

## ESTUDIO DE CASOS DE SIMULACIÓN TÉRMICA DE ESCUELAS RURALES USANDO EQUEST Y SU COMPARATIVA CON LAS NORMAS IRAM VIGENTES

María E. Soldatti<sup>1</sup>, Carlos A. García Ebbens<sup>2</sup>, Norberto Santiago Odobez<sup>3</sup>

UTN. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Delta (FRD)

Centro de Investigación y Desarrollo en Energía y Ambiente (CIDEA)

San Martín 1171 – (2804) Campana – Buenos Aires – Argentina

T.E/FAX: 54-3489-420249/420400/422018/437617 int.: 5111

[e-mail: soldattm@frd.utn.edu.ar](mailto:soldattm@frd.utn.edu.ar)

**RESUMEN:** El objetivo es la aplicación de un software de simulación en dos edificios educativos rurales en uso y la comparación de sus resultados con los obtenidos al aplicarle a los mismos la normativa IRAM vigente. Entre los resultados más importantes podemos citar la diferencia de enfoque. Con las normas IRAM lo afrontamos desde el comportamiento en régimen permanente, evaluando el cumplimiento mediante las propiedades de los componentes constitutivos de la envolvente con las constantes de la zona bioclimática. Con el simulador y su posibilidad de cálculos recursivos pudimos afrontar ambos regímenes, transitorio y permanente. Podemos concluir que la herramienta de simulación nos complementa el análisis tradicional ofreciéndonos un resultado más abarcativo, que nos permitió tomar decisiones estratégicas necesarias para obtener un ahorro energético.

**Palabras clave:** simulador, estrategias, eficiencia, energía, normativa y ahorro.

### INTRODUCCIÓN

Los edificios en general son construidos para proteger y albergar las actividades humanas. Su envolvente participa activamente para que en su interior puedan desarrollarse las actividades en un entorno de seguridad y confort térmico, acústico y visual. Tanto la envolvente como los elementos interiores influyen sobre las diferencias entre el clima que se genera en el interior y el clima exterior. Todos los elementos arquitectónicos tradicionales o no, ofrecen su influencia en cuanto a la gestión térmica, produciéndose numerosos fenómenos de intercambio de flujos energéticos que definen el comportamiento térmico y ambiental del mismo.

Son principalmente los elementos que pertenecen a la piel los que provocan el filtrado del clima exterior hacia el interior, determinando efectos sobre un clima interior distinto. Esta transferencia de energía depende tanto del clima como del propio edificio. Es muy importante conocer todos los datos de construcción, orientación, ubicación geográfica, clima, propiedades geométricas, usos finales, horarios, infiltración, ventilación, instalaciones de HVAC, equipos que generen calor y/o humedad, iluminación, cuya combinación con el clima exterior condicionan su comportamiento.

Todas estas variables en combinación espacial y temporal aportan continuamente ganancias y pérdidas, tanto directas como diferidas. Sin pretender desarrollar la teoría sobre modelización de edificios, podemos inferir que se pueden plantear dos caminos para su elaboración. Un método estático que supone que el régimen de las condiciones climáticas exteriores es constante implicando que la temperatura interior también es constante. O bien, más cercano a la realidad considerando el carácter dinámico de los fenómenos térmicos en el edificio. Para lo cual nos valemos de herramientas de simulación como el eQuest, que interiormente maneja un método dinámico para el análisis térmico del edificio, desarrollado sobre la teoría de “Métodos de factores de respuesta” de Stephenson & Mitalas, (1967); Kusuda, (1969), y posteriormente adoptado por ASHRAE en 1985. DOE-2 (1982)

Según esta metodología cada uno de los flujos de calor que conforman las ganancias está constituido por dos fracciones: una convectiva y otra radiante. La fracción convectiva afecta directamente al aire interior del espacio, mientras que la fracción radiante de la ganancia es primero absorbida por los cerramientos perimetrales del espacio, pasando posteriormente por convección al aire del mismo. Así la fracción convectiva de cada uno de los flujos que constituyen la ganancia pasa a ser directamente carga del espacio y la fracción radiante de la ganancia es amortiguada y desfasada antes de considerarse carga. Marincic (1999). Para la obtención de la carga a partir de la fracción radiante de la ganancia se usa el método de los factores de respuesta, que utilizan el programa simulador eQuest.

El objetivo es la comparación entre los resultados de la aplicación del programa y la verificación de la aplicación de las normas, en los aspectos de la envolvente del edificio. Mas la posibilidad que nos da el programa de modificar los sistemas técnicos hace introducir una variable importante al momento de obtener los valores de reducción de consumo o aumento de la

<sup>1</sup> Docente investigador del Grupo de Eficiencia Energética y Renovable de CIDEA.

<sup>2</sup> Director CIDEA.

<sup>3</sup> Director del Grupo de Eficiencia Energética y Renovable de CIDEA

eficiencia energética y la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, que con las normas IRAM actuales no podemos tener en cuenta. También dentro de estos objetivos analizamos las problemáticas encontradas al momento de obtener información para introducir en el programa que al abarcar mayores aspectos, es mayor el número que la solicitada por las normas IRAM.

## METODOLOGIA

Planteamos la metodología del trabajo de investigación sobre la utilidad de las herramientas informáticas de simulación energética para su aplicación en proyectos de edificación sustentable. Se ha elegido un software en particular, eQuest, usando la versión 3-64, para ser evaluado. Realizamos un estudio de los parámetros de la envolvente térmica simulando, dos escuelas rurales, a la que le asignamos las características geométricas, constructivas y patrones de ocupación reales. Aplicándole paralelamente las Normas IRAM de verificación de condiciones higrotérmicas, habitabilidad y de aislamiento térmico. En segundo término se procederá a optimizar la envolvente térmica evaluando la incidencia de cada parámetro de la envolvente sobre el consumo energético.

El método de verificación de las normas implica, reconocimiento de la zona bioclimática, según el emplazamiento del edificio, obtención de los datos climáticos de referencia para el diseño, a través de la norma IRAM 11603:1996. Verificación de los valores de transmitancia térmica, mediante la norma IRAM 11605:1996, de los valores de pérdidas volumétricas, mediante la norma IRAM 11604:2004 y de la etiquetación de eficiencia energética de calefacción para edificios mediante la norma IRAM 11900:2009.

Con el programa, la modelización comienza con el ingreso de los datos del edificio por medio de un asistente, a través de sus ventanas, esto nos pauta un orden en la carga, habilitando o no, nuevas ventanas, según se vayan cargando los datos. Toda esa información pasa luego a formar parte de un archivo del tipo de texto, al que podríamos acceder posteriormente. El programa eQuest trabaja bajo las normas ASHRAE, por lo cual nos va proponiendo por defecto, los valores designados por dicha norma, según el destino de uso del edificio. Nosotros podemos modificarlo según nuestro criterio que está regido por nuestra norma local.

## DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ESCUELAS

El Jardín de Infantes N° 922 “Los pioneros” y el Jardín de Infantes N° 920 “Río Luján” están ambos emplazados en la localidad de Campana, provincia de Buenos Aires, en zonas denominadas rurales. Las dos escuelas tienen la modalidad de jardín de infantes, es decir niños que no superan los 5 años de edad y de concurrencia en el turno tarde. No cuentan con un sistema de acondicionamiento de aire para refrigeración, debido a que no se utilizan durante el período estival.

### *Auditoria de campo.*

Nos permitió constatar la veracidad de los datos incluidos en los planos suministrados de los edificios para las condiciones constructivas actuales, confirmar los datos generales de funcionamiento, ocupación y la revisión de los sistemas técnicos que arrojaron la siguiente información:

#### a) Jardín de Infantes N° 922. Los pioneros. Figura 1

Características del edificio: Envolvente: Paredes de ladrillo común cerámico, con revoque en ambos lados, techo alto forma curva-galpón, de chapa galvanizada tipo ondulada con estructura soporte de perfiles galvanizados, sin aislar. Tres ventanas con marco de aluminio y vidrio simple, al lado norte y cuatro al lado sur, no hermético, sin cerramiento, hay infiltración. Puertas al exterior: Portones de chapa pintada blanco uno lado sur y otro lado norte. Interior: Tres aulas, oficina de dirección, baños, cocina, con un cielorraso de fibra de vidrio y un salón de usos múltiples. Sistemas técnicos: Calefacción: 2 calefactores de tiro balanceado de 5500kcal/h en el SUM, 3 calefactores de tiro balanceado de 4000kcal/h uno por cada aula y 1 calefactores de tiro balanceado de 2500kcal/h en la dirección. Refrigeración: Dos ventiladores de pared de 1/3HP, ubicados en el patio interno. Iluminación: En el salón 4 tubos fluorescentes 105 W x diam.38; en las aulas 12 tubos fluorescentes de 40 W; oficina de dirección: 2 tubos fluorescentes de 40 W y 2 tubos fluorescentes en la cocina, 5 lámparas incandescentes de 60W en baños y dependencias. Otros consumos: Heladera chica 1/3HP, Bomba sumergible de pozo de 3/4HP, calefón de 12lts. Cocina de cuatro hornallas con horno. Ocupación: Promedio de ocupación 35 alumnos y 5 adultos. Periodo: 28/2 al 8/7 y del 25/7 al 16/12, vacaciones de invierno de 9/7 al 24/7 y vacaciones de verano de 17/12 al 27/2.; Total de horas al año 500hs. Horario de ocupación: Personal de 12:00hs a 18:00hs, del personal más los alumnos de: 13:00 hs a 17:00hs.

#### Consumos y emisión de CO<sup>2</sup>

Energía térmica: 31 garrafas de GLP de 45Kg al año

Para calefacción se utilizan 28 que da un total de 16000kwh/año; 3,558 Kg. CO<sup>2</sup>/año

Energía eléctrica: tarifa T1G Servicios generales, Proveedor: EDEN

Consumo: 2650 kw.h/año; 1,36 t CO<sup>2</sup>/año; Costo:0,539\$/ kw.h con subsidio: 0,404\$/ kw.h

#### b) Jardín de Infantes N° 920 Río Luján. Figura 2

Características del edificio: Envolvente: Edificio en una planta, muro al exterior doble de 0.3m con interior de ladrillo cerámico portante hueco 12x18x33, en exterior ladrillo común vista junta razada. En el interior las paredes son de ladrillo cerámico portante hueco 12x18x33 con revoque interior a la cal fratasado al fieltro. Techo de chapa galvanizada prepintada trapezoidal tipo T-101 color gris, sobre estructura de madera. Sobre las aulas cielorraso suspendido de placa de yeso. Consta de un salón de usos múltiples, SUM; cuatro aulas con sus respectivos baños, oficina de dirección, biblioteca y cocina. Sistemas técnicos: Calefacción: Calefaccionado por medio de calefactores de tiro balanceado, 2 de 4000Kcal/h, para el SUM; 4 de 2000kcal/h para las aulas y 1 calefactor 2000 Kcal/h en Dirección. Refrigeración: Salón de usos múltiples: 3 ventiladores y en las aulas y dirección un ventilador de techo en cada una. Iluminación: Salón de usos múltiples: 16 lámparas

fluorescentes de 58W; En cada una de las cuatro aulas, 1 globo con lámparas bajo consumo de 18W y 2 tubos fluorescentes de 36W cada una y 2 baños con 4 lámpara incandescentes de 60W en total; Pasillo central: 2 lámparas 100W de bajo consumo; Cocina:4 tubos de 58W;\_Lavatorio docente:4 lámparas de 60W incandescentes; Patio:9 lámparas de 60W inc. Con fotocélula; Dirección: 4 lámparas de 60 W; Biblioteca:2 fluorescentes de 40W y 1 globo con lámpara incandescente de 75 W. Otros consumos: En la cocina: Heladera y cocina; Un termo tanque de 120 litros; En dirección: 2 computadoras. Ocupación: Promedio de ocupación 80 alumnos y 8 adultos; con picos de hasta 300 personas en días de eventos especiales. Período: 28/2 al 8/7 y del 25/7 al 16/12, vacaciones de invierno de 9/7 al 24/7 y vacaciones de verano de 17/12 al 27/2; Total de horas al año 500hs. Horario de ocupación: Personal de 12:00hs a 18:00hs, e incluyendo los alumnos de 13:00 hs 17:00hs. Consumos y emisión de CO<sup>2</sup>: Energía térmica: 3 garrafas de GLP de 226Kg al año; para calefacción se utilizan 2,5 garrafas (226Kgx10938Kcal/Kg = 2471998 Kcal) = 6179970 Kcal y un total de 7186kw.h /año; 1,60 Kg. CO<sup>2</sup>/año  
Energía eléctrica: tarifa T1G Servicios generales, Prov: EDEN. Consumo: 4484 kw.h/año; 2,313 t CO<sup>2</sup>/año.Costo:0,539\$/kw.h con subsidio: 0,404\$/ kw.h  
Nota: Factor de emisión de la red, Margen Combinado: 0,516 tCO<sub>2</sub>MWh y el Factor de emisión para el GLP 62,43 Kg.CO<sub>2</sub>/TJ



Figura 1. Jardín de Infantes N° 922. Los pioneros.



Figura 2. Jardín de Infantes N° 920 Río Luján.

## APLICACIÓN DE LAS NORMAS IRAM

*IRAM 11603:1996. Caracterización del lugar y datos climáticos de referencia para el diseño.*

Se definió la zona bioclimática para ambas escuelas, en función del lugar de ubicación, como se encuentran en la misma región, resultó: Zona Bioclimática IIIb templado cálido

Invierno: HR: 79%; tmed: 11,4 °C; tmax: 16,1°C; tmin: 7,6°C  
Temperatura de Diseño: Media TDMD = 6,9 °C; Mínima TDMN = 3,1 °C  
Verano: HR: 64%; tmed: 23,5°C; tmax :29,0 °C; tmin: 18,4 °C  
Temperatura de Diseño: Media TDMD = 23,2 °C; Máxima TDMX = 32,5 °C

*IRAM 11605:1996. Condiciones a verificar.*

Se compara la transmitancia K calculada con la máxima admisible que se expresa en la Tabla 1 para época invernal y en la Tabla 2 para la época de verano, según el nivel al que se apunte. Si dicha transmitancia calculada es menor que la máxima obtenida en la tabla correspondiente, el componente cumple con la norma IRAM 11605.1996. Siendo los niveles de exigencias el Recomendado: A, Medio: B, y Mínimo: C.

En invierno se define en función de la temperatura exterior de diseño, ( $t_{ed}$ ), que para estas escuelas es  $> 0^{\circ}\text{C}$ . tenemos:

	Recomendada: A	Media: B	Mínimo: C
Muros	0,38	1	1,85
Techos	0,32	0,83	1
Temperatura interior de diseño *	22	20	18

Tabla 1 Transmitancia máxima admisible para invierno

\* Con estos valores de temperatura se verifica la no existencia de condensación superficial, según Norma IRAM 11625.

No se tomaron en cuenta los valores para verano ya que los edificios no funcionan en el periodo estival.

### Análisis

*1) Determinación de la transmitancia térmica de la envolvente aplicando la Norma IRAM 11601:2002 y su verificación.*

Escuela Pioneros	Transmitancia térmica del componente [W/m <sup>2</sup> K]				
	INV Recom	INV Mínimo	VER Mínimo	Calculado	Con estrategias de mejora
Muros ext.	0,38	1,85	2,4	3,033	0,897
Techo SUM	0,32	1	0,988	7,142	2,412
Ventanas	0,38	1,85	2,4	2,702	2,085
Puertas	0,38	1	2,4	5,881	0,176

Tabla 2. Jardín N° 922. Los pioneros. Transmitancia térmica de los componentes.

Las estrategias aplicadas sobre la envolvente fueron: sobre los techos el agregado de fibra de vidrio aislante de espesor 7,5cm, sobre los muros revestimiento de placa de yeso 1,2cm y fibra de vidrio de espesor 2,5cm, las ventanas de vidrio doble de 3+3 con 6 mm de cámara de aire y las puertas de madera.

	Transmitancia térmica del componente [W/m <sup>2</sup> K]			
	INV Recom	INV Mínimo	VER Mínimo	Calculado
Muros exteriores	0,38	1,85	2	1,2727
Techo SUM	0,32	1	0,76	0,6196
Puertas y ventanas	0,38	1,85	2	1,9493
Techo Aulas	0,32	1	0,76	0,6239

Tabla 3. Jardín de Infantes N° 920. Río Luján. Transmitancia térmica de los componentes.

Aquí no se aplicaron estrategias de mejoras en la envolvente ya que los valores obtenidos cumplen con los mínimos requerido por la Norma.

2) Determinación de las PÉRDIDAS VOLUMÉTRICAS GLOBALES (G volumétrico) aplicando la norma IRAM 11604.

	Superficie	Volumen	G Calculado	G Admisible	G Aplicando estrategias
Pioneros	246	1290	3,163	1,34	1,125
Río Lujan	334	992	1,02	1,30	

Tabla 4. Verificación con el G admisible.

3) Determinación de las PÉRDIDAS VOLUMÉTRICAS GLOBALES (Q volumétrico) aplicando la norma IRAM 11604.

	Superficie m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Q [Kwh/año]			
			Consumo Actual	Calculado Por G volumétrico	Calculado Por G Admisible	Aplicando estrategias
Pioneros	246	1290	16000	29906 *	12654	10635
Río Lujan	334	992	7186	7421	9447	

Tabla 5. Determinación de la carga térmica de calefacción anual (Q). Ahorro de energía en calefacción.

\* Significa que se requiere más calefacción para mantener el confort, cuestión esta comprobada al hablar con el personal.

4) Calificación energética de los edificios. Aplicando la norma IRAM 11900.

	IRAM 11900 Original	Clase de eficiencia	IRAM 11900 Aplicando estrategias	Clase de eficiencia
Pioneros	13,18	No Califica Tm>4°C	1,75	C
Río lujan	2,47	D		D

Tabla 6. Calificación energética de los edificios

**APLICACIÓN DEL PROGRAMA EQUEST. SIMULACION DE CONSUMOS Y ANALISIS DE MEJORA.**

Introducción de datos en el eQuest

Ventana del eQuest donde se cargaron los datos, para obtener los valores de transmitancia térmica de los componentes, el cálculo final nos arrojó los mismos valores de U-value (K) obtenidos al aplicar la norma IRAM 11601.

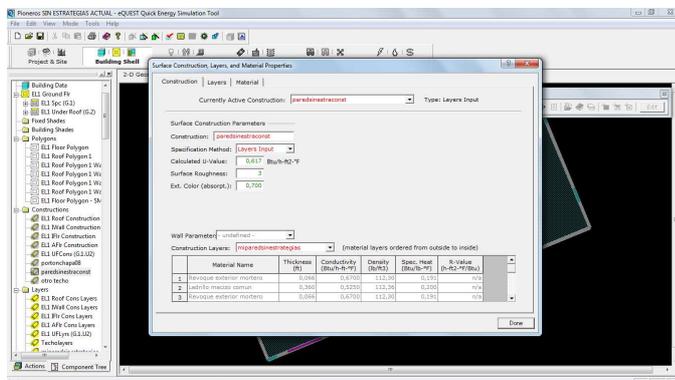


Figura 3. Ventana del eQuest del Coeficiente global de transferencia de calor del componente.

Modelización de las envolventes de los edificios

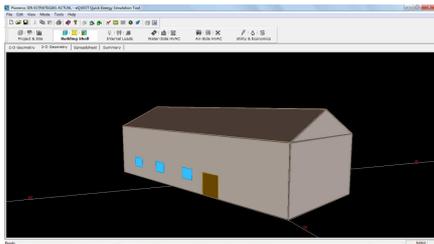


Figura 4. Jardín de Infantes N° 922. Los pioneros

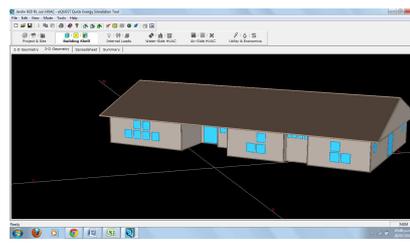


Figura 5. Jardín de Infantes N° 920. Río Luján

La carga de datos abarca siete items generales, que son: 1. Clima, ubicación geográfica y orientación; 2. envoltante, (constitución de muros, pisos, techos y aberturas); 3 Uso final; 4. Cargas internas (personas, equipos, iluminación, muebles, otras fuentes); 5. Entorno; 6. HVAC; 7. Horarios de uso. Los elementos constitutivos de la piel quedan definidos de dos maneras, con las propiedades del material o mediante solamente la resistencia del mismo. Los cuales pasan a comportarse de dos maneras diferentes, aquel los que están definidos por las propiedades de los materiales, conductividad térmica, calor específico, densidad y espesor, trabajarán como elementos que poseen inercia térmica. Mientras que aquellos que fueron definidos únicamente por su resistencia no tiene inercia térmica, se los considera ligeros. Un ambiente no puede quedar definido unicamente por elementos sin inercia térmica.

Resultados de la aplicación del programa

Las siguientes figuras muestran las tablas que nos brinda el programa como resumen de los consumos de energía sin la aplicación de estrategias y con la aplicación de estrategias.

Gas Consumption (Btu x000,000)													
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Space Cool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heat Reject.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Space Heat	-	-	0,57	2,37	7,53	14,04	7,42	10,32	6,83	2,72	0,99	-	52,79
HP Supp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hot Water	0,00	0,00	0,09	0,12	0,13	0,12	0,06	0,13	0,12	0,12	0,11	0,00	1,02
Vent. Fans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pumps & Aux.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Equip.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Task Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	0,00	0,00	0,66	2,49	7,66	14,16	7,49	10,45	6,95	2,84	1,10	0,00	53,81

eQUEST 3.64.7:Monthly Energy Consumption by Enduse Page 1

Figura 6. Jardín de infantes N° 922. Los pioneros. Situación actual, sin estrategias.

Gas Consumption (Btu x000,000)													
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Space Cool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heat Reject.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Space Heat	-	-	0,46	1,88	5,26	7,63	4,04	5,81	4,12	2,51	1,50	-	33,20
HP Supp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hot Water	0,00	0,00	0,09	0,12	0,13	0,12	0,06	0,13	0,12	0,13	0,11	0,01	1,02
Vent. Fans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pumps & Aux.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Equip.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Task Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	0,00	0,00	0,56	2,00	5,39	7,75	4,10	5,93	4,24	2,63	1,61	0,01	34,23

eQUEST 3.64.7:Monthly Energy Consumption by Enduse Page 1

Figura 7. Jardín de infantes N° 922. Los pioneros. Con estrategias en la envolvente únicamente

Gas Consumption (Btu x000,000)													
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Space Cool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heat Reject.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Space Heat	-	-	0,19	0,48	1,46	2,15	1,21	1,86	1,41	0,43	0,13	-	9,34
HP Supp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hot Water	0,00	0,00	0,09	0,12	0,13	0,12	0,06	0,13	0,12	0,12	0,11	0,00	1,02
Vent. Fans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pumps & Aux.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Equip.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Task Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	0,00	0,00	0,28	0,60	1,59	2,28	1,28	1,99	1,53	0,56	0,24	0,00	10,36

eQUEST 3.64.7:Monthly Energy Consumption by Enduse Page 1

Figura 8. Jardín de infantes N° 922. Los pioneros. Con estrategias en la envolvente más un HVAC mejorado

Gas Consumption (Btu x000,000)													
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Space Cool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heat Reject.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Space Heat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HP Supp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hot Water	0,23	0,22	0,24	0,25	0,28	0,29	0,30	0,28	0,27	0,25	0,23	0,23	3,07
Vent. Fans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pumps & Aux.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Equip.	-	-	2,68	3,47	3,15	3,47	1,73	3,31	3,31	3,31	3,15	-	27,59
Task Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>0,23</b>	<b>0,22</b>	<b>2,92</b>	<b>3,72</b>	<b>3,43</b>	<b>3,75</b>	<b>2,04</b>	<b>3,59</b>	<b>3,58</b>	<b>3,56</b>	<b>3,38</b>	<b>0,23</b>	<b>30,66</b>

eQUEST 3.64.7:Monthly Energy Consumption by Enduse Page 1

Figura 9. Jardín de infantes N° 922. Río Luján . Situación actual, sin estrategias

Gas Consumption (Btu x000,000)													
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Space Cool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heat Reject.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Space Heat	-	-	0,22	1,13	2,66	5,17	2,82	4,15	2,65	0,54	0,15	-	19,48
HP Supp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hot Water	0,23	0,22	0,24	0,26	0,29	0,29	0,31	0,29	0,27	0,27	0,24	0,23	3,14
Vent. Fans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pumps & Aux.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Equip.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Task Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>0,23</b>	<b>0,22</b>	<b>0,46</b>	<b>1,39</b>	<b>2,94</b>	<b>5,47</b>	<b>3,13</b>	<b>4,44</b>	<b>2,92</b>	<b>0,81</b>	<b>0,39</b>	<b>0,23</b>	<b>22,62</b>

eQUEST 3.64.7:Monthly Energy Consumption by Enduse Page 1

Figura 10. Jardín de infantes N° 922. Río Luján . Con estrategias de HVAC

**COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA VERIFICACION DE LAS NORMAS Y LA APLICACIÓN DE EQUEST**

Consumos de Energía en [Kwh/año]							Ahorro en %
Actual	Calculado Por G volumétrico	Calculado Por G Admisible	Aplicando estrategias en la envolvente	eQuest Sin Estrategias	eQuest Estrategias sin HVAC	eQuest Estrategias con HVAC	Estrategias en envolvente HVAC y el Consumo actual
16000	29906 *	12654	10635	15467	9727	2736	82,9
Emisiones de CO <sup>2</sup> en [Kg. CO <sup>2</sup> /m2/año]							
0,014	0,027	0,011	9,56 10 <sup>-3</sup>	0,013	8,79 10 <sup>-3</sup>	2,47 10 <sup>-3</sup>	

Tabla 7. Comparativa para el Jardín de infantes N° 922.Los pioneros

Consumos de Energía en [Kwh/año]							Ahorro en %
Actual	Calculado por G volumétrico	Calculado por G Admisible	Aplicando estrategias en la envolvente	eQuest Sin Estrategias	eQuest Estrategias sin HVAC	eQuest Estrategias con HVAC	Estrategias con envolvente HVAC y el Consumo actual
7186	7421	9447	No se aplicaron-	8084	-	5707	20,6%
Emisiones de CO <sup>2</sup> en [Kg. CO <sup>2</sup> /m2/año]							
4,810 <sup>-3</sup>	4,94 10 <sup>-3</sup>	6,29 10 <sup>-3</sup>	-	5,38 10 <sup>-3</sup>	-	3,8 10 <sup>-3</sup>	

Tabla 8. Comparativa para El Jardín de Infantes N° 920. Río Luján

## CONCLUSIONES

Del análisis realizado en los diferentes campos surge:

a) Dificultades al momento de recabar información. La información de las escuelas no está centralizada, cuestión esta que hace dificultoso la reunión de la información necesaria para el análisis. Fue necesario, para obtener los planos contactar al municipio, los datos de consumo a las empresas proveedoras, visitar las escuelas para constatar la información. Toda esta información necesaria para los análisis con las Normas IRAM y para incorporar al software.

b) Dificultades en la recopilación de propiedades de los materiales. El programa necesita para su desarrollo conductividad térmica, densidad y calor específico de los materiales constructivos y no contábamos con tal información respaldada. Si bien el software cuenta con una extensa librería, los elementos de construcción nuestros difieren ampliamente.

c) La evaluación de los sistemas de inercia, que el software nos permitió analizar, fueron importantes para buscar las mejores alternativas de HVAC, pues los sistemas de inercia son los que posibilitan la disminución de las oscilaciones causadas, permitiendo la emisión de calor diferido durante las horas donde la temperatura exterior baja.

d) La simulación nos permitió observar la posibilidad de que si se utilizan sistemas HVAC los consumos disminuyen sensiblemente. Esto valora la posibilidad de modificar las estrategias de los sistemas técnicos a utilizar para las nuevas construcciones.

d) Con la Introducción en el software de los valores de las resistencias de los materiales y de las resistencias convectivas correspondientes a la zona bioclimática, logramos obtener el mismo coeficiente global de transferencia de calor (U-value) en los dos métodos de análisis (IRAM – eQuest).

e) Variaciones en los consumos de electricidad y gas. Para el caso de la Energía Eléctrica, la disminución es mínima ya que la escuelas tienen en su mayoría lámparas de bajo consumo, con pocos reemplazos necesarios, la tarifa es la adecuada al tipo de edificio y al no haber sistemas de refrigeración por no tener uso los edificios en la época estival, la carga es mínima. Para el caso de la Energía Térmica (GLP), si tenemos ahorros significativos al aplicar las estrategias de mejora en la envolvente: para el caso del Jardín N° 922. Los Pioneros es del 35% y para Jardín de Infantes N° 920. Río Luján con el HVAC es del 20,6%.

f) En el caso de la Calificación tenemos dos formas a analizar:

1) Aplicando la Norma IRAM 11900 Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios: tenemos que para el Jardín N° 922. Los Pioneros inicial No Califica  $T_m > 4^{\circ}\text{C}$  y con las mejoras en la envolvente a clase C, y para el Jardín de Infantes N° 920. Río Luján Clase D.

2) Calificación de los edificios referida a valores de emisiones de  $\text{CO}_2$  en este caso tomando como ejemplo la escala aplicada en España, estaríamos con: para el Jardín N° 922. Los Pioneros un valor de 1,46 que significa estar en la categoría E (1,3-1,6), para el Jardín de Infantes N° 920. Río Luján un valor de 0,79 que significa estar en la categoría C (0,65-1),

g) Cuando se aplican las reglas del arte y se consideran los elementos constructivos adecuados, se llega a los valores admisibles de las normas IRAM

### Referencias:

DOE-2 (1982). Engineers Manual Versión 2.1.A. United States Department of Energy.

Marincic Irene (1999). Respuestas térmicas dinámicas en edificios. Tesis doctoral. <http://hdl.handle.net/10803/6118>

Norma IRAM 11604:2004. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrótérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites.(en revisión)

Norma IRAM 11605:1996. Aislamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en viviendas. Valores máximos admisibles de Transmitancia Térmica “K” (como máximo los valores correspondientes a Nivel B).

Norma IRAM 11601:2002. Aislamiento térmico de edificios. Propiedades térmicas de los materiales para la construcción. Método de cálculo de la resistencia térmica total.

Norma IRAM 11603:1996. Aislamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la Republica Argentina.

Norma IRAM 11625:2000. Aislamiento térmico de edificios. Norma IRAM 11900:2009 Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios.

Ashrae Standard 90.1 2004.

WEB de eQuest <http://doe2.com/equest/>

Para la obtención de archivos climáticos

[http://doe2.com/index\\_wth.html](http://doe2.com/index_wth.html)

[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/weatherdata\\_sources.cfm](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/weatherdata_sources.cfm)

[http://sel.me.wisc.edu/trnsys/weather/standard\\_tmy.htm](http://sel.me.wisc.edu/trnsys/weather/standard_tmy.htm)

## **ABSTRACT**

The objective is the application of simulation software in two rural school buildings already in use and comparing their results with those obtained by applying the same rules applicable IRAM. Among the most important results we can mention the difference in approach. With standard IRAM from the behavior in steady state, assessing compliance with the component's properties of the envelope and the constant of the bioclimatic zone. With the simulator and the possibility of recursive calculations we deal with both regimes, transitional and steady state. We conclude that the simulation tool complements the traditional analysis, giving us a more comprehensive offering which enable us to make strategic decisions necessary to achieve energy savings.

**Keywords:** simulation, strategy, efficiency, energy and standard