

MONITOREO TERMICO DE AULAS DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA DE LA UNNE (RESISTENCIA, CHACO) EN DÍAS DE INVIERNO Y CONDICIONES REALES DE OCUPACIÓN

H. Alías¹; G. Jacobo²; P. Martina³; J. Corace³; R. Aeberhard³; C. Coronel Gareca⁴; R. Borges⁴; I. Yaccuzzi⁴

Cátedra ESTRUCTURAS II. Área de la Tecnología y la Producción. Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU). Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) - Av. Las Heras 727 – 3500 - Resistencia – Chaco

Tel.: +54 3722 425573 – e-mail: heralias@arq.unne.edu.ar / gjjacobo@arq.unne.edu.ar

Grupo de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables (GIDER). Facultad de Ingeniería (FI) - UNNE - Av. Las Heras 727 – 3500 - Resistencia – Chaco. Tel.: +54 3722 420076

RESUMEN: Se presentan los resultados del monitoreo térmico de seis aulas del edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), durante un período de 15 días de invierno, en la ciudad de Resistencia, Chaco. El objetivo fue detectar posibles problemas de disconfort y elaborar un primer diagnóstico de situación higrotérmica, en el marco de un proyecto de investigación orientado a la evaluación termoenergética de las sedes de las facultades de Arquitectura y de Ingeniería de la UNNE. Por los resultados obtenidos, el edificio monitoreado, que constituye una tipología constructiva tradicional representativa de muchos edificios institucionales de la década del '50 (en servicio activo en varias provincias del país), constituye un caso de desempeño térmico regular durante días de invierno típicos de la zona "Ib", con temperaturas interiores por debajo del límite inferior confortable definido, durante el 64% del tiempo de monitoreo.

Palabras clave: monitoreo, desempeño térmico, aulas, FAU - UNNE.

INTRODUCCIÓN

Ante la situación de consumo energético excesivo, el Estado Argentino implementó, en el año 2007, el "*Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía*", mediante el cual se dispuso que los diversos organismos oficiales del Estado participen del mismo y se adecuen a las directivas que de él surjan. En función de ello, el Ministerio de Educación y Cultura de la Nación, en la Resolución N° 22/2008, art. 11, invitó a las Universidades Nacionales a implementar políticas e instrumentos institucionales para el Uso Racional de la Energía (URE).

Atendiendo a ello, en el Campus de la UNNE de la ciudad de Resistencia (Chaco), y en el marco de un proyecto de investigación que se lleva adelante en la cátedra *Estructuras II* - FAU - UNNE, titulado "*Evaluación térmico-energética de las sedes edilicias de las Facultades de Arquitectura y de Ingeniería de la UNNE*" (orientado a la evaluación térmica y energética de los edificios de las Facultades mencionadas y a la propuesta de medidas correctoras, desde el diseño tecnológico, tendientes a lograr un uso más eficiente de la energía para climatización en dichos edificios), se está realizando actualmente en el edificio de la Facultad de Arquitectura un análisis de las situaciones tecnológico – constructivas implementadas, así como de las condiciones de habitabilidad higrotérmica y de consumo energético de los que dichas situaciones son responsables, mediante el empleo de programas informáticos específicos de simulación dinámica, validados mediante mediciones experimentales. El objetivo es elaborar un diagnóstico de situación, y en función del mismo, proponer soluciones mejoradoras, si se demostrara su necesidad, que apunten a una reducción del consumo anual de electricidad, sin que ello implique una reducción de la calidad de vida ni de las posibilidades de trabajo en los espacios interiores. Ello representaría una instancia inicial dentro de un proceso de generación de las bases de políticas institucionales en la UNNE tendientes al URE en la edificación.

En el ámbito de dos ciudades cabecera del NEA (Resistencia y Corrientes) se han desarrollado estudios de desempeños higrotérmicos y energéticos, tanto en edificios institucionales como en viviendas sociales (Di Bernardo et al, 2008; Alías, et al, 2010; Boutet et al, 2010; Coronel et al, 2011), generándose experiencias que constituyen antecedentes directos del presente trabajo.

La ciudad de Resistencia pertenece a la zona bioambiental "Ib", *muy cálida* (IRAM 11603, 1996), donde los valores de temperatura efectiva corregida media, en el día típicamente cálido, son superiores a 26,3°C; durante la época caliente todos los sectores presentan valores de temperatura máxima superiores a 34°C y valores medios superiores a 26°C, con amplitudes térmicas menores de 14°C. El período invernal presenta temperaturas medias durante el mes más frío superiores a los 12°C.

¹ Mgter. Arq. Esp. Prof. Univ. Investigadora FAU – UNNE. Co-directora proy. investigación SGCyT – UNNE.

² MSc. M. Ing. Arq. Prof. Univ. Investigador FAU – UNNE. Director proy. investigación SGCyT – UNNE.

³ Ing. Esp. Prof. Univ. Investigador/a Depto. Termodinámica - Grupo de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables (GIDER) – Facultad de Ingeniería (FI) – UNNE.

⁴ Becario de investigación – FAU – UNNE. Secretaría General de Ciencia y Técnica (SGCyT – UNNE)

CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO SEDE DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA DE LA UNNE

El edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la UNNE está implantado a media orientación en el Campus Universitario de la 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.

Este Campus alberga, además, las sedes de las Facultades de Ingeniería, de Humanidades y de Ciencias Económicas de la UNNE, así como otros Centros e Institutos (CEGAE, Geociencias, Medicina Regional, Agrotécnico), la Biblioteca Central, el Jardín Materno – Infantil y el Comedor Universitario de la UNNE. El edificio se erigió originalmente a fines de la década de 1950 como un Hogar – Escuela (como parte de las obras planificadas durante el segundo “Plan Quinquenal” del gobierno de J. D. Perón), y en 1957 se convirtió en la sede universitaria de la UNNE. Fue construido, así como otros edificios institucionales en aquella época, con características formales y tecnológico - constructivas similares (aunque implantados en distintas regiones y provincias del país), respondiendo a tipologías proyectuales prototípicas para funciones específicas.

Presenta un partido abierto, con espacios organizados en torno a patios centrales que funcionan como pulmón de los bloques, y la vez sirven de expansión (figura 1). Dichos bloques presentan galerías corridas tanto al interior como al exterior, generando protecciones climáticas y espacios nexos entre el interior y el exterior de los bloques edilicios.

Desde el punto de vista constructivo, el edificio 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.

A lo largo del tiempo fue adaptado para diversas funciones y actividades interiores, por medio de intervenciones parciales y ampliaciones, implementadas con diversas tecnologías constructivas). En las figuras 2, 3, 4 y 5 se reconoce el mismo prototipo aplicado a edificios ubicados en las provincias de Mendoza, Salta, Buenos Aires y Corrientes, respectivamente.

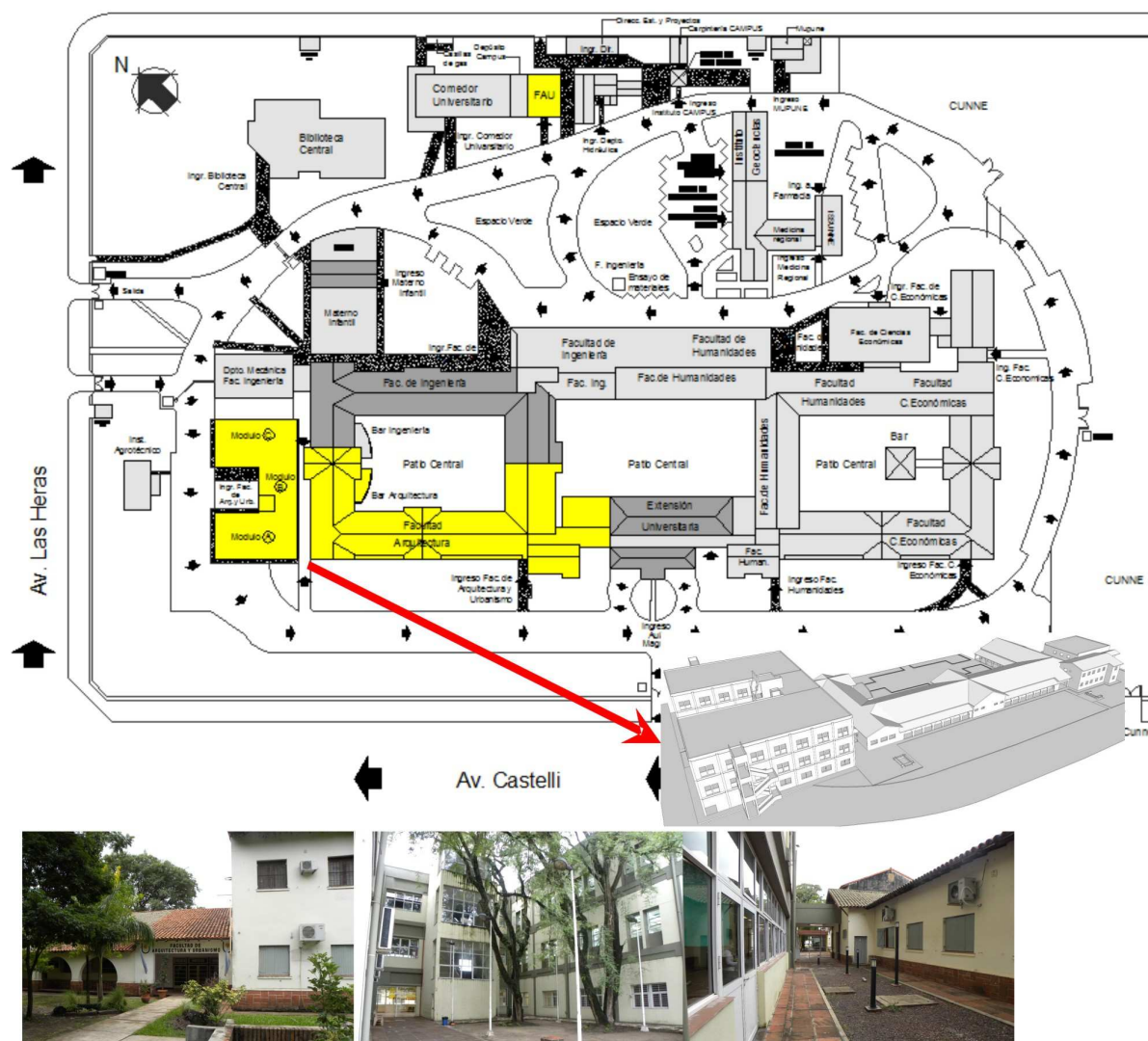


Figura 1: Planimetría Campus UNNE, Resistencia (arriba). Facultad de Arquitectura (en amarillo). Volumetría y fotografías (abajo): acceso principal por el sector antiguo, sudoeste (izq.), acceso noroeste, por el sector “nuevo” (centro) y patio entre el bloque antiguo y el nuevo (der.)

En la década de 1990 se decidió ampliar el edificio de la FAU, para realizar los talleres de arquitectura: la ampliación consistió en dos bloques de tres pisos unidos por un bloque principal que funciona como hall y conector. En su materialización se emplearon 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). La construcción finalizó a fines de 2004 con la colocación de carpinterías (puertas y ventanas de aluminio anodizado blanco, con vidrios transparentes tipo float). El edificio de la FAU presenta así dos sectores, “antiguo” y “nuevo”, bien diferenciados tanto en el aspecto tecnológico (por los materiales empleados en los cerramientos perimetrales), como en el formal-espacial y funcional:

A. El **sector “nuevo”**, que alberga los espacios interiores de mayores envergaduras en cuanto a volúmenes e intensidades de usos: 6 aulas – taller, un Auditorio y núcleos de sanitarios. Su tecnología constructiva se explicitó precedentemente.

B. El **sector “antiguo”**, que alberga 5 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. Presenta muros divisorios interiores de ladrillos comunes macizos de espesores constantes no menores a 0,20m y de un máximo de 0,40m. 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.



Figura 2 (izquierda): Escuela Hogar. Provincia de Mendoza. Función actual: museo histórico. Fuente: <http://www.google.com/images/mendozahogarescuela>. Figura 3 (centro y derecha): Escuela Hogar. Provincia de Salta. Función actual: hogar - escuela. Fuente: <http://190.224.160.133:8080/salta/Salta/diario/2011/02/28/salta/>



Figura 4 (izquierda): Escuela Hogar. Ubicación: Ezeiza, prov. de Buenos Aires. Función actual: hogar - escuela. Fuente: <http://190.224.160.133:8080/salta/Salta/diario/2011/02/28/salta/descartan-renuncias-en-el-hogar-escuela>. Figura 5 (derecha): Escuela Hogar. Ubicación: Corrientes, prov. de Corrientes. Función actual: hogar - escuela. Fuente: <http://www.google.com/imgres?imgurl=http://www.mimercedes.com.ar>

ANÁLISIS EDILICIO. DEFINICIÓN DE ZONAS Y SIMULACIÓN TÉRMICA GENERAL PREVIA

En un trabajo previo (Coronel et al, 2011) se relevó integralmente el edificio, actualizándose mediante dicho relevamiento el legajo y la documentación técnica completa de obra. Se realizó asimismo un análisis funcional, espacial y técnico – constructivo del edificio, que permitió definir los diferentes paquetes de locales y sectores que lo componen, y sentar las bases de la zonificación funcional – constructiva, agrupando funciones, patrones de ocupación y tecnologías constructivas homogéneas.

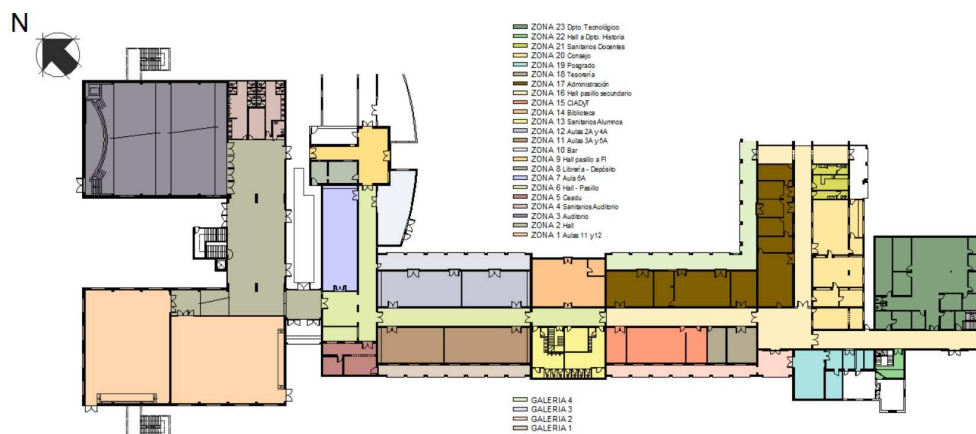


Figura 6: Zonificación Planta Baja – FAU – UNNE. Fuente: Coronel, C. et al, 2011.

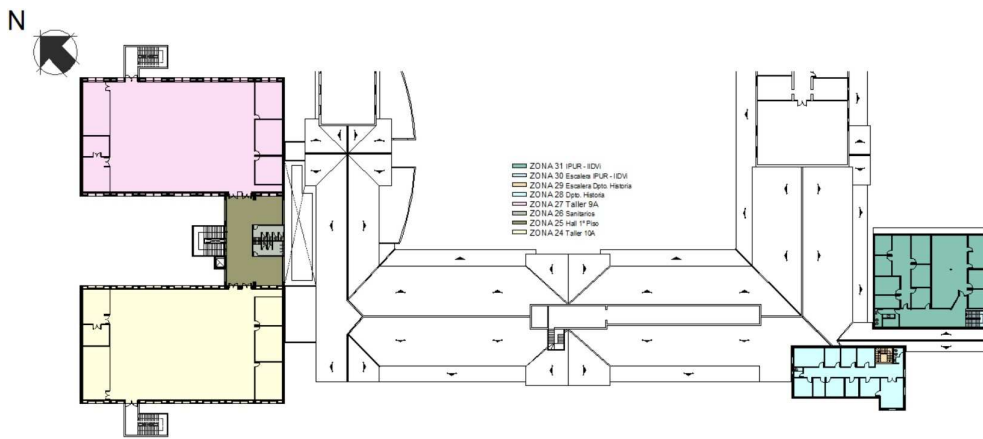


Figura 7: Zonificación Planta 1° piso – FAU – UNNE. Fuente: Coronel, C. et al, 2011.

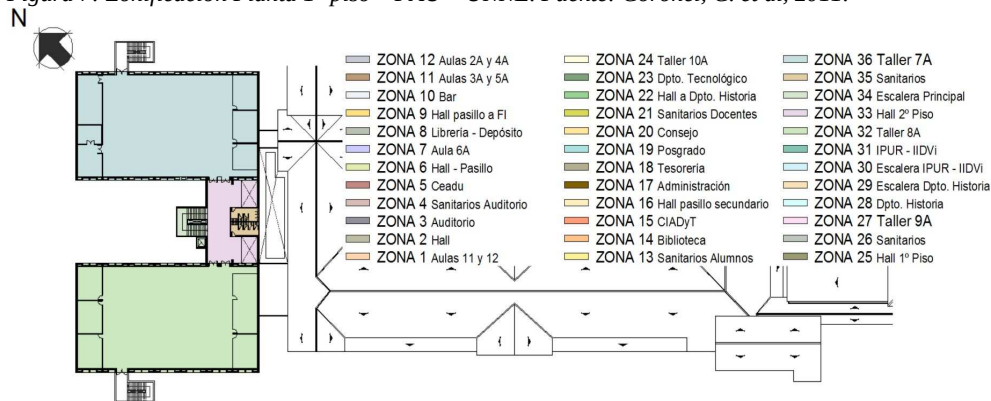


Figura 8: Zonificación Planta 2° piso – FAU – UNNE. Fuente: Coronel, C. et al, 2011.

Se tuvieron en cuenta, para la definición de zonas homogéneas, el tipo de actividad desarrollada en cada espacio, la frecuencia de uso, la cantidad de usuarios de dichos espacios, el tipo y cantidad de equipos y artefactos (electromecánicos, de iluminación artificial y demás) de los locales y la tecnología constructiva de materialización de sus envolventes.

Según estos criterios, se definieron en el edificio completo treinta y seis (36) zonas, que se indican en las figuras 6, 7 y 8, en función de las cuales se modelizó el edificio para realizar una primera simulación general de desempeño higrotérmico mediante el programa ECOTECT, durante los días de temperaturas extremas, tanto del período frío (11 de julio) como del período cálido (4 de enero). Para ello, la banda de confort se estableció, para todas las zonas analizadas, entre los 19°C (mínima confortable de invierno) y los 29 °C (máxima confortable de verano) y 55 a 60% de HR (Alías y Jacobo, 2010), según rangos usuales para la región NEA. La tabla I expone los porcentajes de confort anuales obtenidos en cada zona, mediante la simulación previa con ECOTECT (Coronel, et al, 2011), así como la constitución tecnológica de las envolventes.

MONITOREO EXPERIMENTAL: DEFINICIÓN DE LA MUESTRA, METODOLOGÍA Y RESULTADOS

En función del análisis y la zonificación previa y de los resultados de la simulación de desempeño higrotérmico mediante ECOTECT (Coronel et al, 2011), se definió la muestra de locales a monitorear térmicamente. Se determinó realizar el monitoreo en los 6 locales que se indican en color en la tabla I, que corresponden a aulas, cuyos envolventes se caracterizan tecnológica e higrotérmicamente en la tabla II. La selección de dichos locales se basó en los siguientes criterios:

- Incluir tanto sectores del edificio antiguo (aulas 6 y 4) como del sector nuevo (aulas 11, 7, 8 y 10), y por lo tanto lograr representatividad de las diferentes tecnologías constructivas de las envolventes;
- Incluir aquéllos locales que, según el relevamiento de frecuencias de uso y cantidades de usuarios diarios, hayan registrado los valores semanales más altos, de manera constante, lo que condujo a que la selección se limite exclusivamente a aulas;
- Monitorear zonas que, según la simulación térmica previa, representen valores de toda la franja de porcentajes de confort anuales logrados (ver tabla I, columna derecha), desde los más bajos (situaciones más desfavorables) hasta los más elevados (buenas condiciones de habitabilidad), pasando por valores intermedios.
- Lograr cierta proximidad entre los sectores a monitorear, para hacer un uso más eficiente y económico de la instalación (reducir, en lo posible, las longitudes para el tendido de cables entre los locales y el adquirente de datos).

Se realizó una campaña de medición del comportamiento térmico de las seis aulas definidas, durante el período comprendido entre el 30 de junio y el 14 de julio de 2011 (14 días corridos, las 24 hs. de cada día). Las aulas estuvieron en condiciones de uso normal durante el monitoreo (los días 2 – 3 y 9 – 10 de julio correspondieron a fines de semana, sin dictado de clases ni uso para exámenes), habiéndose relevado tales condiciones de ocupación (cantidad de usuarios, tipo de actividad, patrón de

apertura de aventanamientos y uso de la iluminación artificial, equipamientos y artefactos en uso) mediante recorridos in situ durante el período de monitoreo, realizados aproximadamente cada hora, tanto durante el horario matutino (uso por parte de la carrera de Diseño Gráfico) como durante el vespertino (uso por parte de la carrera de Arquitectura).

Las variables registradas durante el monitoreo (con una frecuencia de muestreo de 10 minutos) fueron: *Temperatura ambiente exterior a la sombra; Temperatura de bulbo seco de las 6 aulas definidas; HR ambiente exterior; Irradiación solar global sobre superficie horizontal.*

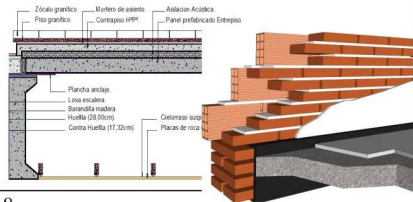
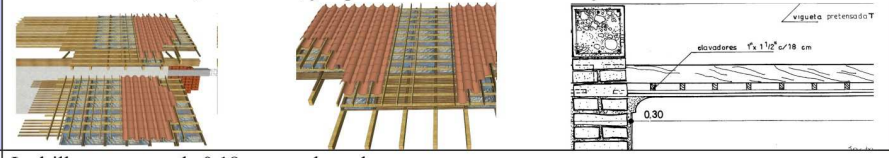
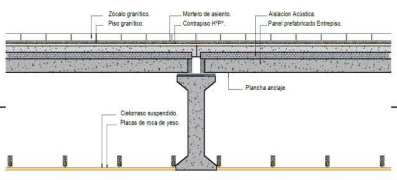
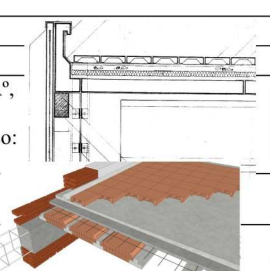
Zonas	Constitución técnico – constructiva de la envolvente	% de confort anual s/ECOTECT
Zona 1: Aula 11 – Planta Baja – Sector nuevo	Muros: compuestos (e=0.35 mts.) de mampostería de ladr. comunes macizos 12cm + ladr. huecos, con cámara de aire intermedia y capas de revoque MAR tanto exterior como interior. Cubierta: entepiso de losa prefabricada de H°A°, sobre estructura independiente, losa + aislaciones + contrapiso + piso. Cielorraso: suspendido de placas de roca de yeso tipo durlock, arriostrado a losa de entepiso. 	30,60%
Zona 2	Ladrillos huecos 8x18x33, CA, Ladrillos comunes 0,18.	42,50%
Zona 3	Ladrillos huecos 8x18x33, poliestireno, Ladrillos comunes 0,18.	21,50%
Zona 5	Ladrillos comunes de 0,30 (total), revocadas ambas caras.	57,70%
Zona 7: Aula 6 – Planta Baja – Sector antiguo	Muros: mampostería de ladrillos macizos comunes (0.30 mts), y capas de MAR en ambas caras de los muros. Cubierta: estructura de madera, cabreada, correas, tirantes más listoncillos, membrana plástica y tejas coloniales, clavadas a la estructura de listoncillos. Cielorraso: superficies independientes que poseen su propia estructura, fijada a los extremos de los muros perimetrales. Estructura de madera, malla sima, y capas de MAR, terminación al yeso. 	6,10%
Zona 10	Ladrillos comunes de 0,18, revocado ambas caras.	49,10%
Zona 11	Ladrillos comunes de (0,30 total), revocadas ambas caras.	8,70%
Zona 12: Aula 4 – Planta Baja – Sector antiguo	Ídem zona 7.	21,60%
Zona 14		41,90%
Zona 15		35,80%
Zona 17		68,20%
Zona 18		75,90%
Zona 19		61,50%
Zona 20		65,80%
Zona 23		59,00%
Zona 24 Taller 10 – 1°Piso – Edificio nuevo	Ídem zona 1.	51,80%
Zona 25	Ladrillos comunes de 0,18, revocadas ambas caras.	38,30%
Zona 27	Ladrillos huecos 8x18x33, CA, Ladrillos comunes 0,18.	51,80%
Zona 28	Ladrillos comunes de (0,30 total), revocadas ambas caras.	65,10%
Zona 31	Ladrillos comunes de (0,30 total), revocadas ambas caras.	47,80%
Zona 32 Taller 8 – Planta 2°Piso – Edificio nuevo	Muros: ídem zona 1. Cubierta: entepiso de losa prefabricada de H°A°, sobre estructura independiente, losa, aislaciones, contrapiso, loseta cerámica tipo spiro -term., para protección superior. Cielorraso: suspendido de placas de roca de yeso tipo durlock, arriostrado a losa. 	54,80%
Zona 33	Ladrillos comunes de 0,18, revocado ambas caras.	38,20%
Zona 34		53,90%
Zona 36 Taller 7 – Planta 2°Piso – Edificio nuevo	Ídem zona 32.	52,30%

Tabla I: Porcentajes de confort anuales en cada zona del edificio de la FAU – UNNE, según simulación con ECOTECT.

El instrumental de medición, aportado por el Grupo de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables del Depto. de Termodinámica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste (GIDER – FI – UNNE), consistió en: sensores de temperatura (termocuplas tipo “K”, previamente calibradas en el rango de temperaturas de trabajo), conectados a un módulo de adquisición de datos (Data Logger - Registrador Virtual NOVUS FIELD LOGGER, de 8 canales analógicos, alimentado con 220 voltios, conversor y software de adquisición de datos “Field Chart”). Las mediciones de datos de humedad relativa y temperatura ambiente externas fueron realizadas con un medidor de HR y temperatura (marca ROTRONIC, tipo Hygromer I-128, con una amplitud de medición de 0 a 100% de HR, con un error de +/- 1,5% a 25°C y con una amplitud de medición de temperaturas de entre -15°C y 65°C, con una apreciación de 0,1 °C). Como sensor de radiación solar global se usó un piranómetro termoelectrico (marca EPPLEY, tipo PSP N° 30155 F3).

Los 6 sensores de temperatura, conectados al adquisidor de datos, se ubicaron “colgados” del centro aproximado del cielorraso de cada local, a una altura aproximada de 2,10 metros del nivel de piso (de modo de no perturbar las actividades normales de los usuarios), y fueron cubiertos superior y lateralmente por pantallas cilíndricas de aluminio perforadas (para no obstruir el paso del aire), tendientes a apantallar el intercambio radiante en el infrarrojo lejano con las paredes y el cielorraso de los locales, a fin de evitar que los sensores se calienten o enfríen por arriba o por debajo de la temperatura del aire de los mismos (Boutet et al, 2010). Las figuras 9, 10 y 11 muestran la distribución en planta de las 6 termocuplas en cada local de la muestra definida y fotografías, así como la ubicación del adquisidor de datos.

Resultados:

Los valores de temperatura ambiente exterior, irradiación solar global sobre superficie horizontal y humedad relativa exterior para el período de registro son los que se muestran en las figuras 12a y 12b. Hasta el 9 de julio se registraron temperaturas exteriores de entre 6 °C y 18 °C, con valores de entre 50 y 75% HR ambiente exterior, representativas de días de invierno extremo y moderados de la ciudad de Resistencia, en tanto que a partir del 9 de julio se produjo un ascenso gradual de temperatura, con mínimas de 12°C y máximas de hasta 31°C, con valores de HR de entre 75% y 95%.

Se registraron valores de irradiación solar global (sobre sup. horizontal) máximos promedio de 660 W/m² (para días de cielo claro) y extremos de 825 W/m², para las 13,30hs.aproximadamente.

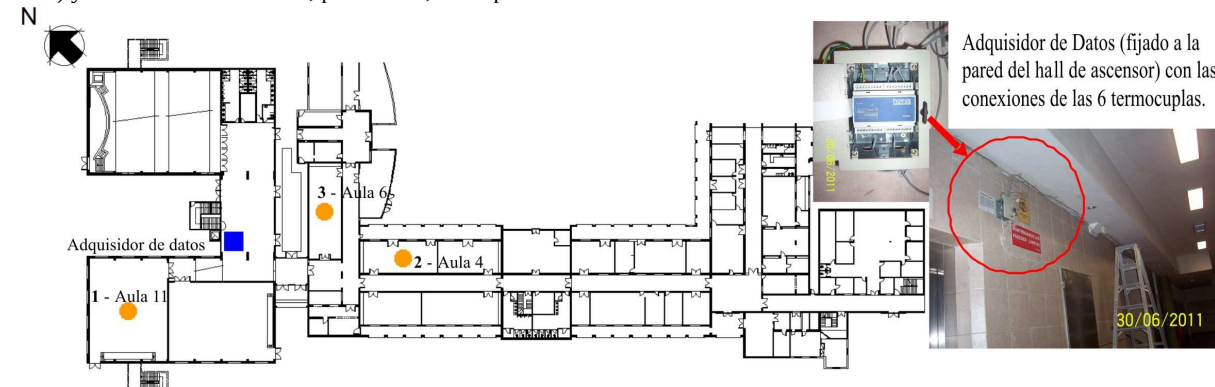


Figura 9: Esquema e imágenes de distribución de los sensores de temperatura y registrador en Planta Baja – FAU – UNNE.

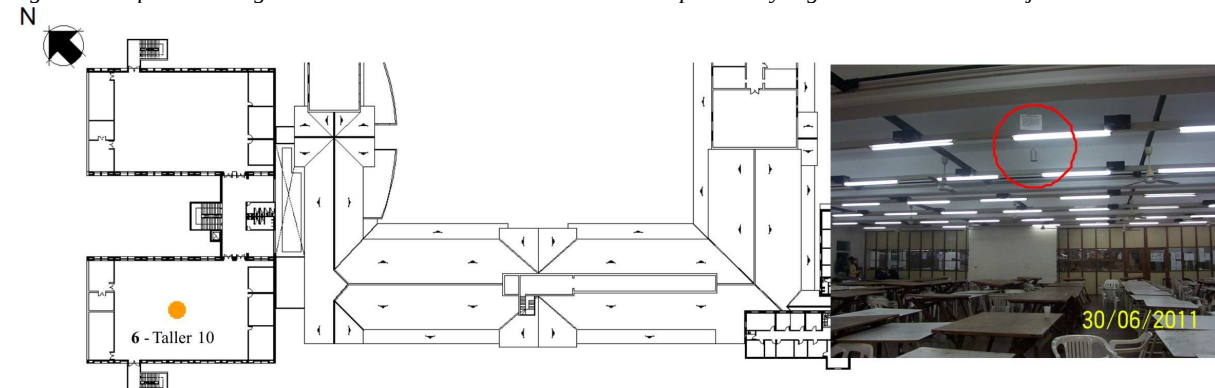


Figura 10: Esquema e imagen de distribución de los sensores de temperatura en Planta 1° piso – FAU – UNNE.

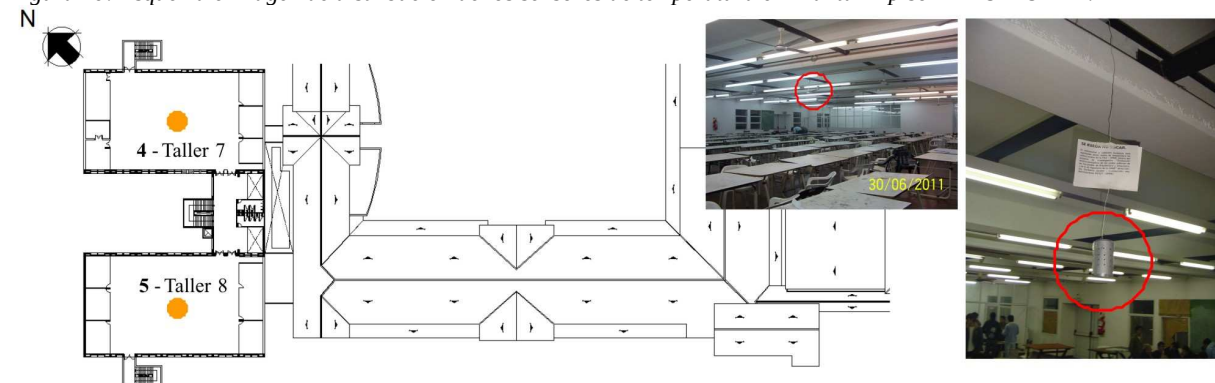


Figura 11: Esquema e imágenes de distribución de los sensores de temperatura en Planta 2° piso – FAU – UNNE.

Los valores de temperaturas interiores de las 6 aulas monitoreadas, durante los días de registro, se exponen en la figura 13. Entre el 2 y el 8 de julio, días de los registros térmicos exteriores más bajos, las temperaturas de las 6 aulas se mantuvieron, durante las 24 hs. de cada día, por debajo del límite inferior de la banda de confort fijada (19°C - 29°C), registrando mínimas de 14°C y máximas de 18°C.

Tan sólo a partir del 9 de julio, en que las temperaturas exteriores empiezan un marcado y progresivo ascenso, las temperaturas interiores de las aulas alcanzan los 19°C y suben gradualmente hasta alcanzar un máximo de 26°C el 14 de julio a las 16hs. Los picos de temperatura interiores se registran con un retraso de 3,5 a 5 hs. con respecto a los exteriores (que ocurren a las 15,00 hs. aproximadamente).

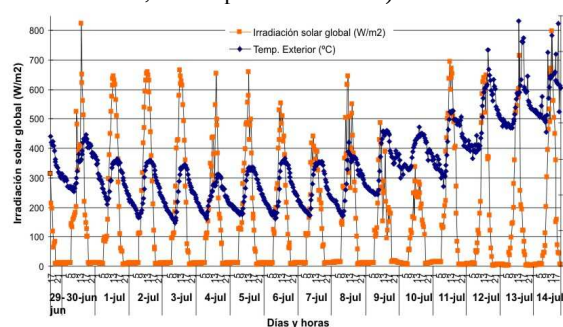


Figura 12a: Registros de temperatura exterior e irradiación solar global en Resistencia, entre el 30/06/11 y el 14/07/11.

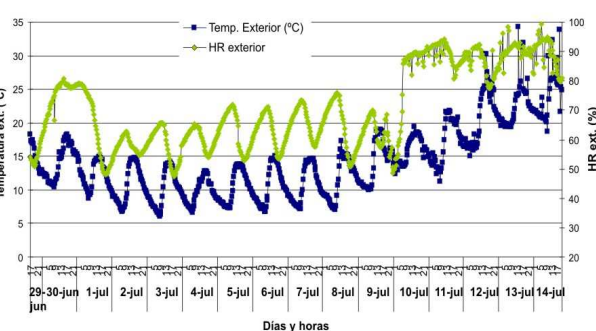


Figura 12b: Registros de temperatura exterior y HR ambiente en Resistencia, entre el 30/06/11 y el 14/07/11.

La amplitud térmica exterior diaria registrada fue de 8°C para el 3 de julio (uno de los días más fríos registrados, junto con el 4 de julio) y de 12,5°C para el 14 de julio (día más cálido registrado); en tanto que la *amplitud térmica interior promedio diaria* registrada fue de 2,5°C para el 3 de julio y de 4°C para el 14 de julio. La figura 14 muestra la evolución de temperatura de las 6 aulas monitoreadas para el día más frío registrado (4 de julio).

De los locales monitoreados, el *Aula 4* (sector antiguo), que además de la cubierta presenta sólo la cara NE al exterior (además protegida por galería, por lo que solo recibe irradiación solar directa parcialmente, entre las 8 y 10hs.), presenta en general las temperaturas más bajas con respecto a los otros locales, durante las 24 hs.

El *Taller 7* (último piso, bloque nuevo) también presenta temperaturas más bajas que el resto, pero solamente en horas de la madrugada, situación que se revierte a partir de las 9 hs. aproximadamente, en que recibe asoleamiento directo durante toda la mañana y buena parte de la tarde, por presentar uno de los lados mayores al NE y un lado menor al NO. En este *Taller 7* se relevó el mayor porcentaje de ventanas abiertas durante horas nocturnas.

El *Taller 8* (último piso, bloque nuevo), al NO y SO, registra las temperaturas más altas de la serie monitoreada, seguido por el *Aula 6* (sector antiguo), el *Aula 11* y el *Taller 10* (PB y 1° piso, respectivamente, del bloque nuevo).

Hay que destacar que estos 3 locales, *Talleres 8, 10 y 11*, se hallan encolumnados, variando solamente su grado de exposición al exterior por tratarse de último piso, 1° piso y planta baja, respectivamente, resultando el *Taller 8* (último piso) el más expuesto y el que mayor porcentaje de irradiación solar directa recibe durante el día, y el *Aula 11*, en PB, el que menor irradiación directa recibe.

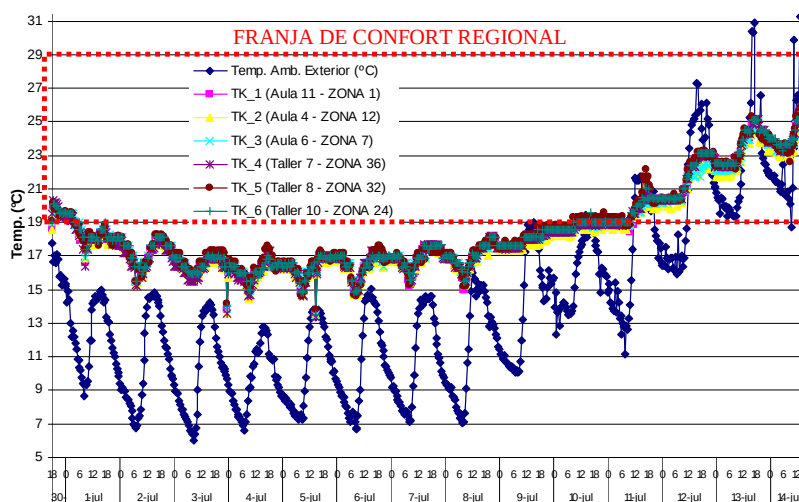


Figura 13: Evolución de temperaturas interiores en 6 aulas del edificio de la FAU - UNNE, durante el período del 30/06/2011 al 14/07/2011.

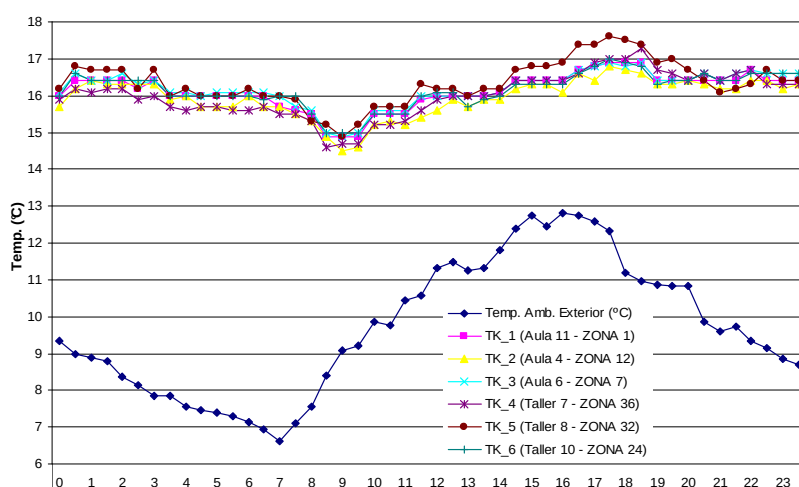


Figura 14: Evolución de temperatura interior en 6 aulas del edificio de la FAU, para el día 04/07/2011.

Locales	Muros exteriores	Transm. Térmica (W/m ² K)	Estación	Categoría (s/IRAM 11605)	Techos	Transm. Térmica (W/m ² K)	Estación	Categoría (s/IRAM 11605)	Carpinterías	Transm. Térmica (W/m ² K)	Categoría (s/IRAM 11507-4)
1 - Aula 11 (zona 1)	Ídem talleres 7, 8, 10	0,96	Verano	"C"	Entrepiso losa H°A°	-	-	-	Ídem talleres 7 - 8 y 10	6,00	No clasificable (K>4)
			Invierno	"C"							
2 - Aula 4 (zona 12)	Ladr. comunes (e=0,30 m), c/revoque en ambas caras.	1,87	Verano	"C"	Tejas coloniales s/estruct. madera. Cielorras o indep. a la cal.	0,94	Verano	No clasifica (K>0,72)	De 3 hojas de abrir, c/ vidrio simple 4mm. Marcos de chapa N°18, c/postigones madera semidura.	5,98	No clasificable (K>4)
3 - Aula 6 (zona 7)			Invierno	No clasifica (K>1,85)							
4 - Taller 7 (zona 36)	Ladr. huecos 8x18x33+CA+Ladr. comunes e=0,18m.	0,96	Verano	"C"	Azotea accesible losa H°A°	0,50	Verano	"C"	Marcos y hojas de chapa N°16 y vidrio simple 4mm repartido en hojas.	6,00	No clasificable (K>4)
5 - Taller 8 (zona 32)											
6 - Taller 10 (zona 24)			Invierno	"C"	Entrepiso losa H°A°	-	-	-			

Tabla II: Algunos parámetros tecnológicos e higrotérmicos de las envolventes de las aulas monitoreadas.

Como resultado del relevamiento previo y simultáneo al monitoreo, y de las verificaciones higrotérmicas (según normas IRAM 11601, 11605, 11625, 11630, 11507-1 y 11507-4) realizadas a las envolventes de los locales (tabla II), se detectaron algunos factores que podrían estar incidiendo altamente en el desempeño térmico registrado:

1. Baja resistencia térmica de la envolvente: las paredes y techos presentan valores bajos de resistencia térmica, por lo que las pérdidas térmicas en días fríos son elevadas. Asimismo, las carpinterías no resultan encuadrables en la categorización de aislación térmica (IRAM 11507-4:2010) por presentar un coeficiente de transmitancia térmica superior a 4 W/m² K.

2. Puentes térmicos importantes en muros y techos del sector "nuevo" (aulas 11, 10, 8 y 7): La estructura de H°A° (vigas y columnas prefabricadas de grandes secciones) de este sector, representa heterogeneidades cuyo valor de transmitancia supera ampliamente el 50% del valor de transmitancia de la envolvente opaca (malas condiciones, según IRAM 11605:96).

3. Estado y modalidad de uso de las carpinterías: las carpinterías del sector "nuevo" presentan patologías como la falta de hojas, el mal estado de los vidrios (en algunos casos rotos y con sectores faltantes) el uso incorrecto (la mayoría de los días de monitoreo las ventanas estuvieron abiertas, inclusive durante gran parte de horas nocturnas, pese a las bajas temperaturas), el deterioro (fisuras, grietas) debido a la alta exposición a agentes exteriores (ya que en su mayoría no cuentan con protección), lo que aumenta las infiltraciones de aire exterior. Las carpinterías del sector "antiguo", aunque cuentan con dispositivos de protección (postigos, galerías perimetrales), presentan patologías debido al agotamiento de vida útil (datan de 1960): desprendimientos de material de marcos y hojas, fisuras perimetrales en el vano, que generan importantes pérdidas térmicas.

CONCLUSIONES

Habiéndose realizado un monitoreo de desempeño térmico de 6 aulas del edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE, en condiciones reales de ocupación, para un período de 15 días corridos de la estación invernal, se han detectado problemas de discomfort (o déficits de bienestar higrotérmico) con temperaturas interiores que, durante el 64% del período de registro se hallaron por debajo del límite inferior de la franja de confort regional definida (19°C – 29°C).

Por los resultados obtenidos, el edificio monitoreado, que constituye una tipología constructiva prototípica tradicional representativa de muchos edificios institucionales de la década del '50 (en servicio activo en varias provincias del país), constituye un caso de desempeño térmico regular durante días de invierno típicos de la zona "Ib", que demandaría climatización artificial durante los horarios de ocupación.

A priori, y en función de los primeros resultados obtenidos, se harían necesarias propuestas de mejoramiento de las envolventes de los locales, que optimicen el desempeño térmico invernal en el edificio y contribuyan a la reducción del consumo eléctrico para climatización, a la vez que resulten transferibles al mejoramiento de las condiciones de habitabilidad de otros edificios del Campus UNNE. Entre dichas mejoras podrían incluirse la reducción de puentes térmicos y de pérdidas por carpinterías en general y el aumento de resistencia térmica del conjunto envolvente.

En función de haberse detectado situaciones derivadas de un mal uso de los locales, como la apertura permanente de ventanas (aún en horas nocturnas de muy bajas temperaturas), se deduce que una campaña de concientización de los usuarios (tanto del personal de maestranza como de los docentes y alumnos), respecto de las ventajas de una ventilación selectiva apropiada, redundaría en mejoras en la habitabilidad de las aulas y en un menor uso de la energía necesaria para su climatización artificial.

Por otra parte, está previsto realizar la simulación térmica del edificio de la FAU con el programa ECOTECT para los mismos días en que fue realizado el monitoreo experimental, editando el archivo de clima de la ciudad de Resistencia con los datos de temperatura exterior, radiación solar y humedad relativa exterior registrados durante los días de dicho monitoreo, de modo de lograr mayor exactitud en las condiciones de simulación y poder comparar y contrastar los valores medidos con los simulados, para poder validar y generalizar los resultados obtenidos, así como para ampliar el análisis incluyendo a los

locales no monitoreados. Asimismo está previsto realizar otro monitoreo térmico de los mismos seis locales, durante un período de similar extensión al ya realizado, pero de la época estival (fines del mes de noviembre, aún con ocupación efectiva de dichos locales), que en nuestra zona bioambiental representa la estación más crítica, en términos de confort.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Alías, H. M. et al (2010). *Relevamiento del parque habitacional social de Resistencia y Corrientes y su desempeño térmico: monitoreo y simulaciones*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA), Vol. 14, Argentina. ISSN 0329-5184. Pp. 05.89 - 05.96.
- Boutet, M. L. et al (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. A. et al (2011). *Evaluación energética del edificio sede de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE (Resistencia – Chaco – Argentina) con la herramienta informática “ECOTECT”*. IV Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura. (CRETA). Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Chaco, Argentina.
- Di Bernardo, A. et al (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. Pp. 08.17 - 08.24.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM). Normas Técnicas Argentinas: 11601: 1996; 11603: 1996; 11605: 1996; 11625: 2000; 11630:2000; 11507-1:2001; 11507-4:2010. Buenos Aires, Argentina.

ABSTRACT: This work presents the thermal monitoring's results of six classrooms of the building of Architecture and Urbanism Faculty (FAU) of Northeast National University (UNNE) during a period of 15 winter days, in Resistencia city. The objective was to detect potential thermal discomfort problems and develop an initial diagnosis of hygrothermal situation, inside a research project oriented to the thermal and energetic assessment of the Architecture and Engineering faculties buildings. As a results, the analyzed building, which is a traditional building type, representative of many institutional buildings of the '50s (on active duty in several argentine provinces), represents a case of regular thermal performance during typical winter days in the "Ib" zone , with internal temperatures below the lower defined comfort limit, during 64% of monitoring time.

Key-words: monitoring, thermal performance, classrooms, FAU - UNNE.