



Fecha de presentación del Informe: Día Mes Año

Datos generales del Proyecto

Código del proyecto: 3139			
Título del proyecto: EVALUACIÓN DEL CONFORT AMBIENTAL EN ESCUELAS PÚBLICAS DE CALI			
Facultad o Instituto Académico: FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS			
Departamento o Escuela: ARQUITECTURA			
Grupo (s) de investigación: GRUPO CÁTEDRA- CU:NA- INGENIERIA			
Investigadores ¹	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	VERÓNICA IGLESIAS GARCÍA	110 h X sem.	110 X sem.
Coinvestigadores	CARLOS ALBERTO HERRERA	110 h X sem.	110 h X sem.
	MIGUEL ROSILLO	110 h X sem.	110 h X sem.
Otros participantes			

1. Resumen ejecutivo:

La efectividad de un proceso educativo está relacionado con el nivel de atención de los estudiantes. Un ambiente agradable es clave para obtener mejores resultados. Problemáticas tales como instalaciones deterioradas, con patologías constructivas, obsoletas, calurosas, pobremente iluminadas y ventiladas, e ineficientes acústicamente, dificultan alcanzar los niveles de calidad educativa que se plantean los gobiernos.

Cali tiene 92 instituciones educativas y 282 sedes adscritas a ellas, se estima que el 21% están deterioradas, además de localizarse en zonas de alto riesgo. Adicionalmente existe déficit de

¹ Todas las personas relacionadas en el informe y que participen en el proyecto deben haber suscrito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.

áreas respecto a lo establecido por la NTC 4595, lo que dificulta el desarrollo de actividades académicas en condiciones confortables.

En consecuencia, el proyecto tuvo como objetivo general la evaluación de la confortabilidad de usuarios en 4 instalaciones escolares públicas de Cali, con énfasis en los niños como usuarios primarios; se consideraron componentes del entorno urbanístico y las variables ambientales (temperatura, humedad, iluminancia, ventilación y niveles de ruido), con la finalidad de plantear mejoras bioclimáticas. Los objetivos específicos se encaminaron a la evaluación técnica del edificio y determinación de la percepción de los usuarios.

En el aspecto metodológico, se integró lo cuantitativo y lo cualitativo. Esto en razón de que los estudios sobre el confort humano se basan tanto en mediciones de variables climáticas, así como en percepciones que dependen de la subjetividad humana. Este proceso comprendió 5 etapas básicas: (1) Selección de la muestra, (2) Preparación y desarrollo de herramientas, (3) Trabajo de campo, y (4) Diagnóstico y (5) Propuestas.

El diagnóstico técnico de los ambientes escolares se realizó en sitio, con instrumentos apropiadamente calibrados (termohigrómetro, luxómetro, sonómetro, anemómetro) y, para el diagnóstico de percepción se efectuaron encuestas y entrevistas a los usuarios. Con estos insumos se calculó el índice de confort de Fanger, y estadísticamente se cuantificó el voto de los encuestados.

En los resultados obtenidos, se destaca el hallazgo de un número de estudiantes en aulas mayor al máximo recomendado por las normas internacionales. No se detectaron renovaciones de aire distintas a las propias de la difusión y de la ventilación unilateral, máximo 1 ACH. Esto significa que, en todas las aulas, las renovaciones demandadas no se cumplen. En lo referente a los índices de confort, se encontró que en 3 de las 4 escuelas estudiadas el porcentaje de insatisfechos estuvo entre 50 y 100%, mientras que en contraste en la restante, el porcentaje de gente satisfecha varió entre el 90 y 95%.

En conclusión, los índices de ocupación en las aulas, están entre el 128 % y 224 % respecto del máximo valor permisible del ASHRAE Standard 62. Esto significa sobrepoblación. No existen

medios, ni artificiales (ventilación mecánica) ni naturales (ventilación cruzada), que provean aire nuevo a los ocupantes de los salones. En consecuencia las renovaciones de aire no llegan siquiera al 10% de las establecidas por norma. No obstante las deficiencias encontradas, son visibles las posibilidades de obtener confort y salubridad. Las estrategias de integración de ventilación y/o enfriamiento evaporativo, y control radiante, son factibles técnica y económicamente.

EXECUTIVE SUMMARY

The effectiveness of an educational process is related to the level of students' attention. A friendly atmosphere is essential for best results. Issues such as deteriorating facilities, inadequate construction, obsolete, poorly lighted and ventilated, and acoustically inefficient, hamper the levels of educational quality established by the government.

Cali has 92 educational institutions plus 282 endorsed locations. It is estimated that 21% are deteriorated, besides being located in high risk zones. Additionally, there are deficiencies according to the provisions of the 4595 NTC, which hinders the development of academic activities in adequate conditions.

Consequently, this project had as overall objective to assess the comfort level in 4 Cali public schools, with emphasis on children as primary users. Therefore, urban components and environmental variables (temperature, humidity, lightning, ventilation and noise) were considered in order to establish bioclimatic improvements. The specific objectives were focused to evaluate technically the building and to determine the perception of the users.

In terms of methodology, quantitative and qualitative aspects were considered. Based on parameters of studies on human comfort, the measuring of climatic variables, as well as perceptions that depend on human perception were included. This process included five basic steps: (1) Selection of the sample, (2) Preparation and development of tools, (3) Fieldwork, (4) Diagnosis and (5) Proposals.

The technical diagnosis of the school environment was held in place with properly calibrated instruments (hygrometer, light meter, sound level meter, anemometer), and for the diagnosis of perception, surveys and user interviews were conducted. With these inputs, the Fanger comfort index was calculated, and the vote of the respondents was statistically quantified.

In the results, the finding of a number of students greater than the maximum recommended by international guidelines is highlighted. Besides local air diffusion and unilateral ventilation, maximum 1 ACH, no renewals of air were detected. Meaning that, in every classroom, the required updates are not conducted. Regarding the indices of comfort, it was found in 3 of the 4 schools studied, the percentage of dissatisfaction was between 50 and 100%, whereas in the remaining school, the percentage of people satisfied varied between 90 and 95%.

In conclusion, the occupancy rates in classrooms are between 128% and 224% compared to the maximum allowed of ASHRAE Standard 62. This indicates overcrowding. No means to provide fresh air to the occupants of the rooms were found, nor artificial (mechanical ventilation) neither natural (cross ventilation). Consequently, air changes not even reach 10% of the set standards. Even though deficiencies were found, the possibilities for comfort and health are high. Integration strategies of ventilation and / or evaporative cooling and heating control are technically and economically feasible.

2. Síntesis del proyecto:

1. TEMA: Evaluación del confort ambiental en edificaciones escolares públicas de Cali.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la confortabilidad de usuarios en instalaciones escolares públicas de Cali, con énfasis en los niños como usuarios primarios. Para esta evaluación son necesarios los componentes del entorno urbanístico y las variables ambientales (temperatura, humedad, iluminancia,

ventilación y niveles de ruido). Este conocimiento permite planear posibles mejoras bioclimáticas dirigidas a obtener confort.

Objetivos específicos

Para alcanzar las metas son necesarias dos acciones: evaluar técnicamente el edificio y determinar la percepción de los usuarios. El diagnóstico técnico de los ambientes escolares se realiza en sitio, con instrumentos apropiadamente calibrados (termohigrómetro, luxómetro, sonómetro, anemómetro) y, para el diagnóstico de percepción se efectúan encuestas y entrevistas a los usuarios. Con estos insumos se calcula el índice de confort de Fanger, y estadísticamente se cuantifica el voto de los encuestados. Coherente con estas acciones se establecen los siguientes objetivos específicos:

1. Seleccionar la muestra de la red de escuelas pública de Cali. Consiste en determinar mediante criterios geográficos, climáticos, urbanísticos, población servida, etcétera, los planteles representativos del sistema general.
2. Manufacturar el instrumento de evaluación de percepción. Consiste en la elaboración de los formularios de encuesta atendiendo las características culturales del individuo sujeto, edad, efectividad de la comunicación, tiempo de aplicación, grado de atención, entre otros.
3. Hacer caracterizaciones de campo. Levantamiento planimétrico del edificio, materialidad, relaciones con el entorno, facilidades de climatización natural o artificial, selección de puntos de medición y mediciones de temperatura, humedad relativa, iluminancia, nivel sonoro, velocidad de aire, temperatura de muros, techos y pisos, vestimenta, localización climatológica, insolación, aplicación de las encuestas, estudios fotográficos y termográficos.
4. Establecer diagnóstico del confort. Considera el procesamiento de datos y análisis de resultados en términos de encontrar las relaciones entre los índices técnicos obtenidos y las percepciones mayoritarias de los entrevistados.

5. Proponer medidas de mejoramiento. Incluye sugerir, a las autoridades de educación, medidas correctivas a los factores generadores de incomfortabilidad en las escuelas, basadas en estrategias de rehabilitación bioclimática.

2. METODOLOGIA

El proceso metodológico comprendió 5 etapas básicas, en las que se enmarcaron las actividades correspondientes: (1) Selección de la muestra, (2) Preparación y desarrollo de herramientas, (3) Trabajo de campo, y (4) Diagnóstico y (5) Propuestas. En el área de periferia rural, correspondiente al corregimiento de El Hormiguero, se seleccionó la institución educativa Antonio Villavicencio; en la periferia urbana Sur, se escogió a la institución educativa Incolballet (Sede Valle del Lili), en la zona Sur-Oriental a la institución educativa Ciudad Córdoba, y en el área Norte a la institución educativa Celmira Bueno de Orejuela. En cada institución se determinó un salón de clases para realizar las mediciones correspondientes. El periodo principal de mediciones fue entre Julio 8 y Noviembre 27 de 2013; las mediciones lumínicas y las encuestas se realizaron en Febrero de 2014. En cada aula seleccionada se instaló 1 *datalogger* y se procedió con las mediciones manuales que se anotaban inmediatamente en las fichas técnicas. Finalizadas estas mediciones, con el conjunto de los datos de campo ambientales se procedió con la elaboración de las tablas y las gráficas de las variables.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

Confort sonoro

En todas las escuelas los registros del nivel sonoro en aulas fueron superiores a lo recomendado por la NTC4595, pues los niveles promedio detectados superan el rango de los 40 a 45 dB. Los niveles máximos se encontraron en la Escuela Ciudad Córdoba (101.9 dB), seguidos por la Escuela Celmira Bueno de Orejuela (92 dB), mientras que los valores más bajos se hallaron en las Escuelas Antonio Villavicencio e Incolballet, con 53.1 dB cada una.

Confort visual

En la Escuela Antonio Villavicencio todos los valores registrados a lo largo de la jornada- incluso con las lámparas encendidas- se ubicaron muy por debajo de los 300 luxes, que es la iluminancia media más baja recomendada para este tipo de uso. En Incolballet, 100% del tiempo con luz artificial, todos los resultados de iluminancias medias dan valores entre 325 y

368 luxes. Esto anterior se cataloga como baja iluminación. En Ciudad Córdoba los niveles de iluminación son demasiado altos. En el salón de Celmira Bueno de Orejuela, se obtuvieron valores satisfactorios de iluminancia durante prácticamente toda la jornada.

Confort térmico y Calidad del aire

Diagnóstico Técnico

Para determinar –cuantitativamente- si existe confort y calidad de aire se examinaron el índice de ocupación [1], los requerimientos de ventilación [1], y el índice de confort de Fanger [2] en cada uno de los cuatro espacios a lo largo del día. Para el análisis de los dos primeros parámetros se elaboró la Tabla 1 donde hay que tener en cuenta que la máxima ocupación permitida son 50 estudiantes/100 m², y la mínima cantidad de aire nuevo son 8 [l/s] por persona [1].

Tabla 1. Requerimientos de ventilación y de índice de ocupación

INSTITUCION	Antonio Villavicencio	Incolballet	Ciudad Córdoba	Celmira Bueno
# Pupitres en aula	28	20	36	49
Área [m2]	34.3	31.2	32.3	66.3
Volumen [m3]	96	87	90	186
# Estudiantes/100 m2	81.6	64.2	112	74
Aire nuevo requerido [l/s]	224	160	288	392

Renovaciones requeridas [ACH]	8.4	6.6	11.5	7.6
--	-----	-----	------	-----

El índice de confort de Fanger se puede obtener por la formulación directa (disponible en ASHRAE) [2] o por software de dominio público o demostrativo (EnergyPlus, Climate consultant, Psychrotool, etcétera). En este trabajo se prefirió la herramienta *Psychrotool* por su capacidad de mostrar el resultado puntual dentro de un contexto de situaciones próximas. Esto anterior permite visualizar estrategias climáticas para alcanzar las zonas de confort. Adicionalmente para la cuantificación de la temperatura media radiante se utilizó el programa desarrollado por Castang [3].

El primer asunto que llama la atención, infortunadamente por lo negativo, es el índice de ocupación. Aunque los estándares usados son de países desarrollados, y que por ende se pueden aceptar algunas diferencias, los grandes contrastes entre los valores obtenidos (81.6, 64.2, 112, y 74) y el máximo permitido (50 [personas/100 m²]) son preocupantes. Saturar los salones para aumentar productividad es, en efecto, altamente contraproducente.

Según las mediciones de movimiento de aire realizadas, la velocidad del fluido es indetectable, indicador de que no existen renovaciones distintas a las propias de la difusión y de la “*single side ventilation*” [4]: a lo máximo 1 ACH. Esto significa que, en todas las aulas, las renovaciones de aire demandadas (8.4, 6.6, 11.5, y 7.6 ACH) no se cumplen; por consiguiente la salubridad del aire es pobre y la salud de los estudiantes y profesores queda comprometida.

En lo referente a los índices de confort, se puede apreciar un gran contraste: la escuela Incolballet mantuvo condiciones de confort muy aceptables, a diferencia de todas las otras escuelas donde las condiciones fueron inaceptables, variando entre caluroso y muy caluroso. Mientras el porcentaje de gente satisfecha en Incolballet varió entre 90 y 95%, el porcentaje de insatisfechos en las otras escuelas estuvo entre 50 y 100%.

Diagnóstico de percepción

De acuerdo a la primera pregunta de las encuestas de niños, como se esperaba acorde a los índices de Fanger y al horario de consulta, la mayoría de los encuestados, (a excepción de Incolballet y Ciudad Córdoba-tarde) manifestaron sensación de ambiente caluroso. La peor percepción en este sentido se dio, como también se esperaba acorde al índice de ocupación, en la escuela Ciudad Córdoba-mañana. Por su lado, los docentes manifestaron percepción de discomfort ambiental en el salón de clases: 60% dijeron sentir algo de calor y 40% manifestaron sentir calor, 60% consideraron que el salón tenía buenas condiciones ambientales y para el 40% eran malas. Todos los docentes coincidieron en que existe una relación entre condiciones ambientales desfavorables y variaciones en el comportamiento de los estudiantes.

4. Propuesta de mejoras

La primera mejora –prácticamente obligatoria- es la de proveer renovación de aire en la medida en que la norma lo exige: 8.4, 6.6, 11.5, y 7.6 ACH's (Tabla 1.). Este aire nuevo podrá suministrarse con tratamiento o sin tratamiento; en la segunda alternativa, solo ventilación, se observa que, dependiendo de la hora del día, se está pasando de ligeramente caliente a confortable. Los índices de Fanger calculados muestran que el porcentaje de gente satisfecha variará entre 50% y 95%. La mejora con respecto a la situación de hoy es sustancial, pues en la condición actual apenas se roza un promedio de 40% de satisfechos. En el caso de implementar un tratamiento sencillo al aire como lo es el enfriamiento evaporativo, a lo largo de todos los días promedio, prácticamente el total de ocupantes se mantendrá satisfecho.

Una segunda estrategia -complementaria no sustitutiva- es la de disminuir la carga calórica radiante al instalar paneles de aluminio en el cielo raso existente, de cara hacia los estudiantes. Cálculos previos arrojaron una disminución de la temperatura media radiante en el orden de 2°C, habida cuenta de la baja emisividad del material. En el caso de la combinación con solo ventilación, en la peor situación habrá un 65% de satisfechos con el ambiente.

En relación a las condiciones lumínicas se identificaron dos problemas antagónicos: exceso y falta de luz. Este último es relativamente fácil de solucionar implementando iluminación artificial que resuelva el déficit existente. Por el otro lado, atender el deslumbramiento por radiación solar

directa es de carácter urgente porque perturba la atención del estudiante y afecta su salud. Aquí se impone instalar elementos arquitectónicos de protección solar: quiebrasoles, persianas, pérgolas, etcétera. A largo plazo, corresponde privilegiar el diseño arquitectónico con iluminación natural aplicando estrategias como lucernarios, lucetas, tragaluces, repisas reflectivas, colores reflectivos, entre otras.

Respecto al ruido excesivo generalizado se distinguen dos condiciones: el ruido generado en sitio y el ruido proveniente del vecindario. En lo referente al ruido interno, hay que enfocarse en las fuentes; esto implica cambios conductuales en los cuales se le exige al estudiante moderación y se obliga a mantener supervisión continua. Además, y siendo algo muy sencillo de realizar, se deberán poner tapones plásticos en las patas del mobiliario. El manejo de la bulla del vecindario es bastante más complicado, pues al no poderse eliminar lo único procedente es el aislamiento. Esto último implica cambios que además de ser especializados, con toda seguridad son onerosos. La recomendación es entonces que, como táctica futura, se deben prever en el diseño arquitectónico las estrategias para minimizar el impacto del ruido externo, cuidar los niveles de densidad poblacional estudiantil, y el uso de materiales absorbentes en su máxima extensión.

5. CONCLUSIONES

- Los índices de ocupación, esto es cantidad de personas por unidad de área, están entre el 128 % y 224 % respecto del máximo valor permisible del ASHRAE Standard 62. Esto significa sobrepoblación.
- En todas las escuelas los registros de nivel sonoro fueron muy superiores al rango de 40 a 45 dB recomendado por la NTC4595. El ruido tiene como orígenes de orden interno problemas de carácter conductual y sobrepoblación estudiantil; y como causas externas se identificaron emplazamientos inapropiados y déficit de aislamiento acústico.
- En una de las escuelas monitoreadas se encontró un nivel lumínico apropiado; en dos, déficit, y en una, exceso. Las anomalías detectadas están ligadas directamente a la pobreza de la concepción arquitectónica en relación con la iluminación natural: vanos expuestos a insolación directa, ausencia o mal dimensionamiento de tragaluces, lucernarios y lucetas. Aunque también hay pobreza en la planificación de la iluminación artificial, por

fortuna la corrección es sencilla.

- No existen medios, ni artificiales (ventilación mecánica) ni naturales (ventilación cruzada), que provean aire nuevo a los ocupantes de los salones. En consecuencia las renovaciones de aire no llegan siquiera al 10% de las establecidas por norma.
- Como se presenta sobrepoblación y pobre renovación de aire, el lugar se constituye en un espacio insalubre por agotamiento del oxígeno y concentración de olores y patógenos.
- Las condiciones arquitectónicas y de acabados se aprecian aceptables, especialmente en Incolballet y Celmira Bueno de Orejuela, siendo esta una de las pocas características favorables encontradas.
- Los índices de confort cuantificados, ratificados por la percepción general de calor excesivo, son desfavorables, indicando que las aulas de las escuelas públicas estudiadas son poco aptas para el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- No obstante las deficiencias encontradas, son visibles las posibilidades de obtener confort y salubridad. Las estrategias de utilizar ventilación y/o enfriamiento evaporativo, y control radiante, son factibles técnica y económicamente.
- Como la gran mayoría de los problemas encontrados tiene fundamento en las deficiencias de diseño y no en las limitaciones presupuestales se vislumbra posible alcanzar unos ambientes escolares satisfactorios, integrando un diseño inteligente de arquitectura bioclimática, con una administración de recursos responsable y limpia.

Bibliografía

- [1] ANSI/ASHRAE STANDARD 62-2001, Ventilation for acceptable indoor air quality, Atlanta: ASHRAE, 2001.
- [2] ASHRAE, «2005 ashrae Handbook- Fundamentals- Cap F08- Thermal Comfort,» Atlanta, ASHRAE, 2005.
- [3] C. Castang, «Diseño Herramienta Computacional Calculo Confort en Edificaciones,» Tesis Maestría Ingeniería Mecánica Universidad del Valle, Cali, 2013.
- [4] M. Santamouris y D. Asimakopoulous, Passive Cooling of Buildings, London: James & James (Science Publishers) Ltd, 2001.

- [5] Amanda Castañeda, Estrategia Escuelas Saludables, de la Secretaría de Salud Pública de Cali., *Comunicación personal*, Cali, 2013.
- [6] ICONTEC, Norma Técnica Colombiana (NTC) 4595 para el Planeamiento y Diseño de Instalaciones y Ambientes Escolares., Bogotá: ICONTEC, 1999.
- [7] A. A. Haleem Khan y S. Mohan Karuppayil, «Practices contributing to biotic pollution in Air-conditioned,» *Aerobiología*, vol. 27, nº 1, pp. 85-89, 2011.
- [8] S. M. Goyal, S. Anantharaman, M. Ramakrishnan, S. Sajja, S. Won Kim, N. J. Stanley, J. E. Farnsworth, T. H. Kuehn y P. C. Raynor, «Detection of viruses in used ventilation filters from two large public buildings,» *American Journal of Infection Control*, vol. Volume 39, nº 7, pp. e30-e38, 2011.
- [9] D. Teli, M. F. Jentsch y P. A. James, «Naturally Ventilated Classrooms: An assesment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children,» *Energy and Buildings*, nº 53, pp. 166-182, 2012.
- [10] J. L. C. Sarria, «Aumento de calor sofoca a los caleños,» *ADN*, p. 5, 26 Septiembre 2013.
- [11] «<http://www.elpais.com.co/elpais/cali/noticias/93-escuelas-cali-estan-en-zonas-riesgo-secretario-educacion>,» Diario El Pais, 31 Enero 2012. [En línea]. [Último acceso: 2013].
- [12] Alcaldia Santiago de Cali, «<http://idesc.cali.gov.co/aplicacion.php>,» [En línea].
- [13] P. Dolan y B. y. W. C. Sturm, «Prairie Crossing Charter School: Comfort as a Principal Component of High Performance School,» *Journal of Green Building*, vol. 1, nº 3, pp. 17-25, 2006.
- [14] G. Hernández y A. Gomez Amador, «La Temperatura ambiental y su vinculación con el aprovechamiento escolar,» *Palapa*, vol. 2, nº 2, pp. 21-30, 2002.
- [15] Comisión Vallecaucana por la Educación, «Balance General de la Educación- Administración 2008- 2011,» Cali, 2012.
- [16] Secretaría de Educación Municipal de Santiago de Cali, «Directorio Sedes Educativas,» Cali, 2014.
- [17] Secretaría de Educación Municipal de Santiago de Cali, «Sistema Interactivo de Consulta de Infraestructura Educativa (SICIED). Principales resultados Santiago de Cali.,» Cali, 2009.

- [18] Organización Panamericana de la Salud, «Organizacion Panamericana de la Salud,» [En línea]. Available:
http://www.paho.org/col/index.php?option=com_content&view=article&id=414:experiencias-exitosas-de-escuelas-saludables-en-colombia&catid=681&Itemid=361. [Último acceso: 8 Mayo 2014].
- [19] E. L. Kruger y P. H. Zannin , «Acoustic, thermal and luminous comfort in classrooms.,» *Building and Environment* , nº 39, pp. 1055-1063, 2004.
- [20] D. C. KOWALTOWSKI, L. C. LABAKI, R. C. RUSCHEL, S. R. BERTOLI y PINA, «Melhorias do Conforto Ambiental em Edificações Escolares Municipais de Campinas.,» S.P, Campinas, 2001.
- [21] UNEP-SBCI, «Buildigns and chimate change,» 2009. [En línea]. Available:
<http://www.unep.org/sbci/pdfs/sbci-bccsummary.pdf>. [Último acceso: 1 Marzo 2014].
- [22] V. Olgyay, *Clima y Arquitectura*, Cali: Universidad del Valle, 1968.
- [23] L. Rother, *Tratado de Diseño Arquitectónico. Tomo 1: Asoleamiento*, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1970.
- [24] H. Borrero, *Arquitectura y Clima*, Cali: Universidad del Valle, 1989.
- [25] S. Moreno, *Arquitectura, Hombre y Clima*, Bogotá: SENA, 1991.
- [26] R. R. J. y. G. J. Villazón, *Eficiencia Lumínica en Arquitectura.*, Bogotá: Universidad de los Andes., 2004.
- [27] J. Gamboa, O. López, C. Herrera , M. Rosillo y V. Iglesias, *Confort ambiental en viviendas de interes social*, Cali: Universidad del Valle, 2011.
- [28] V. Castro, F. Gallego, S. Velásquez, A. García y J. Waldron, *Evaluación cualitativa de la ventilación natural en función de la agrupación y las posturas de niños de cinco años y la ventana de ingreso de aire en un aula de un jardín infantil de Medellín*, Brasilia, 2013.
- [29] M. E. SOSA, *Ventilación Natural Efectiva y Cuantificable. Confort Térmico en Climas Cálido-Húmedos.*, Caracas: Universidad Central de Venezuela, 1999.
- [30] O. Koenisberger, . T. G. Ingersoll, A. Maynew y S. V. Szokolay, *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales.*, Madrid: Paraninfo, 1977.

- [31] P. Fanger y J. Toftum, «Extensión of the PMV model to non-air-acontiotioned buildings in warm climates,» 2002.
- [32] J. L. H. M. G. L. A. C. B. Sander ter Mors, «Adaptive thermal comfort in primary school classrooms: Creating and validating PMV-based comfort charts,» *Building and Environment*, vol. 46, nº 12, pp. 2454- 2461, 2012.
- [33] A. M. De la Peña y G. Díaz , *Arquitectura y Medio Ambiente*, La Habana: Efe Consultores, 2010.
- [34] ASHRAE- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioned Engineers, Standard 55- Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, 2003.
- [35] Y. Cengel, *Heat and Mass Transfers*, New York: Mc Graw Hill, 2007.
- [36] S. Szokolay, *Introduction to architectural science. The basis of sustainable design.*, 2004.
- [37] B. Givoni, *Climate Considerations in building and urban design*, Canadá: John Wiley & Sons, Inc., 1998.
- [38] R. H. E. & S. S. Aynsley, «Relief from Heat Stress in School Classrooms,» James Cook University, NQ, 1996.
- [39] P. Fernández Etchemendi, «Termorregulación y niñez: la lamentable realidad del fútbol infantil,» *Revista Educación física y deporte*, vol. 26, nº 2, pp. 11-16, 2007.
- [40] K. Prescott, «Thermal comfort in school buildigns in the tropics,» 2001.
- [41] H. T.-P. L. y N.-J. K. Ruey-Lung, « Field experiments on thermal confortcomfort in campus classrooms in Taiwan,» *Energy and Buildings*, nº 38, pp. 53-62, 2006.
- [42] J. Appah-Dankyi y C. Koranteng , «An assessment of thermal comfort in a warm and humid school building at Accra, Ghana.,» *Advances in Applied Science Research*,, vol. 3, nº 1, pp. 535-547, 2012.
- [43] G. Toledo, *Conforto termico nas escolas em Cuibá- MT: Estudio de Caso*, Cuibá, 2004.
- [44] E. Del Valle Escalona, *Alteraciones de la voz y condiciones de trabajo en maestros de enseñanza primaria, Aragua (Venezuela).*, La Habana, 2007.
- [45] ASHRAE, «Advanced energy design guide for k-12 school buidlings,» 2011.



- [46] Secretaría de Salud Pública de Cali, «Estrategia Escuelas Saludables - II Edición,» Secretaría de Salud Pública de Cali, Cali, 2007.
- [47] Organización Mundial de la Salud, «Organización Mundial de la Salud,» [En línea]. Available: http://www.who.int/features/factfiles/mental_health/es/. [Último acceso: 9 Mayo 2014].
- [48] ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR15215-4. Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição., Ríó de Janeiro: ABNT, 2004.
- [49] A. García, «Evaluación Bioclimática en Espacios Educativos para Niños de Preescolar a partir de su respuesta ambiente, en climas Templados Andinos en Colombia.,» 2011.
- [50] DANE (Departamento Nacional de Estadística), «Censo General 2005,» 2005. [En línea]. Available: https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/76001T7T000.PDF. [Último acceso: 18 junio 2014].
- [51] IDEAM (Instituto de Estudios Medio Ambientales), «IDEAM,» [En línea]. Available: http://institucional.ideam.gov.co/jsp/clima_49. [Último acceso: 15 01 2012].
- [52] Grupo EMAT, «Buenas Prácticas Arquitectónicas para el Clima Tropical Cálido Humedo,» Universidad Nacional de Colombia- Sede Medellín, Medellín, 2001.

3. Productos:

Tabla No. 1. **Cantidad y tipo de productos pactados en el *Acta de Trabajo y Compromiso* y productos finalmente presentados**

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS	No. de PRODUCTOS PRESENTADOS
Productos de nuevos conocimientos		
Artículo completo publicado en revistas A1 o A2		
Artículo completo publicados en revistas B		



TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
Artículo completo publicados en revistas C				
Libros de autor que publiquen resultados de investigación	1		1	
Capítulos en libros que publican resultados de investigación				
Productos o procesos tecnológicos patentados o registrados				
☐ Prototipos y patentes				
☐ Software				
Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidos por secreto industrial				
Normas basadas en resultados de investigación				
Formación de recursos humanos	No. de estudiantes vinculados	No. de tesis	No. De estudiantes Vinculados	No. De tesis
Estudiantes de pregrado	2	1	2	1
Semillero de Investigación	1		1	
Estudiantes de maestría	1		1	
Estudiantes de doctorado				
Productos de divulgación				
Publicaciones en revistas no indexadas				
Ponencias presentadas en eventos (congresos, seminarios, coloquios, foros)	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales
Propuesta de investigación	1			1
Propuestas presentadas en convocatorias externas para búsqueda de financiación.	1			

Tabla No. 2. Detalle de productos.

Para cada uno de los productos obtenidos y relacionados en la tabla anterior, indique la información solicitada para cada uno, anexando copia de las respectivas constancias. Como anexo a esta guía encontrará el instructivo para instructivo para la revisión de informes finales y productos

Tipo de producto:	Libro de investigación
Nombre General:	Confort Ambiental en Escuelas Públicas de Cali
Nombre Particular:	
Ciudad y fechas:	Cali (En proceso de publicación en el Programa Editorial de la Universidad del Valle, entregado el 6 de octubre de 2014).
Participantes:	Verónica Iglesias García, Carlos Herrera, Miguel Rosillo.
Sitio de información:	Biblioteca Central.
Formas organizativas:	Grupo Cátedra Cu:Na (Cultura: Naturaleza)- Escuela de Arquitectura Grupo Energía – Escuela de Ingeniería Mecánica.

Tipo de producto:	Proyecto de grado
Nombre General:	Colegio el Alizal, corregimiento de El Hormiguero
Nombre Particular:	
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali, Febrero-Diciembre de 2013
Participantes:	Brian Carmona y Breayan Corcino
Sitio de información:	Biblioteca Central.
Formas organizativas:	Grupo Cátedra Cu:Na (Cultura: Naturaleza)- Escuela de Arquitectura Grupo Energía – Escuela de Ingeniería Mecánica.



Tipo de producto:	Ponencia (enviada pendiente de aceptación)
Nombre General:	Environmental comfort in public schools in Cali, Colombia.
Nombre Particular:	
Ciudad y fechas:	Evento a desarrollarse en Italia (14-16 oct-2015).
Participantes:	Verónica Iglesias García, Carlos Herrera, Miguel Rosillo.
Sitio de información:	www.ierek.com International conference on urban planing and architectural design for sustainable development
Formas organizativas:	Grupo Cátedra Cu:Na (Cultura: Naturaleza)- Escuela de Arquitectura Grupo profesores Escuela de Ingeniería Mecánica.

4. Impactos actual o potencial:

Desde lo académico se contribuye a la consolidación de los grupos de investigación de la Universidad del Valle que participaron en el proyecto, relacionados estos, con las áreas de sostenibilidad y confort ambiental en edificios. Estas investigaciones se han venido realizando por los autores de manera interdisciplinaria (Arquitectura- Ingeniería Mecánica) desde el 2011, inicialmente centrados en la vivienda de interés social, y más recientemente en hospitales y escuelas.

Los nuevos conocimientos adquiridos y metodologías empleadas en el estudio del confort ambiental en escuelas, posibilitan su difusión hacia los programas de posgrado (Maestría en Arquitectura y urbanismo y Maestría en Ingeniería) y pregrado (Arquitectura e Ingeniería mecánica). En ese sentido, la participación activa de estudiantes de pregrado de arquitectura durante el trabajo de campo (medición y encuestas) permitió la difusión de la metodología para la recopilación de insumos con la finalidad de determinar los niveles de confortabilidad, compuesta por aspectos de orden cuantitativo y cualitativo.

En el contexto nacional, si bien la institución escolar ha sido estudiada desde el ámbito pedagógico, no se conocen investigaciones centradas en el confort ambiental de los usuarios. Es por ello, que el presente trabajo piloto, propicia la creación de una línea de investigación pionera en el país, centrada en la indagación de las condiciones ambientales de las instalaciones en que permanecen estudiantes y docentes. Los resultados allí obtenidos permiten conocer los aspectos físico-ambientales que potencialmente alteran el normal



desarrollo de los procesos enseñanza-aprendizaje. Es de esperarse, dada la relación estrecha entre efectividad del aprendizaje y características del ámbito de estudio determinada por investigaciones internacionales, que la corrección de estas deficiencias ejercería una contribución sustancial al mejoramiento de la calidad en la educación pública.

Adicionalmente, uno de los impactos centrales del proyecto, con base en los resultados obtenidos, es la potencial formulación de unas directrices o recomendaciones generales para el mejoramiento de las plantas físicas escolares de las instituciones públicas, que puedan ser aplicadas por los entes encargados del diseño y construcción de las escuelas.

La presente versión del informe contiene las observaciones de los evaluadores:

Firma del investigador principal

VoBo. Vicedecano de Investigaciones