

## ESTUDIOS AMBIENTALES EN AULAS DE ESCUELAS PÚBLICAS EN SAN MIGUEL DE TUCUMÁN

S.L. Ledesma<sup>1</sup>, V.M. Nota<sup>2</sup>, G.E.Gonzalo<sup>3</sup>, S.Cisterna<sup>2</sup>, G.Quiñones<sup>2</sup>, G. Marquez Vega<sup>2</sup>, C.Llabra<sup>2</sup>, P. Boldrini<sup>4</sup>, S. Roldán<sup>5</sup>  
 Instituto de Acondicionamiento Ambiental - Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
 Universidad Nacional de Tucumán - Av. Roca 1900 - 4000 Tucumán - Argentina  
 Tel.+ .54.381.4364093 Email: [ceema@herrera.unt.edu.ar](mailto:ceema@herrera.unt.edu.ar) - Web: <http://www.herrera.unt.edu.ar/fauunt/ceema/inicio.htm>

**RESUMEN:** El presente trabajo muestra los estudios del comportamiento higrotérmico, lumínico y de asoleamiento de los sectores de aulas de edificios escolares prototípicos de la Provincia de Tucumán. Dicho trabajo enmarcado dentro de las tareas realizadas en el Programa de Investigación Uso Racional y Nuevas Fuentes de Energías para edificios del sector terciario de la Provincia de Tucumán, tuvo como objetivo principal realizar un diagnóstico sobre las condiciones ambientales del sector áulico de las escuelas de nivel primario.

Los resultados obtenidos permitieron definir que las condiciones ambientales de las aulas, así como el comportamiento energético de la envolvente no responden, en la mayoría de los casos analizados, a los requerimientos mínimos establecidos por la Normativa vigente.

**Palabras clave:** Arquitectura – comportamiento térmico – Iluminación – asoleamiento - escuelas.

### INTRODUCCIÓN

Los edificios escolares de nuestra provincia presentan tipologías y características constructivas muy diferentes, lo cierto es que desde hace por lo menos tres décadas, la intención de disminuir los costos de la construcción para poder construir mayor cantidad de edificios, ha conducido un menor nivel de calidad de los materiales y elementos constructivos de la envolvente, hecho que se ve reflejado en un menor grado de confort interior en las aulas. Esta disminución de calidad progresiva de los edificios escolares se manifiesta también en otras zonas, como lo expresa el siguiente comentario: “Los edificios escolares analizados... no mantienen una coherencia formal desde el punto de vista arquitectónico, resultando en edificios de bajo valor estético, entre otros aspectos. Lo que también se percibe en los estudios, es una total desconsideración con los valores arquitectónicos de los edificios, hecho que perjudica bastante la calidad ambiental de los espacios...” (Bogo A.J. 2000).

En las últimas décadas la creciente falta de inversión en infraestructura educativa lleva a pensar que la consideración de los aspectos energéticos para obtener un grado de confort adecuado para desarrollar las tareas con eficiencia, pasa a ser un valor que nuestra sociedad y sus autoridades pueden llegar a considerar como despreciable. Conceptos similares se expresan en estudios realizados en Brasil: “Muchas de los problemas que enfrentan las escuelas vienen siendo diagnosticados desde hace mucho tiempo... Para el estado, nos parece que el criterio es que las escuelas se deben mantener al límite de supervivencia... La evaluación de estos espacios escolares pasan a reflejar directamente estos aspectos”. (Suzuki E.H. et al.,2000).

En la esperanza de que alguna vez esta situación se revierta, entendemos que los estudios realizados permiten tener una definición aproximada de la situación del parque educativo de nivel primario de nuestra provincia, que permitirá la determinación de mejoras, que dependerán más de la voluntad política que de propuestas técnicas para su aplicación.

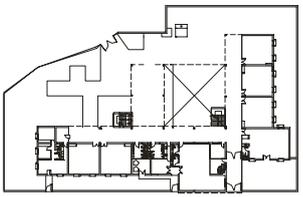
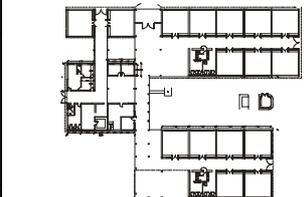
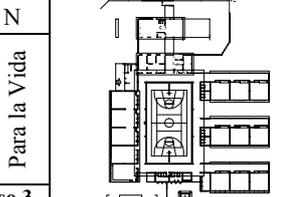
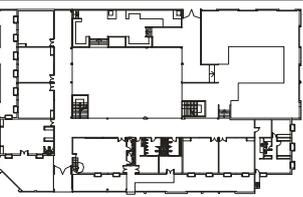
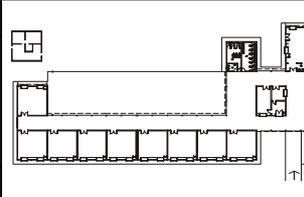
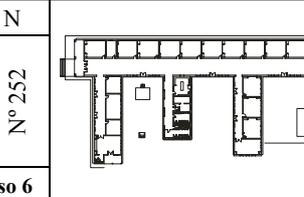
↑ N		↑ N		↑ N	
Caso 1		Caso 2		Caso 3	
↑ N		→ N		↑ N	
Caso 4		Caso 5		Caso 6	

Tabla N°1: Tipologías de escuelas analizadas.

<sup>1</sup>Profesora Adjunta, Directora de Proyecto de Investigación del CIUNT. <sup>2</sup>Docentes de los Seminarios e Investigadores del Proyecto de Investigación del CIUNT. <sup>3</sup>Profesor Titular, Director de los Seminarios y del Programa de Investigación CIUNT. <sup>4</sup> Auxiliar Docente Estudiantil. <sup>5</sup> Seminarista

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para realizar la evaluación comparativa se seleccionaron seis edificios, de los cuales cuatro fueron elegidos porque responden soluciones prototípicas construidas en diferentes períodos en la ciudad de San Miguel de Tucumán y dos de ellas, casos 2 y 3, porque responden a nuevas tipologías, recientemente incorporadas y empleadas en las escuelas últimamente construidas.

Se realizó el estudio del comportamiento térmico, lumínico y de asoleamiento del sector de aulas de las escuelas, para ello se utilizaron los software de cálculo, los que se complementaron con encuestas a personal de las escuelas y relevamientos.

## DESARROLLO DEL TRABAJO

### Estudios térmicos:

#### Transmitancia térmica:

Para realizar la verificación de la transmitancia térmica de la envolvente de los edificios escolares analizados se utilizó el programa CEEMAKMP.xls (G.Gonzalo, 2003), el cual determina, mediante la introducción de los datos de la envolvente (localidad de análisis, características del cerramiento, coeficientes de conductividad, entre otros), la transmitancia térmica de cada cerramiento, para la condición de invierno y verano, para elementos homogéneos y heterogéneos y verifica el cumplimiento de los valores mínimos normados (IRAM, 1996).

Elemento/ Escuela	Cap. de los Andes		N°252		Soberanía Nacional		De La Patria		Para La Vida		R. V. Peñaloza S 1		R. V. Peñaloza S 1		K norma												
	K	Kmp	K	Kmp	K	Kmp	K	Kmp	K	Kmp	K	Kmp	K	Kmp	ver.	inv.	c/color										
Muro Este	Sup.opaca	2,63	3,03	2,02	2,54	2,21	2,59	2,18	3,50	1,79	1,79	2,68	2,68	2,15	2,80	1,80	1,85	2,16									
	Sup.transp	5,82		5,82		5,82		5,82		5,82		5,82		5,82					5,82	5,82	5,82						
Muro Norte	Sup.opaca	2,63	2,63	2,03	2,78	2,21	2,34	2,16	3,22	2,10	2,66	2,53	2,58	2,15	2,40				1,80	1,85	2,16						
	Sup.transp	5,82		5,82		5,82		5,82		5,82		5,82		5,82								5,82	5,82				
Muro Oeste	Sup.opaca	2,59	2,59	2,02	2,51	2,20	2,26	2,14	2,14			2,17	2,17	2,52	2,52							1,80	1,85	2,16			
	Sup.transp	5,82		5,82		5,82		5,82		5,82		5,82		5,82											5,82	5,82	
Muro Sur	Sup.opaca	2,65	2,65	2,01	2,62	2,20	2,46	2,24	2,58	1,91	3,28	2,19	2,58	2,74	2,74										1,80	1,85	2,16
	Sup.transp	5,82		5,82		5,82		5,82		5,82		5,82		5,82													
Cubierta	0,74		1,57		3,18		2,19		0,47		0,61		0,62		1,00	0,72	0,94										

Tabla N° 2: Verificación del K de Norma en escuelas

Al analizar los valores obtenidos del cálculo se concluye que, en el caso de invierno, el 96% de los muros, y el 57% de las cubiertas no verifican el coeficiente de transmisión térmica, mientras que, para la situación de verano, el 96% de los muros no verifica los valores de Norma, reduciéndose al 59 %, si se considera la corrección por color. En el caso de las cubiertas el 42% no verifica Norma. Al analizar el valor medio ponderado entre las superficies opacas y transparentes se concluye que, tanto para la condición de invierno como de verano, el 96% de los casos no cumple con los valores de norma, mientras que para el verano, considerando la corrección con color, el 92% no cumple con los valores de Norma. Se puede establecer así que prácticamente la totalidad de los cerramientos presentan un inadecuado comportamiento frente a la transmisión del calor.

### Condensación:

Para realizar el estudio de condensación en la envolvente, se utilizó el software CEEMACON.xls (G.Gonzalo, 2003), el cual se basa en la metodología de cálculo de las Normas IRAM vigentes (IRAM, 1991). El programa verifica K y la ausencia de condensación superficial e intersticial mediante planillas y gráficos a partir de la incorporación de los datos de: la localidad de análisis y las características de las capas que conforman los cerramientos (resistencias superficiales y de cámaras de aire, espesor, conductividad, peso específico, permeabilidad o permeancia, etc.).

Escuelas	Cond.	Muros						Estructuras						Cubiertas			
		Ladrillo macizo visto c/ revoque interior. e = 0.20m	Ladrillo macizo visto c/ revoque interior. e = 0.27m	Ladrillo macizo C/2 caras revocadas. e = 0.27m	Ladrillo hueco C/2 caras revocadas. e = 0.18m	Ladrillo macizo C/2 caras revocadas e = 0.13m	Columnas y vigas de HP <sup>A</sup> c/2 caras revoc. e = 0.18m	Columnas y vigas de HP <sup>A</sup> c/2 caras revoc. e = 0.30m	Columnas y vigas de HP <sup>A</sup> c/2 caras revoc. e = 0.20m	Columnas y vigas de HP <sup>A</sup> c/ revoque interior. e = 0.20m	Columnas y vigas de HP <sup>A</sup> Sin revocar e = 0.25m	De chapa con cámara de aire, aislación y cielorraso de chapa.	Losa HP <sup>A</sup> con cámara de aire y sobretecho de chapa.	De chapa con cámara de aire, aislación y cielorraso de yeso.	De tejas s/tejas cámara de aire y cielorraso de yeso.		
Capitán de los Andes	Sup.	SI	-	-	-	-	SI	-	-	-	-	NO	-	-	-		
	Int.	SI	-	-	-	-	SI	-	-	-	SI	-	-	-	-		
De la Patria	Sup.	-	SI	-	-	-	-	SI	-	-	-	-	SI	-	-		
	Int.	-	NO	SI	-	-	-	SI	-	-	-	-	SI	-	-		
Para la vida	Sup.	-	-	-	NO	-	-	-	SI	-	-	-	-	NO	-		
	Int.	-	-	-	SI	-	-	-	SI	-	-	-	-	SI	-		
Vera Peñaloza	Sup.	-	SI	-	-	SI	-	-	-	SI	-	-	-	NO	-		
	Int.	-	NO	-	-	SI	-	-	-	SI	-	-	-	SI	-		
Soberanía Nacional	Sup.	-	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	NO	NO	-	-		
	Int.	-	NO	-	-	-	-	-	-	-	NO	-	SI	-	-		
N° 252	Sup.	-	-	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	SI		
	Int.	-	-	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	SI		

Tabla N° 3: Verificación de riesgo de condensación en la envolvente de las escuelas analizadas

Del estudio de condensación realizado en las escuelas se observa que, sobre el total de los muros, el 87,5% presentan problemas de condensación superficial y el 62,5% de condensación intersticial. Sobre los diferentes tipos de estructuras analizadas se observa que todas presentan problemas de condensación superficial y el 80% de condensación intersticial. En el caso cubiertas se observa que el 30% presentan problemas de condensación superficial y todas presentan condensación intersticial. De lo expuesto se puede concluir que las escuelas analizadas poseen grandes deficiencias en su comportamiento higrofugo en donde el 74% presentan problemas de condensación superficial y el 73,7% de condensación intersticial.

**Balace térmico:**

El análisis del balance térmico de la envolvente se realizó a partir del cálculo de las cargas térmicas en los sectores más representativos de las escuelas analizadas con el programa CEEMAQT.xls (G.Gonzalo, 2003). El programa permite obtener, a partir de la introducción de los datos de la envolvente: superficie, transmitancia térmica, coeficiente de absorción, retardo y amortiguamiento y factor de obstrucción de la radiación solar, los valores de cargas térmicas total y parcial de cada elemento de la envolvente, promedio diarias para todos los meses del año, tanto de las superficies opacas como de las transparentes. Para el cálculo no se tuvieron en cuenta las cargas internas generadas por los ocupantes y el equipamiento.

Sector de análisis	Verano		Invierno	
	Carga térmica promedio horaria por m <sup>2</sup> (W/ m <sup>2</sup> )	% de carga térmica sobre el total de la envolvente	Carga térmica promedio horaria por m <sup>2</sup> (W/ m <sup>2</sup> )	% de carga térmica sobre el total de la envolvente
Esc. Cap. De Los Andes				
		Total ganancias: 165439 W/día		Total pérdidas: -166202 W/día
Esc. N° 252				
		Total ganancias: 549212 W/día		Total pérdidas: -158177 W/día
Esc. Soberanía Nacional				
		Total ganancias: 267293 W/día		Total pérdidas: -115015 W/día
Esc. De La Patria				
		Total ganancias: 143895 W/día		Total pérdidas: -163396 W/día
Esc. R. Vera Peñaloza-Sector 1				
		Total ganancias: 62225 W/día		Total pérdidas: -52533 W/día
Esc. Para La Vida				
		Total ganancias: 52480 W/día		Total pérdidas: -61344 W/día

Tabla N° 4: Resultados de los estudios de carga térmica Q en sectores de escuelas

Del análisis realizado se puede observar que los mayores valores de ganancia térmica unitaria para la condición verano, corresponde a las cubiertas que no verifican los valores mínimos de Transmisión Térmica establecido por Normas IRAM. En invierno, las pérdidas de calor para los casos mencionados, no son tan significativas en relación a las otras cubiertas, lo cual se debe básicamente, al aporte de calor producido por la incidencia radiación solar.

Al analizar los muros se puede observar que, debido la incidencia de la radiación solar y a la no verificación de los valores mínimos de K establecidos por IRAM, las mayores cargas térmicas por unidad de superficie para verano corresponden a los muros con orientación Oeste. Es por ello que sería conveniente el planteo de protecciones solares a la envolvente opaca y una correcta solución constructiva en la resolución de dichas orientaciones.

Del análisis del comportamiento térmico de las superficies vidriadas se observa que la falta de protecciones solares determina las mayores ganancias en verano. Es así que, al igual que en los muros, en verano la situación mas desfavorable se presenta en las ventanas al oeste y en invierno en las ventanas al sur.

Del análisis de la carga térmica total se puede observar que en verano los mayores porcentajes de ganancia de calor corresponden a la cubierta, por lo se evidencia la necesidad, para la situación climática analizada, de un adecuado diseño de este elemento, el cual básicamente deberá ofrecer alta resistencia al paso de calor.

**Estudio de asoleamiento:**

El estudio del comportamiento de las superficies vidriadas frente al ingreso de la radiación solar en las escuelas en análisis se realizó con la aplicación del programa Solar 2 (UCLA, 1998). El mismo permite simular el soleamiento en locales, a través de ventanas con protecciones horizontales y/o verticales considerando la incidencia de las obstrucciones exteriores cercanas al edificio. El programa simula el ingreso de la radiación solar para cualquier mes y hora. Presenta además datos en tablas como la cantidad de radiación en la ventana, porcentajes de ventana soleada, ángulos de altura solar y azimut.

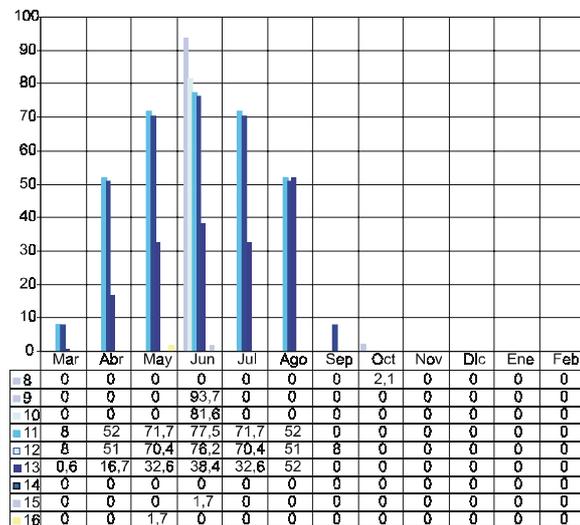
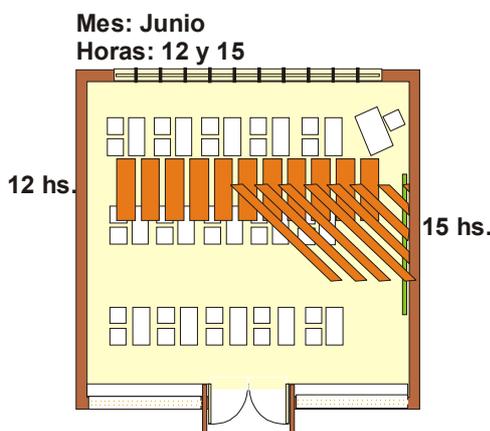


Figura 1: Manchas solares en aula con ventanas orientadas al Norte con parasoles de lamas verticales. Salida de datos del Software Solar2. Escuela “De la Patria”.

Tabla N° 5: Porcentaje asoleado de ventana orientación

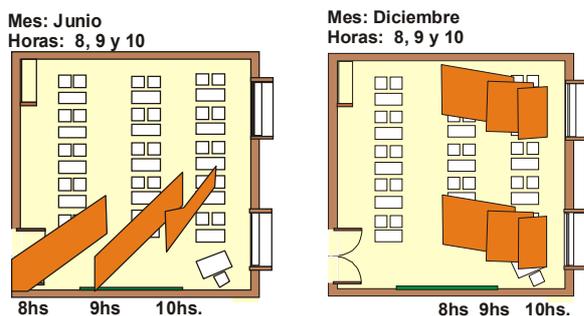


Figura 2: Escuela “Soberanía Nacional”. Manchas solares en aulas analizadas cuentan con ventanas orientadas al Este dispuestas en casetonados que sobresalen hacia el frente del edificio. No cuentan con protecciones solares.

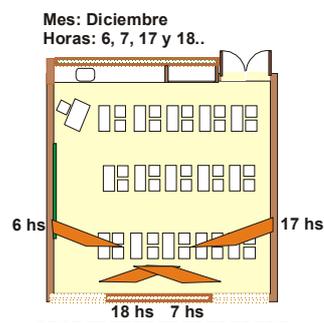


Figura 3: Escuela “Para la vida”. Manchas solares en aulas orientadas al Sur, ventanas sin protección solar.

Las escuelas analizadas presentan diferentes situaciones de asoleamiento debido principalmente a la orientación de sus ventanas. En las aulas con ventanas orientadas al Norte ingresa la radiación solar directa durante los meses fríos, en horas de la mañana y de la tarde. En las aulas con ventanas orientadas al Este ingresa la radiación solar directa durante todo el año en horas de la mañana, lo mismo ocurre con las orientadas al Oeste pero en horas de la tarde. En la orientación Sur la radiación

solar directa incide en las aulas durante las primeras horas de la mañana y las últimas de la tarde. Debido a las características climáticas del lugar de análisis, el aporte calórico de la radiación solar es necesario durante un breve período del año, por lo es más importante la protección de los aventanamientos para evitar el sobrecalentamiento en el interior de los locales. Asimismo, la incidencia de la radiación solar directa sobre el plano de trabajo durante las horas de clase, produce deslumbramiento y por lo tanto dificultades para la realización de la tarea visual.

**Estudios de iluminación natural:**

Con el objeto de evaluar el comportamiento lumínico en aulas de escuelas de San Miguel de Tucumán, se realizaron mediciones con el software de simulación Daylight 4.1 (Anglia Polytechnic. 1991) y se compararon los resultados con los valores mínimos establecidos por normas IRAM para aulas de escuelas (IRAM, 1969). En el software se introducen los datos de dimensiones del local, coeficiente de reflexión de los elementos, altura del plano de trabajo, ubicación y tamaño de las ventanas, protección de carpinterías, obstrucciones exteriores, entre otros.

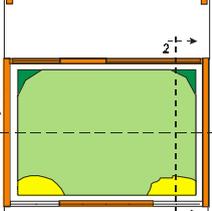
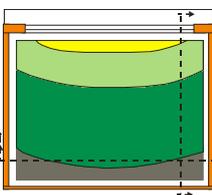
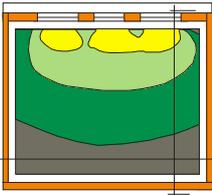
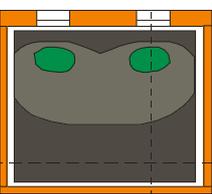
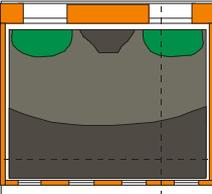
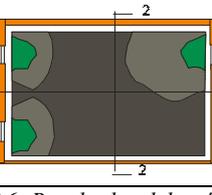
Esc. Para la Vida		<table border="1" data-bbox="576 533 992 636"> <tr><td>CLD mínimo</td><td>2.01</td><td>CLD Promedio</td><td>3.25</td></tr> <tr><td>Punto medio</td><td>3.00</td><td>Uniformidad</td><td>0.62</td></tr> <tr><td>CLD máximo</td><td>10.5</td><td>Máx / mín</td><td>4.9</td></tr> <tr><td>P. desfavorable</td><td>2.30</td><td>% sobre norma</td><td>100</td></tr> </table> 	CLD mínimo	2.01	CLD Promedio	3.25	Punto medio	3.00	Uniformidad	0.62	CLD máximo	10.5	Máx / mín	4.9	P. desfavorable	2.30	% sobre norma	100	<p>En la totalidad del local los valores de CLD cumplen con lo requeridos por Normas Iram La iluminación bilateral favorece la relación máx / mín y los valores de uniformidad.</p>
CLD mínimo	2.01	CLD Promedio	3.25																
Punto medio	3.00	Uniformidad	0.62																
CLD máximo	10.5	Máx / mín	4.9																
P. desfavorable	2.30	% sobre norma	100																
Esc. De la Patria.		<table border="1" data-bbox="576 757 992 860"> <tr><td>CLD mínimo</td><td>0.92</td><td>CLD Promedio</td><td>2.02</td></tr> <tr><td>Punto medio</td><td>1.40</td><td>Uniformidad</td><td>0.45</td></tr> <tr><td>CLD máximo</td><td>6.01</td><td>Máx / mín</td><td>6.5</td></tr> <tr><td>P. desfavorable</td><td>1.00</td><td>% sobre norma</td><td>30.6</td></tr> </table> 	CLD mínimo	0.92	CLD Promedio	2.02	Punto medio	1.40	Uniformidad	0.45	CLD máximo	6.01	Máx / mín	6.5	P. desfavorable	1.00	% sobre norma	30.6	<p>Los valores de CLD verifican las normas IRAM en la zona cercana a la ventana. Solo el 30.6% del local supera los valores de normas. El valor promedio verifica las normas IRAM.</p>
CLD mínimo	0.92	CLD Promedio	2.02																
Punto medio	1.40	Uniformidad	0.45																
CLD máximo	6.01	Máx / mín	6.5																
P. desfavorable	1.00	% sobre norma	30.6																
Esc. N° 252		<table border="1" data-bbox="576 972 992 1075"> <tr><td>CLD mínimo</td><td>0.79</td><td>CLD Promedio</td><td>2.23</td></tr> <tr><td>Punto medio</td><td>2.08</td><td>Uniformidad</td><td>0.35</td></tr> <tr><td>CLD máximo</td><td>7.89</td><td>Máx / mín</td><td>10.0</td></tr> <tr><td>P. desfavorable</td><td>0.91</td><td>% sobre norma</td><td>35.7</td></tr> </table> 	CLD mínimo	0.79	CLD Promedio	2.23	Punto medio	2.08	Uniformidad	0.35	CLD máximo	7.89	Máx / mín	10.0	P. desfavorable	0.91	% sobre norma	35.7	<p>Verifican las normas IRAM solo en la zona cercana a las ventanas. Solo el 35.7% del local esta bien iluminado naturalmente. El valor promedio verifica las normas IRAM.</p>
CLD mínimo	0.79	CLD Promedio	2.23																
Punto medio	2.08	Uniformidad	0.35																
CLD máximo	7.89	Máx / mín	10.0																
P. desfavorable	0.91	% sobre norma	35.7																
Esc. Soberanía Nac.		<table border="1" data-bbox="576 1173 992 1276"> <tr><td>CLD mínimo</td><td>0.27</td><td>CLD Promedio</td><td>0.54</td></tr> <tr><td>Punto medio</td><td>0.6</td><td>Uniformidad</td><td>0.50</td></tr> <tr><td>CLD máximo</td><td>1.20</td><td>Máx / mín</td><td>4.44</td></tr> <tr><td>P. desfavorable</td><td>0.4</td><td>% sobre norma</td><td>0.00</td></tr> </table> 	CLD mínimo	0.27	CLD Promedio	0.54	Punto medio	0.6	Uniformidad	0.50	CLD máximo	1.20	Máx / mín	4.44	P. desfavorable	0.4	% sobre norma	0.00	<p>En la totalidad de los puntos analizados los valores de CLD no verifican las normas IRAM. El 100% del aula esta mal iluminada naturalmente. El valor promedio es muy bajo.</p>
CLD mínimo	0.27	CLD Promedio	0.54																
Punto medio	0.6	Uniformidad	0.50																
CLD máximo	1.20	Máx / mín	4.44																
P. desfavorable	0.4	% sobre norma	0.00																
Esc. C. de los Andes		<table border="1" data-bbox="576 1397 992 1500"> <tr><td>CLD mínimo</td><td>0.33</td><td>CLD Promedio</td><td>0.60</td></tr> <tr><td>Punto medio</td><td>0.55</td><td>Uniformidad</td><td>0.55</td></tr> <tr><td>CLD máximo</td><td>1.81</td><td>Máx / mín</td><td>5.48</td></tr> <tr><td>P. desfavorable</td><td>0.34</td><td>% sobre norma</td><td>0.00</td></tr> </table> 	CLD mínimo	0.33	CLD Promedio	0.60	Punto medio	0.55	Uniformidad	0.55	CLD máximo	1.81	Máx / mín	5.48	P. desfavorable	0.34	% sobre norma	0.00	<p>En el local en análisis todos los valores de CLD son inferiores a los requeridos por las normas Iram. La iluminación bilateral favorece la relación máx/mínimo y los valores de uniformidad.</p>
CLD mínimo	0.33	CLD Promedio	0.60																
Punto medio	0.55	Uniformidad	0.55																
CLD máximo	1.81	Máx / mín	5.48																
P. desfavorable	0.34	% sobre norma	0.00																
Esc. R. Vera Peñalosa.		<table border="1" data-bbox="576 1599 992 1702"> <tr><td>CLD mínimo</td><td>0.24</td><td>CLD Promedio</td><td>0.54</td></tr> <tr><td>Punto medio</td><td>0.4</td><td>Uniformidad</td><td>0.45</td></tr> <tr><td>CLD máximo</td><td>1.80</td><td>Máx / mín</td><td>0.14</td></tr> <tr><td>P. desfavorable</td><td>0.30</td><td>% sobre norma</td><td>0.00</td></tr> </table> 	CLD mínimo	0.24	CLD Promedio	0.54	Punto medio	0.4	Uniformidad	0.45	CLD máximo	1.80	Máx / mín	0.14	P. desfavorable	0.30	% sobre norma	0.00	<p>En la totalidad del local en análisis los valores de CLD son inferiores a los requeridos por normas. La iluminación natural bilateral favorece los valores de uniformidad. El valor promedio es muy bajo.</p>
CLD mínimo	0.24	CLD Promedio	0.54																
Punto medio	0.4	Uniformidad	0.45																
CLD máximo	1.80	Máx / mín	0.14																
P. desfavorable	0.30	% sobre norma	0.00																

Tabla N° 6: Resultados del análisis de la iluminación natural en aulas de escuelas

Se puede observar que, de los diferentes casos estudiados, solo uno cumple con los valores normados en el 100% de los puntos medidos y es el ejemplo que presenta el mayor valor de uniformidad. Esto se debe a que el local analizado cuenta con iluminación bilateral, un 22% de área vidriada sobre área de piso, y posee el borde superior de sus ventanas cercanas al cielorraso. En tanto, el 83% de los casos estudiados presentan condiciones de iluminación natural por debajo de los valores de normas.

Por otro lado, vemos que las aulas que presentan mayores valores de CLD, son aquellas que presentan mayor area vidriada. Y la mayor uniformidad se dan en las aulas con iluminación natural bilateral.

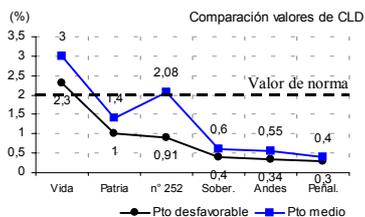


Figura 4: Valores de CLD en distintas aulas de escuelas

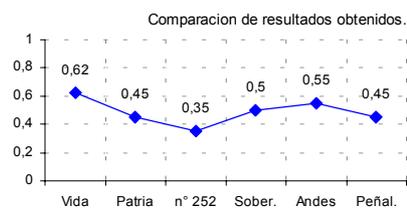


Figura 5: Valores de uniformidad en distintas aulas de escuelas

## CONCLUSIONES

A partir de los estudios realizados se puede concluir que la mayoría de los casos analizados presentan un inadecuado comportamiento higrotérmico, lumínico y de asoleamiento.

Gran parte de los elementos constitutivos de la envolvente (96 % de los muros y 57 % de las cubiertas) no respetan a los valores máximos admisibles de transmisión térmica, así también muchos de ellos presentan problemas de riesgo de condensación superficial e intersticial (74,5 %) en muros y cubiertas. La mayoría de los aventanamientos no presentan adecuados controles del ingreso de la radiación solar, presentando por lo tanto, situaciones de deslumbramiento por presencia de mancha solar sobre los planos de trabajo. Las condiciones de iluminación natural en el 83 % de los casos estudiados se encuentran por debajo de los valores mínimos establecidos por Normas IRAM, así como los valores de uniformidad se encuentran muy por debajo del valor esperado.

Las condiciones básicas a tener en cuenta para lograr condiciones de confort en las aulas escolares para la situación climática analizada, cálido húmedo, serían de: minimizar las ganancias de calor a través de la envolvente opaca, a partir de reducir las superficies orientadas hacia el Este y Oeste, elegir sistemas constructivos que ofrezcan alta resistencia al intercambio de calor, reducir la incidencia y absorción de la radiación solar, entre otros. Minimizar el intercambio de calor a través de superficies vidriadas, a partir de adecuado diseño y elección de las protecciones de las ventanas. Garantizar adecuadas condiciones de iluminación natural interior, atendiendo los aspectos cuantitativos y cualitativos.

Lograr un ambiente escolar confortable en nuestra ciudad no es demasiado complejo, bastaría con el cumplimiento de las condiciones antes enunciadas, ya que las condiciones de invierno no son extremas y en un aula la temperatura del aire puede incrementarse rápidamente mediante el calor producido por sus ocupantes y en el corto período de verano en que las aulas se utilizan, incorporando una adecuada ventilación nocturna y ventiladores de techo para las horas de clase, se puede obtener una respuesta generalizada de situación cercana al confort, por parte de docentes y alumnos. A pesar de ello podemos afirmar que son numerosos los establecimientos escolares que no garantizan las condiciones mínimas de habitabilidad que permitan desarrollar las tareas educativas con eficiencia.

## REFERENCIAS

- Bogo A.J. (2000). Metodología de avaliação de edificações escolares incorporando o conceito de desenvolvimento sustentável. X Congresso Ibérico e V Congresso Ibero-Americano de Energia Solar, Sao Paulo, Brasil. Vol.1.
- Normas IRAM 11601 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Condiciones de habitabilidad en edificios.
- Normas IRAM 11625 (1991). Acondicionamiento térmico en edificios. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en muros y techos de edificios.
- Normas IRAM AADL J20-04 (1969). Iluminación Natural en Escuelas.
- Daylight 4.1 (1991) Copyright Anglia Polytechnic.
- Desideri U. y S. Proietti. (2002). Analysis of energy consumption in the high schools of a province in central Italy. Energy and Buildings 34, pp. 1003-1016.
- Gonzalo G.E., Ledesma S.L., Nota V.M. y Márquez G. (2001). Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 5, pp. 05.13-05.18.
- Gonzalo G.E. y C.F. Martínez (2001). Condensación en edificios. Factor de riesgo para la salud de los ocupantes y la conservación de las construcciones. publicado en www.trama.com.ec, Revista Trama en Internet, Ecuador, Enero 2001
- Gonzalo G.E. (2003). Manual de Arquitectura Bioclimática, 2da. Edic., en trámite de publicación CP67, Buenos Aires.
- Solar 2 Versión 1.3 (1997) University of California Regents.
- Suzuki E.H., Romero, M.A. (2000). Avaliação física das escolas públicas estaduais. o caso do município de Londrina-Paraná. X Congresso Ibérico e V Congresso Ibero-Americano de Energia Solar, Sao Paulo, Brasil. Publicado en CD. Vol.1.

**ABSTRACT:** The present work shows the studies of the thermal behavior, condensation, natural illumination and solar incidence, of the sectors of classrooms of school buildings, prototypical of the County of Tucumán. This work framed inside the tasks carried out in the Program of Investigation Rational and New Use Fuentes of Energy for institutional buildings of the County of Tucumán, had as main objective to carry out an diagnose on the environmental conditions of the sector of classrooms of the schools of primary level. The obtained results allowed to define that the environmental conditions of the classrooms, as well as the energy behavior of the buildings envelope doesn't respond, in most of the analyzed cases, to the minimum requirements settled down by the regulations.

**Keywords:** Architecture, thermal behavior, natural illumination, solar incidence, schools.