

## Estrategias de diseño para el control solar en edificios escolares en un clima cálido húmedo - caso estudio nivel de bachillerato de la ciudad de Macas – Ecuador

*Design strategies for solar control in school buildings in a humid climate - case study high school level in the city of Macas - Ecuador*

- <sup>1</sup> Fabián Patricio Lalvay Mejía  <https://orcid.org/0000-0002-9533-2336>  
Maestría en Construcciones con Mención en Administración de la Construcción Sustentable, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador  
[fabian.lalvay.26@est.ucacue.edu.ec](mailto:fabian.lalvay.26@est.ucacue.edu.ec)
- <sup>2</sup> Carlos Eduardo Romo Zamudio  <https://orcid.org/0000-0003-2417-3988>  
Maestría en Construcciones con Mención en Administración de la Construcción Sustentable, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador  
[carlos.romo@ucacue.edu.ec](mailto:carlos.romo@ucacue.edu.ec)



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 13/05/2023

Revisado: 18/06/2023

Aceptado: 04/07/2023

Publicado: 01/08/2023

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v7i3.2632>

Cítese:

Lalvay Mejía, F. P., & Romo Zamudio, C. E. (2023). Estrategias de diseño para el control solar en edificios escolares en un clima cálido húmedo - caso estudio nivel de bachillerato de la ciudad de Macas – Ecuador. *Ciencia Digital*, 7(3), 171-198.  
<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v7i3.2632>



*CIENCIA DIGITAL*, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>  
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

**Palabras claves:**

Confort térmico, asoleamiento, condiciones climáticas.

**Keywords:**

Thermal comfort, sunshine, climatic conditions

**Resumen**

**Introducción.** En varios casos, en el Ecuador, la arquitectura educativa, se basa en lineamientos establecidos hace ya varios años, los mismos que no van de acuerdo con las tendencias actuales o no toman en cuenta factores determinantes para lograr el confort térmico del usuario, se ha desestimado temas como el clima, cultura y la pedagogía apropiada por edades. El mismo concepto se repite en instituciones públicas y privadas alrededor del país, optimizando el tiempo de construcción y disminuyendo costos, provocando que las deficiencias de diseño sostenible como orientación, usos de aislamientos térmicos o dispositivos de asoleamiento, son un factor común. **Objetivo.** Proponer estrategias de arquitectura pasiva en respuesta a un factor de soleamiento y sensación térmica desfavorables, estrategias que se puedan aplicar en el diseño de nuevos proyectos educativos o en renovar los ya existentes. **Metodología.** Se ha realizó encuestas bajo el método de Fanger para determinar las condiciones térmicas y de soleamiento en las que se desarrolla la actividad educativa del nivel de bachillerato en ciertas instituciones educativas en la ciudad de Macas. **Resultados.** Las condiciones físicas y arquitectónicas de algunos establecimientos no contribuyen a lograr un ambiente que cuente con un factor muy importante como es el confort térmico, un término que relaciona las propiedades de variables como calidad del aire, condiciones de humedad, asoleamiento, entre otros. Se establecen también las condiciones climáticas particulares de la ciudad del caso de estudio como temperatura, incidencia del viento y del sol, regularidad, índices e incidencia de las lluvias, entre otros factores. **Conclusión.** Es necesario determinar estrategias pasivas para el control solar en los establecimientos educativos de bachillerato de la Ciudad de Macas, las mismas que se pueden aplicar en otras zonas de la misma región geográfica del país que cuenten con las mismas condiciones climáticas. **Área de estudio general:** Arquitectura. **Área de estudio específica:** Construcción sustentable.

**Abstract**

**Introduction.** In several cases, in Ecuador, educational architecture is based on guidelines established several years ago, the same ones that are not in accordance with current trends or do not consider determining factors to achieve the thermal comfort of the user, it has been dismissed issues such as climate, culture and age-appropriate

---

pedagogy. The same concept is repeated in public and private institutions around the country, optimizing construction time and reducing costs, causing sustainable design deficiencies such as orientation, use of thermal insulation or sunbathing devices, are a common factor. **Objective.** Propose passive architecture strategies in response to an unfavorable factor of sunlight and thermal sensation, strategies that can be applied in the design of new educational projects or in renovating existing ones. **Methodology.** Surveys have been carried out under the Fanger method to determine the thermal and sunny conditions in which the educational activity of the baccalaureate level is carried out in certain educational institutions in the city of Macas. **Results.** The physical and architectural conditions of some establishments do not contribute to achieving an environment that has a very important factor such as thermal comfort, a term that relates the properties of variables such as air quality, humidity conditions, sunshine, among others. The climatic conditions of the city of the case study are also established, such as temperature, incidence of wind and sun, regularity, indices, and incidence of rain, among other factors. **Conclusion.** It is necessary to determine passive strategies for solar control in high school educational establishments in the City of Macas, the same ones that can be applied in other areas of the same geographical region of the country that have the same climatic conditions.

---

## Introducción

En la actualidad la tendencia educativa a nivel mundial apunta a la aplicación de nuevas metodologías que enfocan el proceso educativo al aumento de la participación del estudiante, por medio de grupos de individuos que buscan mejorar el aprendizaje a través del trabajo conjunto para resolver problemas, realizar tareas o aprender nuevos conceptos, para lo cual se debe contar con ambientes adecuados para tal fin.

La educación es una acción solidaria de toda la comunidad por lo que, la escuela además de una dimensión pedagógica tiene también una dimensión política y social. Por eso la calidad de los espacios de los servicios destinados a la educación es un elemento estratégico en el futuro de la comunidad.

En este contexto, el diseño arquitectónico debe contribuir con la consecución de espacios de estudio que ofrezcan el ambiente adecuado para que se pueda desarrollar este aprendizaje.

Al respecto, se indica que, hay que concebir el aula como un espacio comunicativo en el que sus participantes, profesor y estudiantes, puedan comunicarse, interaccionar y modificarse unos a otros para alcanzar sus objetivos (García et al., 2001).

Hay que indicar también que, para lograr esa interacción entre los usuarios de un aula, se necesita que dicho ambiente cuente con un factor muy importante que es el confort térmico. “Las edificaciones deben proporcionar a sus ocupantes este ambiente confortable y saludable para la realización de las actividades cotidianas” (San Juan et al., 2014). Según la Norma ASHRAE 55-2013, se define al confort térmico como “la condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico” (ASHRAE, 2021).

Estudios realizados que relacionan el rendimiento escolar con el confort térmico, demuestran que, en escuelas acondicionadas térmicamente, los estudiantes obtienen mejores respuestas académicas que aquellos en escuelas sin calefacción o refrigeración (Ré, 2016).

En el Ecuador desde hace varios años, la arquitectura escolar se basa en modelos tradicionales. El mismo concepto se repite en instituciones públicas y privadas del país, por lo que las deficiencias en diseño sostenible como orientación, usos de aislamientos térmicos o dispositivos de asoleamiento, son un factor común. En la última década, el Ministerio de Educación generó la Normativa para la construcción de Escuelas del Milenio, la misma que no toma en cuenta el confort térmico de sus ocupantes, ni la situación geográfica o la variación climática del lugar de emplazamiento, limitándose a replicar estos modelos en todo el país (Ledesma et al., 2004).

Para complementar esta situación, en el país no se cuenta con estudios específicos sobre confort térmico que se puedan aplicar a la gran variedad de pisos climáticos y zonas geográficas con los que contamos. Por lo que se ha adoptado la Norma internacional ISO 7730 para su uso en el Ecuador con la norma NTE INEN – ISO 7730, la misma que presenta métodos para la predicción de la sensación térmica general y del grado de incomodidad (insatisfacción térmica) de las personas expuestas a ambientes térmicos.

En la zona intertropical, en donde se encuentra el Ecuador, confluyen variables como la presencia de la Cordillera de los Andes, la selva amazónica y la influencia del océano Pacífico, por lo que en el país se puede encontrar varios pisos climáticos que van desde el cálido hasta el glacial, en este contexto, la Ciudad de Macas, una de las más importantes de la Región oriental del Ecuador, que se encuentra en un piso climático cálido húmedo; en donde se realizó la presente investigación, la misma que tendrá una importancia

significativa debido a que sus resultados servirán para aplicarse o adaptarse a nuevos proyectos de instituciones educativas o mejorar y repotenciar las ya existentes.

Comunicar los resultados detallados, tiene el objetivo de brindar herramientas metodológicas para la toma de decisiones durante el proceso de diseño en aspectos que luego incidirán en el confort térmico y el desempeño energético del edificio (Ledesma et al., 2021).

La inexistencia de datos climatológicos en el país y la falta de estaciones meteorológicas hace difícil la medición de recursos climáticos con precisión (Odio et al., 2017). Con lo descrito anteriormente, este estudio pretende identificar las condiciones climáticas de la ciudad y sector de emplazamiento del estudio, para lo cual se ha recolectado información de variables, como temperatura, incidencia del viento y del sol, regularidad, índices e incidencia de las lluvias, entre otros factores para poder determinar la situación actual del factor de asoleamiento y sensación térmica que se producen en las aulas de bachillerato de esta ciudad, para de esta manera determinar estrategias y modelos de respuesta para el mejoramiento de las condiciones de los establecimientos existentes y de nuevos proyectos de infraestructura escolar.

El conocimiento de las condiciones climáticas reales sirve para obtener los valores de las variables independientes del entorno, las mismas que fueron recopiladas dentro de los establecimientos educativos del nivel de bachillerato existentes en la ciudad, a través de encuestas y toma de datos en el sitio. Con la tabulación de estos datos, este estudio busca establecer y evaluar las condiciones de confort térmico de las aulas y establecer el mejoramiento del control solar mediante estrategias de diseño pasivo.

El control solar constituye una estrategia muy importante en el diseño, que da respuesta a una necesidad ancestral de lograr protección ante la rigurosidad de la radiación solar (De la Paz, 2012). El objetivo de lograr condiciones de confort térmico adecuadas para la actividad educativa dentro del aula, no solamente se logra con un buen manejo del asoleamiento, sino que se debe considerar además factores que reduzcan la utilización de equipos climatizadores, como fundamento para la sustentabilidad de la edificación.

Es importante indicar que el proceso para lograr un confort térmico adecuado en un aula o en una construcción en general, empieza en la conceptualización y el diseño, en donde se requiere aplicar estrategias de control solar y ventilación natural que colaboren para alcanzar el confort térmico deseado, sin embargo, cuando esto no se considera, en el diseño arquitectónico ni en la construcción, es casi imposible alcanzar el confort térmico de forma pasiva (Giraldo-Castañeda et al., 2021), esto se evidencia que la metodología utilizada para el diseño arquitectónico de estructuras educativas, que en la mayoría de los casos, no toma en cuenta las variables climáticas y geográficas, pues el confort térmico no es la prioridad.

En el estudio de caso de un edificio escolar en San Juan Argentina, recomienda recopilar datos de las estaciones climáticas y de asoleamiento de un año escolar completo, para poder desarrollar un modelo de respuesta tomando en cuenta la época del año de mayor incidencia solar (Ré et al., 2021). Una alta cantidad de radiación solar, frente a áreas vidriadas extensas, ocasionaría un calentamiento excesivo en el interior de las aulas (Chang et al., 2008).

La norma colombiana para edificaciones escolares hace recomendaciones para clima cálido húmedo, en donde se promueve el uso de ventilación natural y la protección de la radiación solar para mantener un adecuado confort térmico del estudiante.

En estudios realizados sobre el tema, se toma en cuenta el aspecto integrador con el entorno y paisaje, analizando factores como la función de la fachada, factores tecnológicos y de posibilidades de construcción (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España, 1983).

En Chile se han realizado estudios que proyectan el confort térmico de edificios educativos considerando los cambios climáticos que se puedan presentar para las décadas de 2020, 2050 y 2080, para ubicarlos en el contexto de la sustentabilidad (Muñoz, 2018).

El confort térmico es difícil de medir, depende de varios factores climáticos y metabólicos, y cada individuo lo percibe de manera diferente según su fisiología y estado (Martínez et al., 2016), por lo que se realizaron encuestas para determinar de una forma cualitativa la percepción de los estudiantes, frente al confort térmico de las aulas que ocupan, pues este aspecto influye en el rendimiento y grado de atención del alumnado.

La obtención de datos reales en los lugares de estudio, pueden ayudar a los profesionales del diseño y la construcción a establecer estrategias adecuadas frente a las condiciones ambientales en nuevas edificaciones o para mejorar las existentes (De la Cruz et al., 2022).

Tomando en cuenta lo expuesto y respaldado por los artículos y autores citados, se puede observar que existe un gran avance en el estudio y aplicación del confort térmico y eficiencia energética en el área educativa a nivel internacional, pero a nivel local existe una falta evidente de investigación sobre el tema, la presente investigación pretende ser un aporte para llenar los vacíos existentes en el país, particularmente en la zona amazónica.

### Metodología

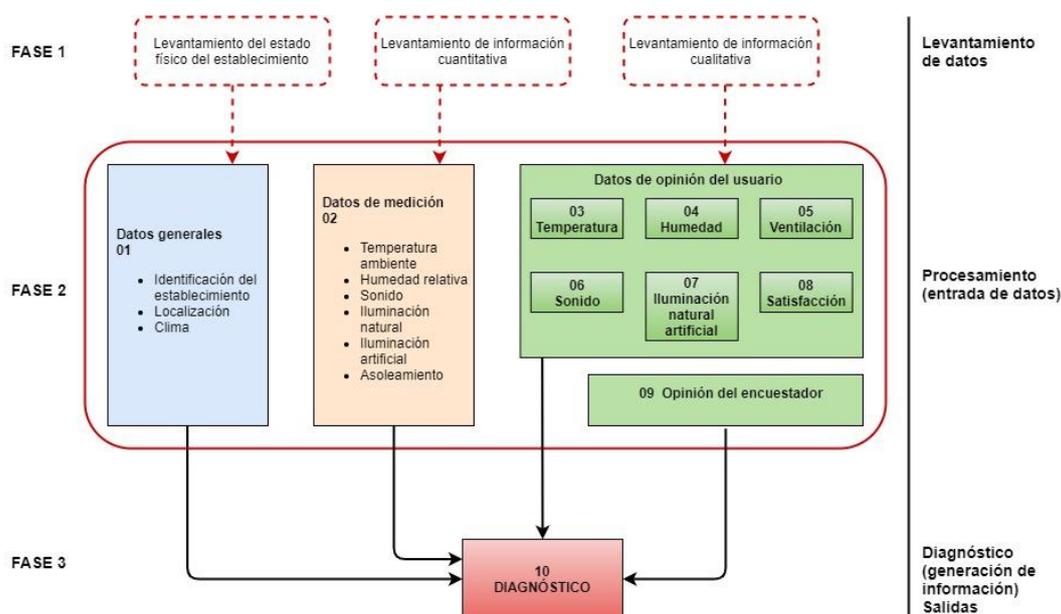
La presente investigación, obedece a una metodología según su enfoque, de tipo cuantitativa, puesto que se basará en datos aportados por los sujetos de estudio. Según su temporalidad, será longitudinal, pues se analizarán datos climáticos históricos de

estaciones meteorológicas para su uso en programas de análisis de clima. Según su alcance, es una investigación de carácter descriptivo – explicativo, ya que, en base a la descripción de los fenómenos climáticos producidos en el lugar de estudio, se puede determinar el nivel de confort térmico del ocupante de un espacio físico.

La metodología utilizada, se puede representar en tres fases: 1 levantamiento de datos, 2 procesamiento y 3 diagnóstico, como se indica en la figura 1.

**Figura 1**

*Esquema metodológico del presente estudio*



En la presente investigación, se consideró como población a los estudiantes del nivel de bachillerato de la ciudad de Macas, capital de la provincia de Morona Santiago, la misma está conformada por una sola parroquia urbana, se localiza al centro-sur de la Región Amazónica del Ecuador, en las coordenadas geográficas de latitud -2.3086 y longitud -78.111, a una altitud de 1030 msnm, con un clima cálido húmedo, con una temperatura promedio anual que oscila entre 22° y 23° C y una humedad relativa promedio anual del 81,5% (Fuente de información: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, estación meteorológica 842170 Macas aeropuerto).

En la ciudad existen un total de ocho instituciones educativas que cuentan con el nivel de bachillerato, con un total de 2683 alumnos según datos proporcionados por el Ministerio de Educación, como se muestra en la tabla 1, de esta población se estableció un muestreo aleatorio con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, dando como resultado un mínimo de 337 alumnos encuestados, para la realización de las encuestas, se contó con el respectivo permiso de la Coordinación Zonal 6 del Ministerio de Educación.

**Tabla 1***Establecimientos educativos con nivel de bachillerato existentes en la ciudad de Macas*

NÚMERO	INSTITUCION	CODIGO AMIE	SOSTENIMIENTO	MODALIDAD	DIRECCIÓN	#ESTUDIANTES BACHILLERATO	%
1	UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL MARÍA AUXILIADORA	14H0002	FISCOMISIONAL	PRESENCIAL	BOLIVAR Y 9 DE OCTUBRE	280	10,44%
2	UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL PURÍSIMA DE MACAS	14H00015	FISCOMISIONAL	PRESENCIAL	A.V. LUIS FELIPE JARAMILLO Y MODESTA RIVADENEIRA	18	0,67%
3	UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR EMANUEL UEPE	14H00017	PARTICULAR	PRESENCIAL	JUAN DE LA CRUZ Y AMAZONAS	40	1,49%
4	UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL DON BOSCO	14H00023	FISCOMISIONAL	PRESENCIAL	10 DE AGOSTO Y DON BOSCO	650	24,23%
5	COLEGIO DE BACHILLERATO MACAS	14H00028	FISCAL	PRESENCIAL	HERNANDO DE BENAVENTE	1100	41,00%
6	COLEGIO DE BACHILLERATO 27 DE FEBRERO	14H00030	FISCAL	PRESENCIAL	12 DE FEBRERO Y AGUSTÍN MEDINA	220	8,20%
7	UNIDAD EDUCATIVA PCEI FISCOMISIONAL CAMILO GALLEGOS	14H00036	FISCOMISIONAL	SEMIPRESENCIAL	10 DE AGOSTO Y DON BOSCO	100	3,73%
8	UNIDAD EDUCATIVA SULTANA DEL ORIENTE	14H00498	PARTICULAR	VIRTUAL	CAPTAN FRANCISCO FLOR	275	10,25%
<b>TOTAL DE ESTUDIANTES</b>						<b>2683</b>	<b>100,00%</b>

**Nota:** Coordinación Zonal 6 del Ministerio de Educación

Se tomó la decisión de adoptar como población al alumnado de bachillerato de la ciudad, debido a que los niveles de educación básica y básica superior, se encuentran demasiado dispersos en la parroquia (división político-territorial de menor rango en Ecuador), existiendo instituciones que tiene una cantidad muy baja de alumnado, en contraposición, las instituciones de bachillerato tanto estatales como privadas, concentran en menos establecimientos a la totalidad de la población estudiantil de bachillerato, en la figura 2 se muestra la ubicación de la ciudad de Macas con respecto al Ecuador y la ubicación de las instituciones educativas de bachillerato en la ciudad.

**Figura 2**

*Ubicación de los establecimientos educativos de bachillerato en la ciudad de Macas*



### *Toma y análisis de datos*

En esta etapa se realizó el levantamiento de datos en el sitio, tomando como referencia la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 7730 que trata sobre la interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD, se aplicaron encuestas basadas en el método de Fanger, el mismo que toma en cuenta las diferentes variables que influyen en la valoración del ambiente térmico, se considera el nivel de actividad, las características de la ropa, la temperatura seca, la humedad relativa, la temperatura radiante media y la velocidad del aire (De Arnáiz, 2011). Todas estas variables influyen en los cambios térmicos hombre-entorno, afectando a la sensación de confort.

A través de las encuestas, se obtuvieron datos desde dos metodologías:

1. Estimación objetiva del Voto Medio Estimado (PMV) y a partir de este el Porcentaje de personas insatisfechas (PPD). Un Voto medio estimado comprendido entre -05 y 0.5 indica una sensación térmica de confort, valor que corresponde a un 90% de personas satisfechas con la sensación térmica, según el método de Fanger, el 10% de insatisfechos es el porcentaje máximo aceptable para poder considerar un ambiente interior térmicamente aceptable (Castejón, 1983).
2. Estimación subjetiva basada en votos de sensación térmica (TSV) y votos de preferencia térmica (PTV).

Se recomienda en varios estudios realizar la comparación de los resultados de las predicciones (PMV/PPD) con los de las apreciaciones en sitio (TSV/TPV).

Se realizaron encuestas válidas a 370 alumnos de bachillerato de la ciudad de Macas, tomando muestras proporcionales al porcentaje de su población con respecto al total de la ciudad.

La población de estudiantes está distribuida en 8 instituciones, 2 fiscales, 4 fiscomisionales y 2 particulares, en todas ellas se puede notar un modelo de infraestructura similar, en la que las aulas son de forma rectangular, con una capacidad promedio de 35 estudiantes, en la tabla 2 se muestra las cantidades de alumnos encuestados en cada institución.

**Tabla 2**

Cantidades de alumnos encuestados en cada Institución educativa

	INSTITUCIÓN	CANTIDAD
1	UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL MARIA AUXILIADORA	47
2	UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL PURÍSIMA DE MACAS	11
3	UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR EMANUEL UEPE	0
4	UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL DON BOSCO	93
5	COLEGIO DE BACHILLERATO MACAS	169
6	COLEGIO DE BACHILLERATO 27 DE FEBRERO	50
7	UNIDAD EDUCATIVA PCEI FISCOMISIONAL CAMILO GALLEGOS	0
8	UNIDAD EDUCATIVA SULTANA DEL ORIENTE	0
	<b>TOTAL DE ENCUESTADOS =</b>	<b>370</b>

Los grupos de alumnos encuestados debieron permanecer previamente en el lugar por un lapso de por lo menos 60 minutos, con las puertas cerradas y ventanas abiertas para la ventilación.

Juntamente con las encuestas, se realizó el levantamiento de datos de parámetros ambientales internos y externos, se realizaron mediciones de: temperatura del aire, velocidad del aire, temperatura de las superficies del entorno (se utilizó el anemómetro HoldPeak HP-866A, Luxómetro HoldPeak AP-866A, medidor de energía solar SM206, termómetro infrarrojo JZK-601 para temperatura de objetos, para el cálculo de la temperatura radiante media, humedad relativa y radiación solar).

Los cinco establecimientos encuestados, se encuentran distribuidos en la zona urbana de la ciudad, a continuación, se indica las características de los 5 establecimientos encuestados.

Unidad Educativa Fiscomisional María Auxiliadora, conformada por 4 bloques principales de aulas, los mismos que se desarrollan en 3 pisos alrededor de 2 patios. Cuenta con ventanas hacia la fachada exterior con un índice de proporción ventana-muro (WWR) del 38% y hacia el interior con un índice de vano del 31%, una capacidad por aula de 36 personas y un área por alumno de 1.56 m<sup>2</sup>/Al.

Unidad Educativa Fiscomisional Purísima de Macas, conformada por 1 bloque principal de aulas de 3 pisos y varios bloques para la educación general básica. Cuenta con ventanas en la fachada noreste, con un índice de proporción ventana-muro (WWR) del 25% y hacia el interior, fachada suroeste con un índice de proporción ventana-muro del 30%, una capacidad por aula de 30 personas y un área por alumno de 1.84 m<sup>2</sup>/Al.

Unidad Educativa Fiscomisional Don Bosco, conformada por 2 bloques principal de aulas de 2 pisos. Cuentan con ventanas en la fachada oeste con un índice de proporción ventana-muro (WWR) del 52% y en la fachada este con un índice de proporción ventana-muro del 43%, una capacidad por aula de 36 personas y un área por alumno de 1.84 m<sup>2</sup>/Al.

Colegio de Bachillerato Macas, conformado por 2 bloques principales de aulas de 2 pisos. Cuenta con ventanas hacia la fachada sur con un índice de proporción ventana-muro (WWR) del 45% y hacia el norte con un índice de proporción ventana-muro del 37%, una capacidad por aula de 31 personas y un área por alumno de 1.77 m<sup>2</sup>/Al.

Colegio de Bachillerato 27 de Febrero, conformado por 2 bloques principales de 2 pisos. Cuenta con ventanas hacia la fachada noroeste con un índice de proporción ventana-muro (WWR) del 45% y hacia el interior o sureste con un índice de proporción ventana-muro del 37%, una capacidad por aula de 31 personas y un área por alumno de 1.77 m<sup>2</sup>/Al. La figura 3 muestra la ubicación de las aulas encuestadas en los diferentes establecimientos.

Figura 3

*Ubicación de las aulas en los establecimientos educativos*



Unidad Educativa María Auxiliadora



Unidad Educativa Purísima de Macas



Unidad Educativa Don Bosco



Colegio de Bachillerato Macas



Colegio de Bachillerato 27 de Febrero

Nota: Google Earth Pro V7.3.6.

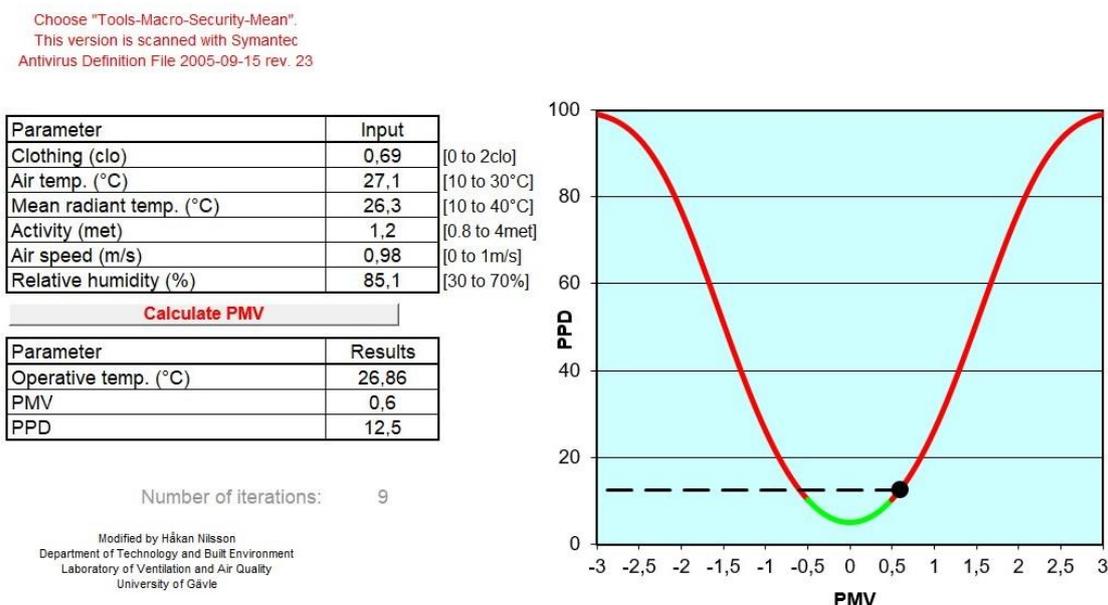
Se aplicó una encuesta según el método de Fanger, con un valor del CLO de un tipo de vestimenta normal (ropa interior, blusa o camisa o buso manga larga, pantalón o falda, calcetines, zapatos), además se obtuvo de valores medidos en el sitio como temperatura del aire, velocidad del viento, humedad relativa, el valor de la actividad metabólica se adoptó de 1.20 met, atribuido a una actividad sedentaria (oficina, domicilio, escuela, laboratorio) y el valor de la temperatura radiante media como el resultado de la media de las temperaturas presentes en el aula:

considerando un factor de forma  $\sum_{j=1}^n F_{i \rightarrow j} = 1$  cuando las superficies forman un recinto cerrado.

De esta manera obtenemos para cada aula valores específicos de temperatura operativa, Estimación del Voto Medio Estimado (PMV) y el Porcentaje de personas insatisfechas (PPD), valores que serán contrastados con la evaluación subjetiva en el sitio, en la figura 4 se muestra el cálculo del PMV y PPD de una de aulas encuestadas.

**Figura 4**

*Cálculo de los valores PMV y PPD para el aula de 3° D de la Unidad Educativa Don Bosco.*



**Nota:** Elaborado en el programa para cálculo del método de Fanger del Departamento de Tecnología de la universidad de Gävle

La tabla 3 muestra los resultados del cálculo del PMV y PPD para las instituciones educativas encuestadas en la ciudad de Macas, se puede apreciar que el PMV es de 0.74

(caluroso, con sensación térmica inadecuada) y el PPD es de 19.11%, valor que se presenta fuera del rango aceptable (10% de insatisfacción térmica) según el método de Fanger.

Se puede apreciar también los valores de los votos de sensación térmica (TVS) suministrados en el sitio por los estudiantes, los mismos que difieren de los valores calculados, se tiene entonces un valor de TVS de 1.06 y un porcentaje de insatisfechos del 37.60%

**Tabla 3**

*Cálculo de los valores PMV y PPD para el aula de 3° D de la Unidad Educativa Don Bosco.*

INSTITUCIÓN	AULA	CANT.	°C	HUMEDAD RELATIVA	PMV	PPD	TVS	%TOTAL INSATISFECHOS	% INSATISFECHOS FRIO	% INSATISFECHOS CALOR
UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL MARIA AUXILIADORA	1°"B"	30	28,87	84,6	1,5	50,9	1,07	43,3	3,3	40,0
	1°"C"	17	28,44	82,7	1,0	26,1	1,18	47	0	47,0
UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL PURÍSIMA DE MACAS	1°"B"	11	27,74	85	0,6	12,5	1,09	36,4	0	36,4
	2°"A"	21	27,41	78,0	0,5	10,2	1,19	38,1	4,8	33,3
UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL DON BOSCO	2°"C"	25	26,77	78,6	0,3	6,3	0,96	44,0	12,0	32,0
	3°"D"	22	26,86	85,1	0,6	12,5	1,00	27,3	9,1	18,2
	3°"E"	25	27,59	75,6	0,9	22,1	0,96	44,0	12,0	32,0
COLEGIO DE BACHILLERATO MACAS	1°"A" INF	24	29,08	86,7	1,5	50,9	1,42	66,7	8,4	58,3
	1°"B" INF	19	28,52	83,6	1	26,1	1,3	52,6	0	52,6
	1°"C" INF	21	26,73	87,5	0,6	12,5	1,52	42,9	0	42,9
	B" CIENCIA	22	28,31	82,5	0,9	22,1	1,05	36,4	0	36,4
	C" CIENCIA	20	26,94	77,5	0,7	15,3	0,8	15,00	0	15,0
	A" CIENCIA	23	27,17	82,1	0,8	18,5	0,9	39,1	4,3	34,8
	°"A" CONT	17	26,94	88,2	0,8	18,5	0,94	35,3	5,9	29,4
	°"B" CONT	23	26,94	82,4	0,7	15,3	0,74	34,8	8,7	26,1
COLEGIO DE BACHILLERATO 27 DE FEBRERO	1°"A"	19	25,88	79,8	0,5	10,2	0,84	26,3	0	26,3
	2°"A"	14	27,9	80,9	0,9	22,1	1,14	35,7	0	35,7
	2°"B"	7	25,59	85,3	0,2	5,8	0,86	14,3	0	14,3
	°HOTELERL	10	25,48	78,4	0,1	5,2	1,09	36,4	0	36,4
<b>TOTALES.</b>		<b>370</b>	<b>27,32</b>	<b>82,34</b>	<b>0,74</b>	<b>19,11</b>	<b>1,06</b>	<b>37,66</b>	<b>3,61</b>	<b>34,06</b>

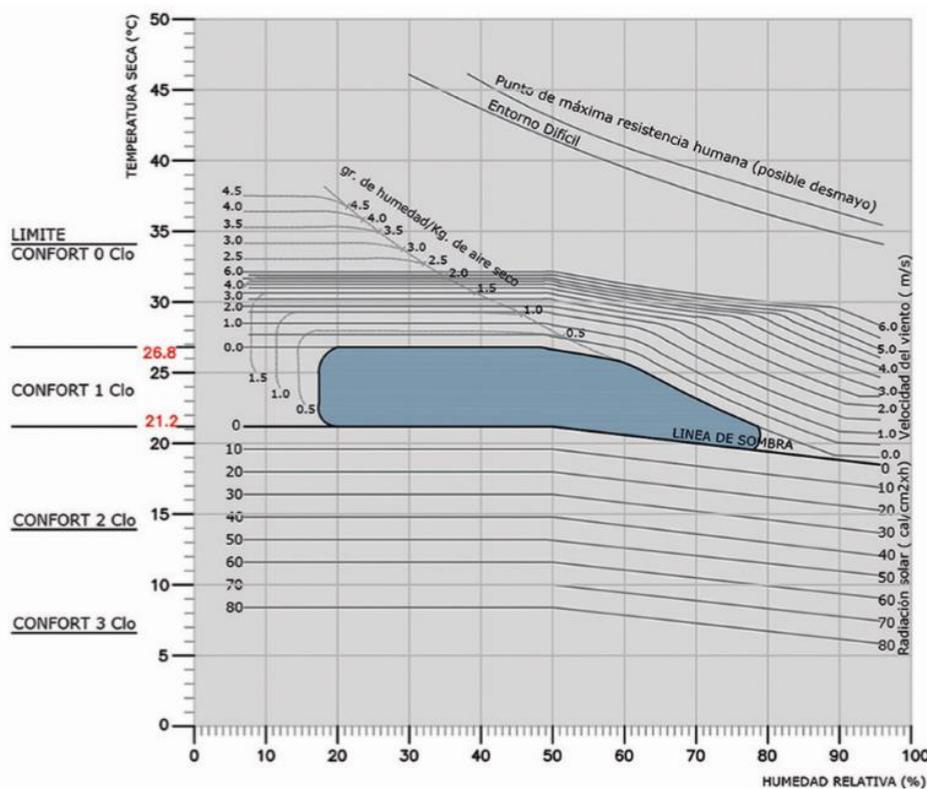
En el estudio realizado de “Metodología de evaluación de confort térmico exterior para diferentes pisos climáticos en Ecuador”, se realizan climogramas correspondientes a los diferentes niveles térmicos del país, tomando en cuenta características como las actividades físicas de las personas, dirección y velocidad del viento, temperatura, entre otras, haciendo hincapié en la capacidad de los habitantes de soportar temperaturas más

elevadas, lo que conlleva a una percepción diferente del confort térmico (Guillén-Mena, 2014).

En la figura 5 se muestra el climograma clásico de Olgay para el “nivel térmico 2”, zona en donde se ubica la ciudad de Macas, en donde se registra una zona de confort térmico que va desde los 21.2 °C hasta los 26.8°C.

**Figura 5**

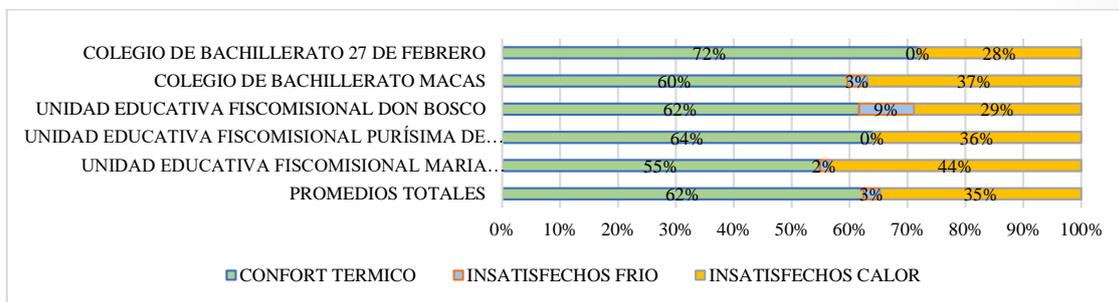
*Climograma de confort “Nivel térmico 2” para zonas del Litoral y Amazonía del Ecuador.*



Realizando el análisis de los datos de la tabla 3, se puede observar que la temperatura operativa promedio (27.32°C), se encuentra dentro del rango de temperatura de confort determinado para el nivel térmico, adicional a esto, se obtuvo un 3,61% del total de encuestados que tienden a la insatisfacción térmica debido a la sensación de frío, y un 35.00% que tienden a la insatisfacción térmica hacia el calor, como se indica en la figura 6.

**Figura 6**

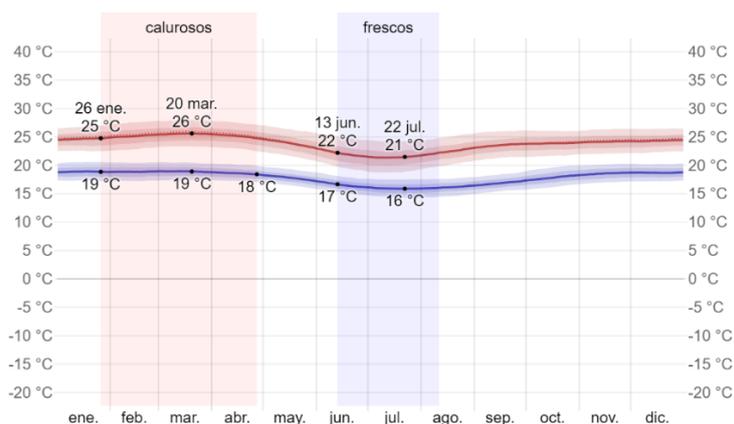
*Porcentajes de sensación térmica en los establecimientos encuestados.*



La insatisfacción térmica con tendencia a la sensación de calor se debe a que las encuestas se realizaron en la semana del justifica por la época de calor en la que se tomaron los datos, específicamente la semana del 20 al 24 de marzo, considerada la más calurosa del año, como lo muestra la figura 7.

**Figura 7**

*Meses más calurosos y frescos durante el año en la ciudad de Macas*



**Nota:** © WeatherSpark.com (imagen reproducida con fines académicos)

Debemos también tomar en cuenta que el alto porcentaje de personas insatisfechas con tendencia al calor se debe a los altos valores de radiación solar presentes en el momento de realizar la encuesta, valores medidos que registraron hasta los 751 w/m<sup>2</sup>, que superan ampliamente el valor promedio diario (360 w/m<sup>2</sup>), lo que es un indicador de que en épocas calurosas la radiación solar es un factor que modifica los valores de confort térmico que sienten los alumnos.

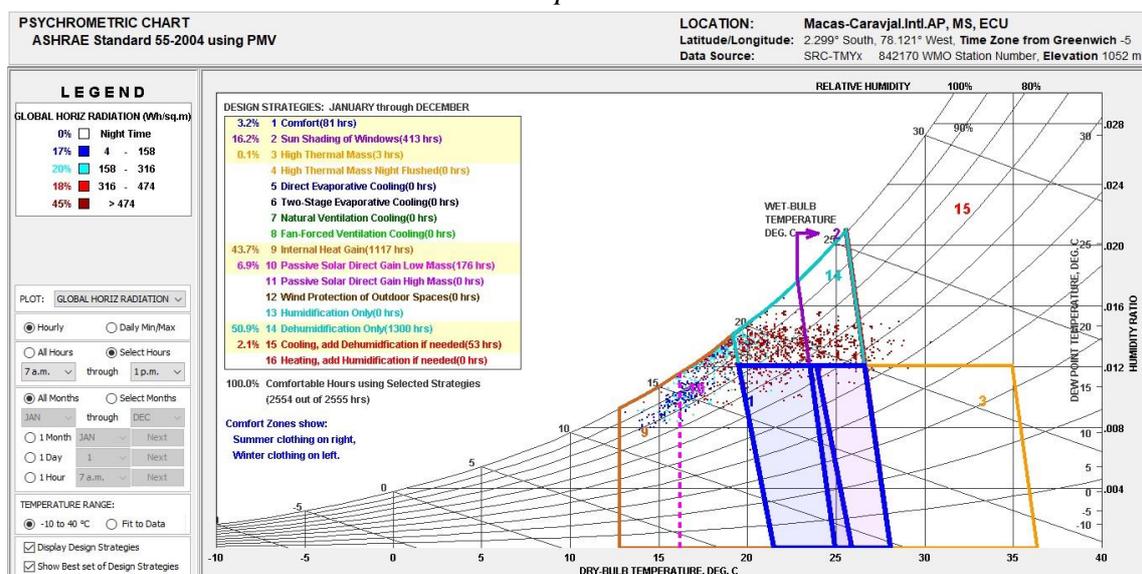
Entre las recomendaciones en diseño y procesos constructivos para lograr un buen proyecto bioclimático, podemos encontrar las que son producto del climograma generado

con la ayuda del programa Climate Consultant, que presenta metodologías de respuesta ante condiciones climáticas de un lugar específico. Para la ciudad de Macas, en el horario escolar, comprendido entre las 7h00 y 14h00, el climograma indica que la mayoría de las horas de labor anual, se encuentran fuera de la zona de confort, si bien es cierto que la mayoría están dentro del rango de confort térmico (21.2 °C - 26.8°C), la presencia de una humedad relativa alta hace que el estudiante se sienta incómodo.

En la figura 8 se indica las estrategias recomendadas en base a la tabla psicométrica generada en el programa Climate Consultant para la ciudad de Macas, complementan las estrategias planteadas en este estudio.

**Figura 8**

*Cuadro Psicométrico para la ciudad de Macas*



Nota: Climate Consultant 6.0

El manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificio Públicos de Chile también aporta con métodos para el control solar, indicando que las ganancias solares pueden producir sobrecalentamientos, provocando incomodidad del usuario (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 2012). Estudios realizados en Tucumán – Argentina, indican también que se debe evitar el ingreso de la mancha solar en la totalidad del período escolar, lo que conlleva a la aplicación de varias estrategias para el control de la radiación solar (Ledesma et al., 2004).

Los establecimientos educativos, a parte de la radiación, deben dar respuesta también al calor generado por los ocupantes, existen varios estudios que indican que la mejor forma de disipar el calor metabólico es por medio de la ventilación cruzada (Gómez, 2012).

En la tesis doctoral titulada ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL MICROCLIMÁTICO DEL ESPACIO ENTRE EDIFICACIONES EN CLIMA CÁLIDO – HÚMEDO, se concluye que el microclima entre edificaciones se ve afectado por la mala combinación de elementos exteriores, que no ofrecen una adecuada protección solar o no conducen el viento de una forma adecuada (Gómez de Perozo, 2012).

### *Influencia de los parámetros arquitectónicos en el confort térmico*

**El modelo arquitectónico educativo**, como ya se indicó anteriormente, es un concepto que se replica en todo el país, con una forma básica rectangular, con ventanas bilaterales, con un índice de vano general de 38,91% de las fachadas y un área promedio de 1.76 m<sup>2</sup> por alumno, como se indica en la tabla 4.

**Tabla 4**

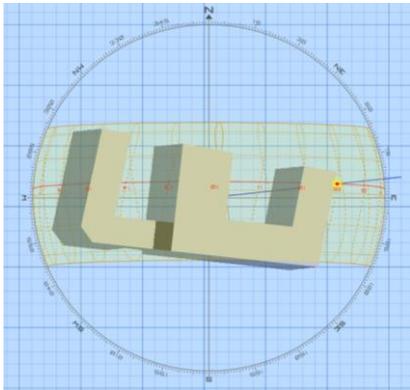
### *Dimensiones de aulas de clase*

INSTITUCIÓN	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	INDICE DE PROPORCION VENTANA-MURO EXTERIOR (%)	INDICE DE PROPORCION VENTANA-MURO INTERIOR (%)	CAPACIDAD	m <sup>2</sup> /Al	m <sup>3</sup> /Al
UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL MARIA AUXILIADORA	8,8	6,2	3,05	54,56	166,41	38,66	31,18	35	1,56	4,75
UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL PURÍSIMA DE MACAS	8,9	6,2	3,26	55,18	179,89	25,86	30,3	30	1,84	6,00
UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL DON BOSCO	8,6	7,5	3,16	64,5	203,82	52,28	43,8	35	1,84	5,82
COLEGIO DE BACHILLERATO MACAS	9	6,1	2,9	54,9	159,21	37,78	45,75	31	1,77	5,14
COLEGIO DE BACHILLERATO 27 DE FEBRERO	9	6,1	2,9	54,9	159,21	37,78	45,75	31	1,77	5,14
VALORES PROMEDIO	8,86	6,42	3,05	56,81	173,71	38,47	39,36	32,40	1,76	5,37

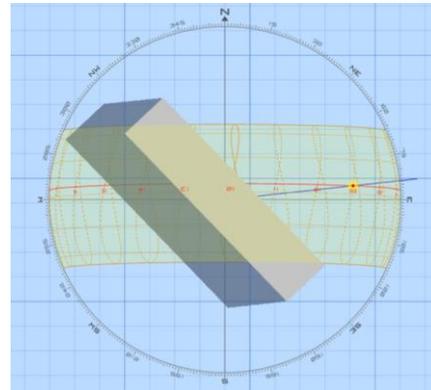
**La orientación**, se convierte en un factor determinante para lograr un adecuado confort térmico, debido a que la posición correcta del edificio escolar permitirá el aprovechamiento tanto de la radiación solar como de los vientos predominantes. La figura 9 muestra la orientación de los edificios de las Instituciones Educativas encuestadas con respecto al norte geográfico.

**Figura 9**

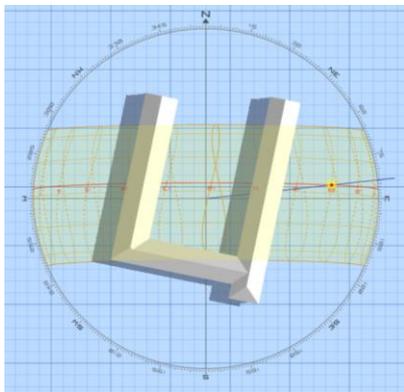
*Orientación de edificaciones*



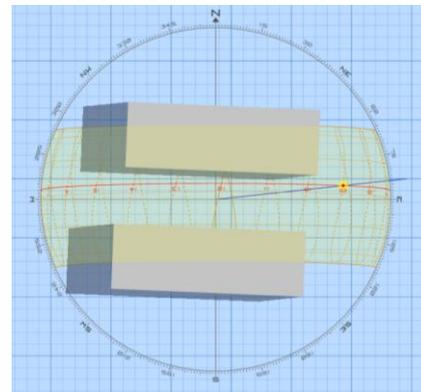
Edificio Unidad Educativa María Auxiliadora.



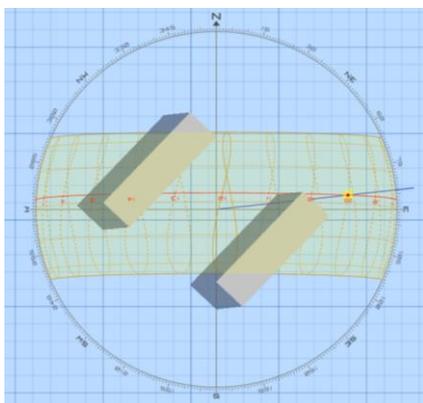
Edificio Unidad Educativa Purísima de Macas



Edificio Unidad Educativa Don Bosco.



Edificio del Colegio de bachillerato Macas.



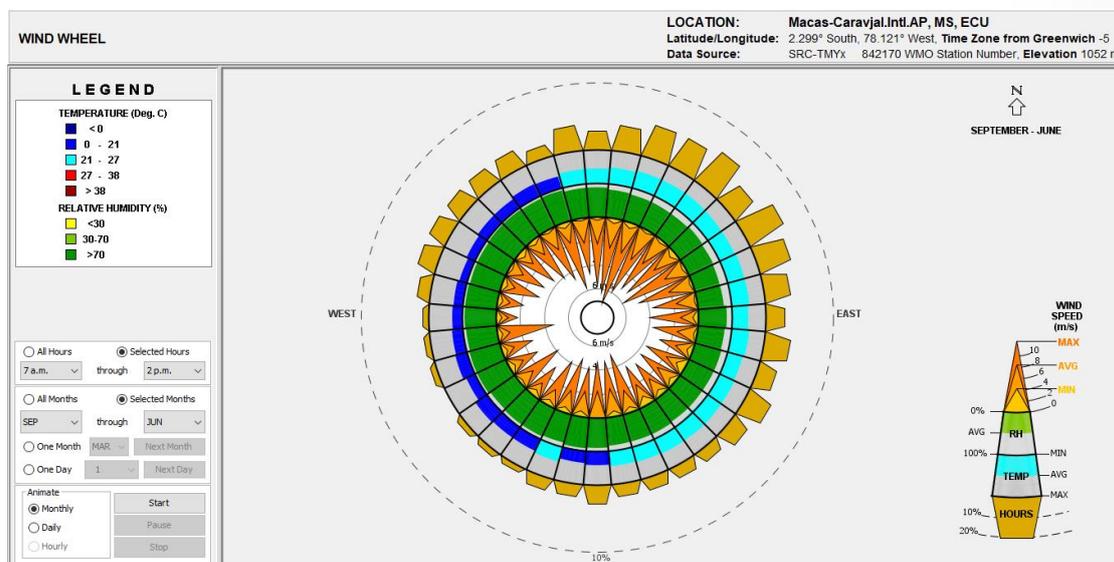
Edificio de bachillerato 27 de Febrero.

**Nota:** Visualizado con el software3D Sun-Path.

Unidad educativa	Orientación de fachadas	% de eficiencia del control solar en fachadas
Unidad Educativa Fiscomisional María Auxiliadora	Este / Oeste	70%
Unidad Educativa Fiscomisional Purísima de Macas	Noreste / Suroeste	80%
Unidad Educativa Fiscomisional Don Bosco	Este / Oeste	70%
Colegio de bachillerato Macas	Norte / Sur	100%
Colegio de bachillerato 27 de Febrero	Sureste / Noroeste	80%
Eficiencia promedio		80%

**Figura 10**

*Rosa de los vientos de la ciudad de Macas*



Nota: Climate Consultant 6.0

La figura 10 indica los valores promedio anuales de dirección, frecuencia y velocidad de los vientos dominantes en la ciudad de Macas.

Del análisis de la trayectoria solar para la ciudad de Macas, se puede determinar que la orientación óptima de las aulas de forma rectangular y de sus edificios, es alinear su eje longitudinal en el sentido Este-Oeste, para de esta manera evitar las altas cantidades de radiación solar directa en las ventanas de los espacios, generando patios o espacios con aberturas hacia el Noreste, que es la dirección desde donde se obtienen los vientos predominantes, lo que permitiría una renovación positiva del aire en los espacios para de esta manera regular el confort térmico.

Si observamos la posición de los edificios del caso de estudio, podemos indicar que la **Unidad Educativa María Auxiliadora**, tiene pabellones de aulas con ventanas bilaterales, y en sus accesos principales cuenta con corredores cubiertos que aparte de servir para la circulación, protegen del sol a las ventanas interiores, sin embargo existen aulas cuyos fachadas están orientadas hacia el este y oeste, lo que provoca que en las primeras horas de la mañana y en horas de la tarde, estos elementos tengan radiación directa sobre sus ventanas.

La **Unidad Educativa Purísima de Macas**, cuenta con un pabellón de aulas de 3 pisos, con un corredor de circulación dispuesto hacia el interior del predio, su orientación está condicionada por la inclinación del terreno, y ubica su eje longitudinal en el sentido Noroeste-Sureste, lo que provoca que las ventanas exteriores reciban radiación solar

directa en la mañana, obligando el uso de cortinas como dispositivo de control solar interno, las ventanas interiores, al estar bajo la protección del corredor que funciona como alero, se ven afectadas en las últimas horas de la tarde, horario en el que no son utilizadas las aulas, por lo que no se requiere ningún elemento de control solar.

**La unidad Educativa Don Bosco**, posee 2 de los 3 pabellones con su eje principal en la dirección Norte-Sur, lo que ocasiona la radiación directa de las aulas en la mañana principalmente, tanto en su fachada interior como exterior, los corredores que se desarrollan hacia el interior del predio, evitan la entrada de sol en la mañana, no así en las ventanas exteriores, situación que ocasiona que las aulas que se ven afectadas por la acción del sol, se utilicen cortinas como dispositivo de control interno.

El **Colegio de bachillerato Macas**, dispone de 2 pabellones principales de aulas de 2 pisos, los mismos que están orientados en su eje longitudinal en el sentido Este-Oeste, lo que logra la máxima protección solar, evitando de esta manera el soleamiento directo sobre las áreas de ventana exterior o interior, eliminando los dispositivos de control solar interiores como cortinas o persianas.

El **Colegio de bachillerato 27 de Febrero**, posee la geometría estándar de las construcciones escolares públicas, con 2 pabellones orientados según el predio con su eje longitudinal en sentido Noreste-Suroeste, con ventanas bilaterales, lo que provoca que la fachada exterior de uno de los pabellones y la fachada interior del otro, reciban soleamiento directo, si bien es cierto el corredor protege del soleamiento directo a un pabellón, el otro se ve afectado por radiación directa, a pesar que el índice de vano sea el 37%.

## Resultados

Para el desarrollo de las estrategias de control solar, se ha tomado como referencia la caracterización y clasificación de los elementos de control solar establecido en la Guía Técnica para el Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía Español.

Teniendo en cuenta que el confort térmico de los estudiantes se ve afectado de mayor forma en los momentos en los que existe mayor radiación e incidencia solar, se presentan alternativas de control pasivo mediante la utilización de dispositivos de control del asoleamiento sin que disminuya el ingreso de iluminación natural.

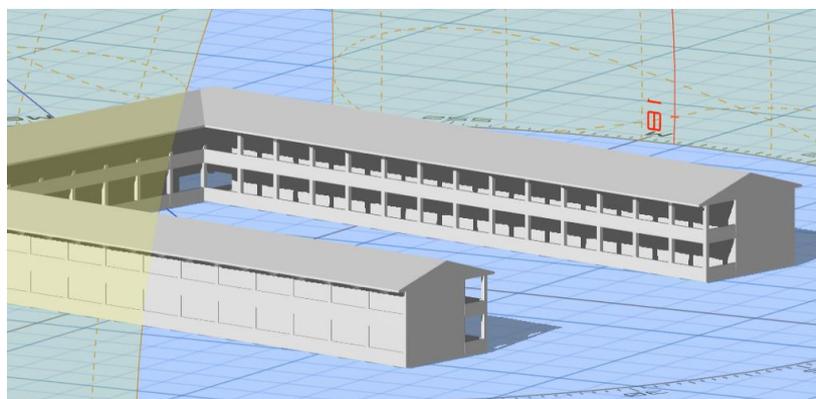
Para la propuesta de alternativas y metodologías, se adopta uno o varias de los dispositivos, combinando sus potencialidades o reforzando las estrategias con las que cuentan las edificaciones y sus emplazamientos.

Considerando que las estrategias sugeridas, se aplican en infraestructura nueva y en aquella ya existe, tenemos:

- **Orientación**, de lo descrito anteriormente, se desprende que la orientación óptima de las aulas en la ciudad de Macas es aquella en la que su eje longitudinal se encuentra en el sentido este-Oeste, y las ventanas hacia el Norte y Sur, característica que ayudará a evitar la radiación solar directa en el acristalamiento de las ventanas, permitiendo un mejor control del confort térmico del espacio interior.
- **Ventilación**, se debe utilizar medidas para que dentro del aula se pueda contar con una adecuada ventilación cruzada, por lo que es importante que las aulas tengan iluminación y ventilación bilateral, las ventanas deberán contar con sistemas de apertura en la parte superior de las mismas, con la intención de no causar sensación de frío a los alumnos que se encuentren en su curso, se recomienda que la velocidad interna esté en el rango de 0.13 a 0.20 m/s (actividades interiores sedentarias).
- **Patios cubiertos y ventilados**, se recomienda que en climas cálidos como el de la Ciudad de Macas, los patios de las instituciones sean cubiertos, y con aperturas orientadas hacia los vientos predominantes de todo el año, que, en este caso, van desde vientos del Noroeste, Norte, Noreste y en menor cantidad desde el Este, lo que permitirá un mejor control de la temperatura interior de las instalaciones y un mejor barrido del aire caliente durante la noche.
- **Incorporación de elementos de protección solar**, es decir la utilización de elementos rígidos como aleros, estantes de luz o pantallas, que, sin perjudicar la correcta iluminación interior, disminuyan el acceso directo de radiación solar, sobre todo en el área contigua a las ventanas.
- La totalidad de los establecimientos encuestados, en donde se concentra la mayoría de la población del Bachillerato de la ciudad, tienen una estructura común de pabellones de aulas, como se muestra en la figura 11, tienen iluminación bilateral con un corredor de circulación en un lado del edificio, que funciona como un alero que protege del sol a las aulas existentes en esa fachada.

**Figura 11**

*Tipología arquitectónica típica, ventanas bilaterales, corredor cubierto en un lado  
(caso Unidad Educativa Don Bosco)*



**Nota:** Visualizado con 3D Sun-Path

En las fachadas con corredor cubierto de por lo menos 3m de ancho con orientación al este, que es la menos favorable, en las primeras horas de la jornada escolar (7:00 a 9:00), existe incidencia solar, ésta va disminuyendo hacia el mediodía, de manera que, en el horario de mayor radiación solar, es decir desde las 10:00 hasta las 14:00, las fachadas indicadas no se ven afectadas. Los corredores cubiertos orientados al este proporcionan una eficiencia del 70% durante la jornada escolar (07:00 a 14:00).

En cuanto a las fachadas exteriores orientadas hacia el Este, se ven afectadas por la acción directa del sol, por lo que, para estos casos, se recomienda la inclusión de pantallas verticales, los mismos que evitan una entrada directa del sol dispersando la luz y haciendo que pueda llegar hasta el interior del aula, sin la radiación solar directa.

- Se deberá incorporar a los espacios verdes, elementos vegetales que puedan servir de dispersores de luz y radiación solar.
- Diseño arquitectónico, con la ayuda del software Climate Consultant, se generaron estrategias pasivas para aplicarse en el diseño arquitectónico, la inclusión de porches, la utilización de aleros extensos, el uso de barreras vegetales y el aprovechamiento del aire circulante para lograr una ventilación adecuada, tanto en aulas como en espacios entre cubiertas y cielo rasos.

**Conclusiones**

- La zona amazónica del Ecuador posee varias situaciones climáticas, que van desde una lluvia que dure todo el día, pasando por días nublados, hasta días de intenso sol y humedad, sin embargo, el presente estudio, pretende establecer

ciertos parámetros que ayuden a alcanzar niveles recomendados de confort térmico con énfasis en el control solar.

- Las mediciones realizadas en las aulas reflejan una temperatura interna promedio de 27,32°, la misma que se encuentra fuera del rango de confort para el nivel térmico 2 para zonas del Litoral y Amazonía del Ecuador, esto se ratifica al observar el porcentaje del 34,06% de personas insatisfechas debido al calor.
- En base al análisis de los modelos de los edificios y la acción del sol en el lugar geográfico, se concluye que la orientación óptima es la que orienta las fachadas con ventanas hacia el norte y el sur.
- Todas edificaciones analizadas cuentan con corredores cubiertos de circulación con un ancho promedio de 3,00m, que ofrecen una eficiencia del 100% ante la acción del sol, siempre y cuando la orientación sea la adecuada, a partir de allí, cualquier inclinación reduce la eficiencia. Las edificaciones de las instituciones encuestadas ofrecen una eficiencia promedio del 80%, este valor podría incrementar si se implementan las recomendaciones indicadas.
- Se debe tener en cuenta que la aplicación de estas estrategias colaborará con el ahorro energético, pues como resultado se tendrá una potencial reducción del uso de sistemas eléctricos de ventilación y climatización.
- Los resultados obtenidos, podrán servir de base para optimizar futuros trabajos que busquen un mejoramiento continuo del confort térmico en un clima Cálido húmedo.
- Es importante que para la aplicación de las metodologías propuestas se cuente con la variedad de datos climáticos de: temperatura, velocidad del viento, humedad relativa, radiación solar, estado del sol, entre otros.
- Se ha logrado cumplir con el objetivo de analizar los factores climáticos de la ciudad de Macas y plantear estrategias de control solar, sin embargo, al tratarse únicamente del nivel de bachillerato, el presente estudio pretende servir como punto de partida para el análisis del control solar en niveles de educación básica, ya que los alumnos de este nivel presentan diferentes parámetros físicos y psicológicos.
- Se recomienda que, para futuros proyectos de infraestructura educativa, a partir de las recomendaciones realizadas, y tomando en cuenta las condiciones climáticas particulares de cada proyecto, se realicen las consideraciones de diseño necesarias desde el inicio de la etapa de diseño y no sea un alcance cuando se trate de solucionar problemas de confort térmico.

### **Agradecimientos**

El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestría en Construcción con Mención en Administración de la Construcción

Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello agradecemos a todos y cada uno de los instructores pertenecientes a los grupos de investigación; Ciudad, Ambiente y Tecnología(CAT), y Sistemas embebidos y visión artificial en ciencias, Arquitectónicas, Agropecuarias, Ambientales y Automática (SEVA4CA), por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

### ***Referencias Bibliográficas***

ASHRAE. (2021). Standard 55-2020 -- *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. [https://www.techstreet.com/ashrae/standards/ashrae-55-2020?product\\_id=2207271](https://www.techstreet.com/ashrae/standards/ashrae-55-2020?product_id=2207271)

Castejón Vilelia, E. (1983). NTP 74: Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*.

Chang Escobedo, J. A., Diaz Chavez, V. R., & Huaylinos Maravi, L. A. (2008). *Guía de aplicación de arquitectura bioclimática en locales educativos*. Ministerio de Educación Viceministerio de Gestión Institucional Oficina de Infraestructura Educativa. [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/9A45F1BED1AB7C6705257CCA00550ABD/\\$FILE/GuiaBioclim%C3%A1tica2008.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A45F1BED1AB7C6705257CCA00550ABD/$FILE/GuiaBioclim%C3%A1tica2008.pdf)

De la Cruz Chaidez, M. T., Armendáriz López, J. F., Martín del Campo Saray, F. J., Sahagún Valenzuela, M. I., Castañón Bautista, M. C., & García Gómez, C. (2022). Thermal and luminic comfort assessment in university classrooms in Tijuana, Baja California. Case of study FCITEC, Valle de las Palmas. *Revista de Ciencias Tecnológicas (RECIT)*, 5(4), e233. <https://doi.org/10.37636/recit.v5n4e233>

De Arnáiz Sancho, V., De Basterrechea Meunier, I., & Salvador Carreño, S. (2011). Guía para proyectar y construir escuelas infantiles. *Revista Latinoamericana de Educación Infantil*, 1(1), 157–176. <https://revistas.usc.gal/index.php/reladei/article/view/4627>

De la Paz Pérez, G., (2012). Brise-soleil, recurso arquitectónico de control solar: Evolución y propuesta de diseño optimizado para Camagüey. *Arquitectura y Urbanismo*, 33(2), 79-94.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376834404007>

García, R., Traver, J. A., & Candela, I. (2001). *Aprendizaje cooperativo: fundamentos, características y técnicas*. Editorial CCS. ISBN:9788483164617

- Giraldo-Castañeda, W., Czajkowski, J. D., & Gómez, A. F. (2021). Confort térmico en vivienda social multifamiliar de clima cálido en Colombia. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 23(1), 115–124.  
<https://doi.org/10.14718/RevArq.2021.2938>
- Gómez de Perozo, Nersa. (2012). *Estrategias para el control micro climático del espacio entre edificaciones en clima cálido – húmedo*. [Tesis Doctoral, Industriales Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.].  
<https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.12266>
- Guillén-Mena, V. (2014). Metodología de evaluación de confort térmico exterior para diferentes pisos climáticos en Ecuador. *CONAMA 2014 Congreso Nacional del Medio Ambiente*.  
[https://www.researchgate.net/publication/308229797\\_Metodologia\\_de\\_evaluacion\\_de\\_confort\\_termico\\_exterior\\_para\\_diferentes\\_pisos\\_climaticos\\_en\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/308229797_Metodologia_de_evaluacion_de_confort_termico_exterior_para_diferentes_pisos_climaticos_en_Ecuador)
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. (1983). NTP 74: Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación.  
[https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp\\_074.pdf/1a5d4655-f44d-4118-9516-281a452e820d](https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_074.pdf/1a5d4655-f44d-4118-9516-281a452e820d)
- San Juan, G., Hoses, S., & Martini, I. (2014, diciembre). Aprendizaje en las escuelas del siglo XXI: Nota 5: Auditoría ambiental y condiciones de confort en establecimientos escolares. *BID*.  
<https://publications.iadb.org/es/publicacion/17002/aprendizaje-en-las-escuelas-del-siglo-xxi-nota-5-auditoria-ambiental-y>
- Ledesma, S. L., Gonzalo, G., Cisterna, S., Vega, G. M., Quiñones, G. I., & Nota, V. M. (2004). Evaluación comparativa de eficiencia de parasoles y su incidencia en la iluminación natural de aulas en San Miguel de Tucumán. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 8. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/81696>
- Ledesma, S. L., Nota, V. M., & Cisterna, M. S. (2021). Control y aprovechamiento solar. Una estrategia básica para la sustentabilidad edilicia. *AREA, Agenda de Reflexión En Arquitectura, Diseño y Urbanismo*, 28(1).  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8446726>
- Martínez Molina, A., Tort Ausina, I., & Vivancos Bono, J. L. (2016, July 14). Analysis of the implementation of occupant thermal environment surveys in different buildings with different uses. *AEIPRO*. 20th International Congress on Project Management and Engineering. Cartagena.  
<https://www.aepro.com/files/congresos/2016cartagena/05010.4661.pdf>

- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (2012, May 1). *Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos*. KIMEN.  
<http://hdl.handle.net/20.500.12140/32610>
- Muñoz, C. A. (2018). Diseño pasivo de aulas escolares para el confort térmico, en una perspectiva del cambio climático. *Arquitecturas Del Sur*, 36(54), 70–83.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6751645>
- Odio, S. A., Zurita, M. T., Codena, J. G., Martínez, J., Asitimbay, J., & Zurita, E. T. (2017). Validación del recurso solar en el Ecuador para aplicaciones de media y alta temperatura. *INNOVA Research Journal*, 2(7), 34–45.  
<https://doi.org/10.33890/innova.v2.n7.2017.226>
- Ré, G. (2016). Análisis del comportamiento térmico de dos escuelas de tipología edilicia diferenciada, en el área. Conference: Actas VIII Creta "Congreso Regional de Tecnología de la Arquitectura"  
[https://www.researchgate.net/publication/309430387\\_ANALISIS\\_DEL\\_COMPOR\\_TAMIENTO\\_TERMICO\\_DE\\_DOS\\_ESCUELAS\\_DE\\_TIPOLOGIA\\_EDILICIA\\_DIFERENCIADA\\_EN\\_EL\\_AREA\\_METROPOLITANA\\_DE\\_SAN\\_JUAN\\_ARGENTINA](https://www.researchgate.net/publication/309430387_ANALISIS_DEL_COMPOR_TAMIENTO_TERMICO_DE_DOS_ESCUELAS_DE_TIPOLOGIA_EDILICIA_DIFERENCIADA_EN_EL_AREA_METROPOLITANA_DE_SAN_JUAN_ARGENTINA)
- Ré, M. G., Mazzocco, M. P., & Filippín, C. (2021). Mejoras de eficiencia energética en calefacción. Potencial de intervención en edificio escolar existente del área Metropolitana de San Juan, Argentina. *Hábitat Sustentable*, 11(1), 20–31.  
<https://doi.org/10.22320/07190700.2021.11.01.02>

### Conflicto de intereses

Los autores deben declarar si existe o no conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



## Indexaciones

