel de transmitancia térmica. Costos estimados de las mejoras. Fuente: ESCOBAR, M. L. ET AL., 2013

Resultados en el sector antiguo

SECTOR ANTIGUO DE LA FAU UNNE TABLA SÍNTESIS DE RESULTADOS							
ENVOLVENTE	Material	Tipología Relevada (Esquema Gráfico)	Etapas del Relevamiento y Prototipo Mejorado	Parámetros Hígrdotérmicos Verif. (transm. Térmica)		Costos de los Prototipos \$	
LATERAL	MURO		Análisis y Propuesta de Intervención en Etapa de base-pre grado 2012-2013	Nivel "A"	0	50.000	67.052,60
				Nivel "B"	0		
Nivel "C"	0						
			Fuera de Normativa (K muy alta)	1.88			
HORIZONTAL	TECHO		Análisis y Propuesta de Intervención en Etapa de base-pre grado 2012-2013	Nivel "A"	0	17.052,60	
				Nivel "B"	0		
Nivel "C"	0						
			Fuera de Normativa (K muy alta)	1.57			
ENVOLVENTE PROPUESTA	Material	Propuesta de mejoramiento (Esquema Gráfico)	Parámetros Hígrdotérmicos Verif. (transm. Térmica)		Costos de los Prototipos Mejorados (\$)		
MURO PROPUESTO	MURO		Análisis y Propuesta de Intervención en Etapa de base-pre grado 2012-2013	Nivel "A" (óptimo)	0.42	83.440,55	\$ 150.474,32
				Nivel "B" (medio)	0		
				Nivel "C" (mínimo)	0		
TECHO PROPUESTO	TECHO		Análisis y Propuesta de Intervención en Etapa de base-pre grado 2012-2013	Nivel "A" (óptimo)	0	67.058,77	
				Nivel "B" (medio)	0.47		
				Nivel "C" (mínimo)	0		

Tabla 3. Muro ventilado y cielorraso independiente del sector antiguo de aulas del edificio de la FAU-UNNE: comparación entre la situación real y la situación mejorada propuesta en cuanto al nivel de transmitancia térmica. Costos estimados de las mejoras. Fuente: TOLEDO, M. ET AL., 2013

Resultados obtenidos mediante RETScreen. Caso base versus caso propuesto. Factibilidad de implementación de las mejoras planteadas

Se desarrolló mediante el software RETScreen un diagnóstico comparativo del "caso base" (la situación actual del sector de aulas de la FAU, sobre la base de los análisis precedentemente comentados) con el "caso propuesto" (la propuesta de mejoramiento de las condiciones de aislamiento, resistencia térmica y protección solar de muros, techos y carpinterías) de la envolvente constructiva de ambos sectores. Para iniciar, se cargaron los datos básicos del proyecto, teniendo relevancia la elección de la ubicación de los datos meteorológicos.

1. Modelo de energía-combustible (energía eléctrica). Se tomó el valor del cuadro tarifario según SECHEEP, correspondiente a la categoría comercial: \$/KWh = 0,3765 (figura 10).

Combustible	Tipo de combustible 1	Tipo de combustible 2
Tipo de combustible	Electricidad	Electricity
Unidad - Consumo combustible	MWh	#N/A
Unidad - Precio combustible	\$/KWh	#N/A
Precio del combustible	0,377	0,377

Figura 10: pantalla de RETScreen de la carga de combustible utilizado (electricidad)

2. Características de la instalación. Que en nuestro caso se refiere a las mejoras propuestas en la envolvente (figura 11).

Mostrar:	Calentamiento	Enfriamiento	Electricidad	Costos iniciales incrementales	Ahorros en costo de combustible	Ahorros incrementales O y M	Pago simple de retorno del capital año	¿Incluye medición?
Combustible ahorrado								<input type="checkbox"/>
Sistema de calefacción	-17	-	-	994.700	-8.418	-1	-155,0	<input type="checkbox"/>
Sistema de enfriamiento	-	-15	-	994.700	-5.588	-1	-178,1	<input type="checkbox"/>
Cobertura de edificios	20	18	-	994.700	14.239	0	69,9	<input type="checkbox"/>
Ventilación								
Luminarias								
Equipos eléctricos								
Agua caliente								
Bombas								
Ventiladores								
Módulos								

Las propuestas de mejoramiento son eficientes para optimizar las condiciones higrotérmicas del espacio interior de las aulas, favoreciendo el desempeño de las actividades cotidianas sin requerir el uso masivo de energía eléctrica, reduciendo el uso de artefactos de acondicionamiento. Los costos iniciales para la implementación de las propuestas de mejoras, si bien implicarían una inversión de alto valor, se amortizarían mediante un ahorro importante en el consumo energético en el mediano y largo plazo.

	Caso base				Caso propuesto					
Norte del edificio	45				45				<input checked="" type="checkbox"/> Caso base = caso propuesto	
Horario	Horario 1				Horario 1					
Descripción	24/7				24/7					
	Caso base				Caso propuesto				Costos iniciales incrementales	
Cobertura de edificios	Norte	Este	Sur	Oeste	Norte	Este	Sur	Oeste		
Paredes	<input type="checkbox"/> Caso base = caso propuesto									
Área	m²	292	365	223,38	400	292	365	223,38	400	
Valor-U	(W/m²)°C	96	96	96	96	75	75	75	75	
									\$ 142.700	
Ventana	<input type="checkbox"/>									
Puertas	<input type="checkbox"/>									
Techo	<input checked="" type="checkbox"/> Caso base = caso propuesto									
Área	m²	710				710				
Valor-U	(W/m²)°C	0,54				0,43				\$ 852.000
Piso	<input type="checkbox"/>									
Pared - bajo el nivel del suelo	<input type="checkbox"/>									
Piso - bajo el nivel del suelo	<input type="checkbox"/>									
	Siguiente								Siguiente	

Figura 11. Pantallas de RETScreen de la carga de datos en cuanto a "características de la instalación"

3. Resumen de resultados (figuras 12 y 13)

	Combustible		Caso base		Caso propuesto		Ahorros en costo de combustible	
Unidad	Consumo	Precio del combustible	Consumo de combustible	Costo del combustible	Consumo de combustible	Costo del combustible	Combustible ahorrado	Ahorros en costo de combustible
Tipo de combustible	MWh	\$	MWh	\$	MWh	\$	MWh	\$
Electricidad	3	376,500	127,5	48.010	121,6	45.775	5,9	2.238
Verificación del proyecto	Unidad	Consumo de combustible-histórico	Consumo de combustible	Consumo de combustible-variación				
Tipo de combustible	MWh	127,5	127,5					
Electricidad	MWh							
Demanda de energía	Calentamiento	Enfriamiento	Electricidad	Total				
	MWh	MWh	MWh	MWh				
Demanda de energía - caso base	45	4.933		6.902				
Demanda de energía - caso propuesto	52	4.499		4.538				
Energía ahorrada	18	1.447		1.463				
Energía ahorrada - %	23,1%	24,4%		24,4%				
Punto de referencia	Unidad de energía							
	GJ							
Unidad de referencia	m³							

Figura 12: pantalla de RETScreen del resumen de resultados correspondiente al sector nuevo

Tipo de combustible	Combustible		Caso base		Caso propuesto		Ahorros en costo de combustible	
	Unidad - Consumo combustible	Precio del combustible	Consumo de combustible	Costo del combustible	Consumo de combustible	Costo del combustible	Combustible ahorrado	Ahorros en costo de combustible
Electricidad	MWh	\$ 376.500	36,5	\$ 13.742	19,3	\$ 7.283	17,2	\$ 6.459
Verificación del proyecto	Unidad - Consumo combustible	Consumo de combustible - histórico	Consumo de combustible - Caso base	Consumo de combustible - variación				
Electricidad	MWh		36,5					
Demanda de energía	Calentamiento MWh	Enfriamiento MWh	Electricidad MWh	Total MWh				
Demanda de energía - caso base	21	191	17	229				
Demanda de energía - caso propuesto	2	39	19	60				
Energía ahorrada	19	153	17	189				
Energía ahorrada - %	58,1%	79,7%	47,5%	75,7%				
Punto de referencia	Unidad de energía	GJ						
Unidad de referencia	Unidad de referencia	m²						

Figura 13: pantalla de RETScreen del resumen de resultados correspondiente al sector antiguo

4. Análisis financiero (figuras 14 y 15)

Parámetros financieros		
Tasa de inflación	%	23,0%
Tiempo de vida del proyecto	año	15
Relación de deuda	%	
Costos iniciales		
Mediciones de eficiencia energética	\$	2.984.100
Otro	\$	
Costos iniciales totales	\$	2.984.100
Incentivos y donaciones		
Costos anuales/pagos de deuda		
Costo de O y M (ahorros)	\$	2
Costo de combustible - caso propuesto	\$	45.775
Otro	\$	
Costos anuales totales	\$	45.777
Ahorros y renta anuales		
Costo de combustible - caso base	\$	48.010
Otro	\$	
Total renta y ahorros anuales	\$	48.010

Figura 14. Pantalla de RETScreen del análisis financiero correspondiente al sector nuevo

Parámetros financieros		
Tasa de inflación	%	23,0%
Tiempo de vida del proyecto	año	50
Relación de deuda	%	
Costos iniciales		
Mediciones de eficiencia energética	\$	562.638
Otro	\$	
Costos iniciales totales	\$	562.638
Incentivos y donaciones		
Costos anuales/pagos de deuda		
Costo de O y M (ahorros)	\$	-200
Costo de combustible - caso propuesto	\$	7.283
Otro	\$	
Costos anuales totales	\$	7.083
Ahorros y renta anuales		
Costo de combustible - caso base	\$	13.742
Otro	\$	
Total renta y ahorros anuales	\$	13.742

Figura 15. Pantalla de RETScreen del análisis financiero correspondiente al sector antiguo.

Mediante la aplicación del software se verificó lo siguiente

- La energía ahorrada en el caso propuesto representa un 24 % menos que la del caso base para el sector nuevo, y un 47 % para el sector antiguo de la FAU, con la aplicación de las mejoras (tanto en techos como en muros).
- El ahorro en emisiones en el caso propuesto es de 2,1 MWh al año respecto del caso base.
- El ahorro en combustible (energía eléctrica) para el caso propuesto es de \$ 2.236 en el sector nuevo y \$6.459, en el sector antiguo (figs. 12 y 13), siendo un total de \$8.695 al año.

REFLEXIONES Y PERSPECTIVAS

Se corrobora que la aplicación de las propuestas de mejoras en la envolvente edilicia (muros y techos) reduce las ganancias de calor, garantizando mayor confort en los espacios interiores.

Se verificó que la inversión inicial, si bien resulta alta en una primera instancia, se amortiza en el tiempo, ya que prevalece una reducción sostenida en los pagos de los servicios energéticos. Mejorar la calidad de la resistencia térmica de la envolvente edilicia implicaría mejorar la calidad higrotérmica de los ambientes interiores, por lo tanto, es una medida directa para lograr el ahorro del consumo de energía de los edificios (ALÍAS Y JACOBO, 2011).

Herramientas como RETScreen se presentan como de gran utilidad para evaluar integralmente la factibilidad económica de implementar dichas mejoras constructivas, pues de ello dependerá, en última instancia, la decisión final que se tome al respecto, llegado el momento de materializar las obras. Aunque este tipo de herramientas no resultan exactas en un ciento por ciento, la confiabilidad de los resultados depende de la veracidad y exactitud de los datos ingresados. De todos modos, siempre resultan provechosas para una aproximación al desempeño que pueden representar las alternativas comparadas, ayudando en el proceso de toma de decisiones, tanto para el mejoramiento de edificios existentes —como el del caso específico que se presenta en este trabajo— como para el diseño de edificios nuevos. La información generada mediante estos análisis representa una contribución con el equipo de investigación de la cátedra Estructuras II, FAU-UNNE, en el aporte que este viene realizando en la generación de las bases para determinar políticas institucionales en la UNNE para el “Uso Racional de la Energía –URE-” en su edificación, atendiendo a las directivas del Ministerio de Educación y Cultura de la Nación, que en la Resolución N.º 22/2008, artículo 11, invita a las universidades nacionales a implementar políticas e instrumentos institucionales para dicho URE.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- ALÍAS, H. M. y JACOBO, G. J.** (2011). *Eficiencia energética en viviendas sociales. Incidencia de la envolvente en el consumo eléctrico para mantener el bienestar higrotérmico en los espacios interiores*. Publicado en ARQUISUR REVISTA (Publicación científica de la Asociación de Escuelas y Facultades de Arquitectura Públicas del Mercosur) – N.º 1 – 2011 – pp. 76 a 89. ISSN N.º 1853-2365. Ediciones UNL (Edición del Centro de Publicaciones de la Universidad Nacional del Litoral). www.fadu.unl.edu.ar/arquisurrevista Argentina.
- ALÍAS, H. y JACOBO, G.** (2008). *Optimización del comportamiento energético de la edificación. Jornadas de Docencia, Investigación y Extensión 2008*, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNNE. ISSN N.º 1666 – 4035.
- ALÍAS, H.; JACOBO, G.; GALLIPOLITI, V.; MARTINA, P.; CORACE, J.; AEBERHARD, M. y DI BERNARDO, A.** (2010). *Relevamiento del parque habitacional social de Resistencia y su desempeño térmico: monitoreo y simulaciones*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 14. Pp. 05.89 – 96. Argentina. ISSN 0329-5184.
- ALÍAS, H.; JACOBO, G.; MARTINA, P.; CORACE, J.; BORGES, R.; YACCUZZI, I.; ÁLVAREZ PALAZZO, F. y LÓPEZ, F.** (2012). *Monitoreo y simulaciones de desempeño térmico de aulas de la Facultad de Arquitectura de la UNNE en días de verano y condiciones reales de uso*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 16. Pp. 05.17 – 25. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.
- BOUTET, M.; ALÍAS, H.; BUSSO, A.; JACOBO, G. y SOGARI, N.** (2007). *Verificación del comportamiento térmico de un prototipo de vivienda familiar de madera mediante “ECOTECT” y “QUICK II*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 11. ISSN 0329-5184. Argentina.
- BOUTET, M.; HERNÁNDEZ, A.; JACOBO, G.; MARTINA, P. y CORACE, J.** (2010). *Monitoreo higrotérmico del jardín materno infantil de la UNNE y simulación mediante ECOTECT, en condiciones reales de uso*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 14. Argentina. ISSN 0329-5184. Pp. 05.17 - 05.24.
- CORONEL, C. ET ÁL.** (2010). *Estudio de desempeño termoenergético del edificio sede de la FAU–UNNE, con aplicación de herramienta informática*. ENTAC 2010-III Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construido. Canela. Brasil.
- DI BERNARDO, Á., JACOBO, G. y ALÍAS, H.** (2008). *Desempeño térmico–energético de viviendas sociales del NEA. Simulaciones con la herramienta informática ECOTECT*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 12. ISSN 0329-5184. Argentina.
- DI BERNARDO, A.; FILIPPÍN, C. y PIPA, D.** (2011). *Desempeño térmico-energético de un prototipo demostrativo de vivienda de interés social en Córdoba, Argentina*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 15. Pp. 08.35 – 42. Argentina. ISSN 0329-5184.

ESCOBAR, M. L.; TOLEDO, M. y ALÍAS, H. M. (2012). *Mejoras de la aislación de la envolvente constructiva del edificio de la FAU-UNNE. Evaluación de factibilidad mediante el software "RETSscreen"*. Actas de las VI Jornadas de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2012 - Docencia, Investigación, Extensión y Gestión, de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Chaco, Argentina.

ESCOBAR, M. L.; TOLEDO, M. y ALÍAS, H. M. (2013). *Herramientas informáticas para toma de decisiones en proyectos arquitectónicos de eficiencia energética: aplicación del software "RETSscreen" al edificio de la FAU – UNNE*. 6.º Congreso Regional de Tecnología de las Facultades del Arquisur. Instituto de Tecnología Arquitectónica; Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán. San Miguel de Tucumán, Argentina.

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (IRAM). *Normas Técnicas Argentinas: 11601: 1996; 11603: 1996; 11605: 1996; 11625: 2000; 11630:2000; 11507-1:2001; 11507-4:2010*. Buenos Aires, Argentina.

JACOBO, G. y ALÍAS, H. A. (2009). *Evaluación de desempeño termo-energético de viviendas económicas del Nordeste argentino mediante simulaciones con ECOTECT. Retroalimentación de proyectos*. Anales I Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído (SBQP) - IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. ISSN 2176–4549. São Carlos, Brasil. Universidad de São Paulo. ANTAC–Brasil.

RETSscreen. *Software de Análisis de Proyectos de Energía Limpia*. Herramienta de apoyo para la toma de decisiones, desarrollada por el gobierno de Canadá a través del centro de investigación de Canmet ENERGY de Recursos Naturales, Varennes, Quebec. <http://www.retscreen.net>, www.nrcan.gc.ca.