

# Scientific Journal of Applied Social and Clinical Science

## MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES GENERADAS POR LA MORFOLOGÍA ARQUITECTÓNICA Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ENVOLVENTE EN EDIFICIOS PATRIMONIALES

---

*Freddy Ricardo Tapia Ortiz*

Universidad Tecnológica Estatal de Quevedo  
Quevedo – Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-7139-783X>

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



**Resumen:** El presente trabajo de incorpora el estudio de las condiciones ambientales generadas por la morfología y las características de la envolvente, resultante del diseño, con la elaboración de un método que permita evaluarlas. Se seleccionaron cuatro conjuntos arquitectónicos conformados por una iglesia y un convento de la arquitectura patrimonial de Quito. Estos son: Santo Domingo, La Merced, San Agustín y Guápulo. Se estableció una tipologización de los casos de estudio basada en las características morfológicas, constituido por dos tipos de conjuntos arquitectónicos patrimoniales. El trabajo es una aportación al campo de la rehabilitación del patrimonio edificado con la incorporación de criterios bioambientales, referidos al análisis de las condiciones y niveles de confort con la intención de, realizar un diagnóstico sobre estos. Se procedió al diseño y desarrollo de la matriz de resultados, para cuantificar la efectividad de cada uno de ellos, contribuyendo así al mejor desempeño del edificio, con el desarrollo de condiciones ambientales adecuadas. en espacios, óptimos, evitando en lo posible causar el impacto en la originalidad del edificio, con el uso de técnicas no destructivas.

**Palabras-clave:** Morfología. Envolvente. Criterios bioambientales. Condiciones ambientales.

## INTRODUCCIÓN

El diseño de las nuevas edificaciones, así como la intervención en las ya existentes que requieran una rehabilitación, en su mayoría no utilizan los principios básicos de la arquitectura bioambiental, y por tanto carezcan de sustentabilidad ambiental, al requerir de acondicionamientos climáticos artificiales en sus espacios.

La arquitectura al ser un resultado intelectual, de un proceso de diseño realizado por un organismo vivo, como el ser humano,

también debe responder a las condiciones naturales al materializarse. (Olgay, 1998).

La población mundial y en especial las zonas de alta concentración urbana están sufriendo las consecuencias del cambio climático, provocado por el calentamiento global. En América Latina ciudades como: México DF, Sao Paulo, Buenos Aires, Bogotá, Quito, etc. Actualmente tienen gran dependencia, en el uso de energías fósiles no renovables, para satisfacer la demanda de energía. (Evans y de Schiller, 2014).

La construcción, consume un alto porcentaje de energía, por la utilización de sistemas mecanizados, para obtener confort ambiental, como por ejemplo la climatización artificial. Si bien crea un ambiente apto para la realización de todas las actividades a realizar en los edificios, estos se convierten en actores principales en el desperdicio de recursos energéticos que requiere una ciudad, al no tomar en cuenta las ventajas que ofrecen los recursos ambientales para lograr adecuado acondicionamiento, como la optimización de la radiación solar, la iluminación y ventilación natural, y la inercia térmica, presentes en el entorno inmediato en el cual está inmerso (Evans y de Schiller, 1986)

La aplicación del diseño arquitectónico en la rehabilitación de un edificio patrimonial debe considerar la conformación de espacios habitables y confortables, integrados al medioambiente en el que se encuentran, utilizando el control de la climatización, con métodos no mecanizados, reduciendo el consumo energético durante su vida útil. En Ecuador, los estudios e implementación de criterios y estrategias de diseño bioambiental aplicados a la rehabilitación edilicia, son muy escasos, más aún cuando su capital, Quito, cuenta con un patrimonio edificado altamente reconocido a nivel mundial en su Centro Histórico, designado Patrimonio Cultural de la Humanidad. Las intervenciones

de rehabilitación de sus edificios, en general, han tratado de resolver problemáticas a nivel: funcional y estructural.

El proceso de desarrollo de la ciudad, en campos como la rehabilitación de edificios patrimoniales, ha omitido la consideración de criterios ambientales, con materiales de alta demanda de energía para su producción.

## FUNDAMENTACIÓN TEORICA

La inercia térmica de los materiales es un factor muy importante en el control térmico de espacios y esta propiedad única de los elementos se utiliza en la construcción de envolventes, para conservar la temperatura del interior de locales habitables más estable a lo largo del día, mediante muros de gran masa (Stevenazzi y Stevenazzi, 1972). Durante el día se calientan, y por la noche, más fría, van cediendo el calor al ambiente del local. En verano, durante el día, absorben el calor del aire de ventilación y por la noche se vuelven a enfriar con una ventilación adecuada, para prepararlos para el día siguiente. Un adecuado uso de esta propiedad térmica de los materiales puede evitar el empleo de sistemas artificiales de climatización interior. (Evans, 2007).

La denominación de confort térmico ocurre cuando las condiciones de radiación solar, temperatura, humedad y circulación del aire son agradables confortables en relación a la actividad que desarrollan, esto es que las personas no experimentan sensación de calor ni de frío (Tudela, 1982).

El cuerpo humano intercambia calor con su entorno, mediante el uso de cuatro procesos principales: radiación, convección, conducción y evaporación. Esto permite que el cuerpo mantenga un equilibrio térmico al conservar una temperatura interior constante frente a las variaciones exteriores (Mondelo, Torada, Uriz, Vilella y Lacambre, 1995). En la búsqueda por lograr una armonía adecuada entre el ser humano y los espacios

habitables que este crea, están sujetos a varios factores ambientales, que en muchos casos es impredecible por la infinidad de factores que están en el entorno inmediato (Olgyay, 1998).

En el enfoque bioambiental del diseño se presenta el método de los 'Triángulos de Confort' (Evans, 2007), toma en cuenta las condiciones climáticas de acuerdo a la latitud y sus variables ambientales a las cuales, se adiciona dos variables nuevas a tomar en cuenta: temperatura media y amplitud térmica, en un día determinado.

Los elementos utilizados en diseño bioambiental y sustentable de las edificaciones, son la morfología y la envolvente, para obtener un control ambiental con la utilización de sistemas pasivos (Evans, 2003).

La Morfología comprende el estudio de la generación y las propiedades de la forma edilicia no sólo a nivel formal sino también estructural y de comunicación.

La naturaleza ha demostrado que las únicas especies que sobreviven son las que están en armonía con su entorno, tal como las plantas tienen su morfología de acuerdo a la zona donde estas se encuentran, como de manera similar el ser humano responde con la creación de edificaciones como solución de sus necesidades medioambientales (Olgyay, 1998).

La permeabilidad de la envolvente de un edificio, según Serra y Coch (1995): depende de los siguientes factores: a) asentamiento, b) adosamiento, c) pesadez, d) perforación, e) transparencia, f) aislamiento, g) tersura, h) textura, i) color y j) variación de las características de la piel.

# CASOS Y METODOS

## CASOS DE ESTUDIO

Se seleccionó 4 casos de estudio que comprenden construcciones patrimoniales. Estas edificaciones forman parte del legado histórico de la Ciudad de Quito entre los años 1540 a 1669 encasillados en las tipologías de conjuntos arquitectónicos religiosos con patio central como lo muestra la siguientes Figuras:1



Figura 1: Tipología de Conjuntos Arquitectónicos

Fuente: Elaboración Propia

## METODO EXPERIMENTAL

Para obtener la información necesaria, se procedió al planteamiento de la investigación con una orientación de diseño experimental. Es, por lo tanto, un estudio de la fenomenología de las condiciones ambientales, y como éstas se manifiestan en el confort de los espacios arquitectónicos de la edificación patrimonial. En ese contexto, los componentes de la metodología son

- Selección de variables (ambientales, morfología y envolvente)
- Procedimiento para la medición de condiciones ambientales
- Encuesta de percepciones ambientales y nivel de confort/bienestar
- Evaluación (Matriz de resultados):

Con respecto a la ubicación de los registradores de temperatura (T) y humedad relativa (HR), se colocaron en Planta Baja, con el objeto de obtener las mediciones más representativas, los cuales se muestran en la Tabla 1.

Se estableció un periodo de mediciones continuas de 7 días con intervalos de registro de 15 minutos seleccionando los 3 días más representativos con los valores máximos de temperatura. (Schiller y Evans, 2014).

CASO	UBICACIÓN DE AMBIENTES EN PLANTA BAJA	AMBIENTE	ALTURA	HOBO	T	HR	
SANTO DOMINGO		Interior	1 Nave Central	2 mts	1	X	X
			2 Sala de Reuniones	1.5 mts	2	X	
			3 Sala de Exposición	2.5 mts	3	X	
			4 Sala de lectura	2 mts	4	X	
		Transición	Galería Planta Baja	3 mts	5	X	X
		Exterior	Patio	2 mts	6	X	
LA MERCED		Interior	1 Nave Central	2 mts	1	X	X
			2 Baños	2 mts	2	X	
			3 Información	2 mts	3	X	
			4 Biblioteca	2.5 mts	4	X	
		Transición	Galería Planta Baja	3 mts	5	X	X
		Exterior	Patio	1.5 mts	6	X	
SAN AGUSTÍN		Interior	1 Nave Central	2 mts	1	X	X
			2 Información	2 mts	2	X	
			3 Sala de Reuniones	1.5 mts	3	X	
			4 Sala de Exposición	2.5 mts	4	X	
		Transición	Galería Planta Baja	3 mts	5	X	X
		Exterior	Patio	3.5 mts	6	X	
GUAPULO		Interior	1 Nave Central	2 mts	1	X	X
			2 Baños	2 mts	2	X	
			3 Copiadora	2 mts	3	X	
			4 Aula	3 mts	4	X	
		Transición	Galería Planta Baja	3.5 mts	5	X	X
		Exterior	Patio	3 mts	6	X	

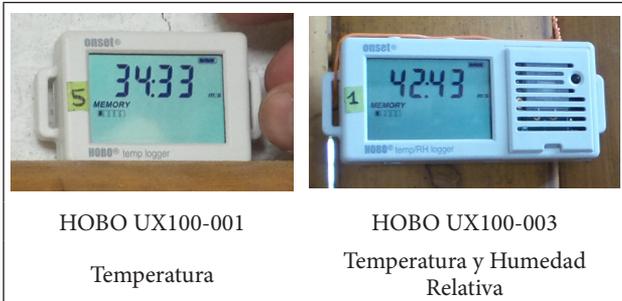
Tabla 1 Ubicación de registradores de Temperatura y Humedad Relativa.

HOBO = nombre comercial de los registradores de datos de T y HR, fabricados por Onset

T = temperatura

HR = humedad relativa

Se utilizaron dos tipos de registradores Hobo: UX100-001 y UX100-003, como se indica en la Figura 2. El primero registra únicamente la T. El segundo registra la T y HR, estos se colocaron uno por cada ambiente previamente seleccionado.



HOBO UX100-001

Temperatura

HOBO UX100-003

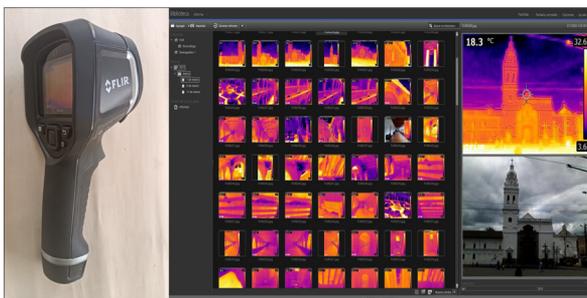
Temperatura y Humedad Relativa

**Figura 2:** Tipos de Registradores de Temperatura y Humedad Relativa

Fuente: Elaboración Propia

Para la realización del estudio termográfico de envoltentes de los edificios patrimoniales se utilizó, la cámara termográfica FLIR E4. Por tal motivo esta técnica es muy utilizada en evaluación no destructiva. Una de las ventajas que ofrece, es la gran superficie que puede abarcar y velocidad con la cual se obtienen imágenes (EDN, 2015).

En el procesamiento de los datos se utilizó el programa informático FLIR Tools, como se muestra en la Figura 3.

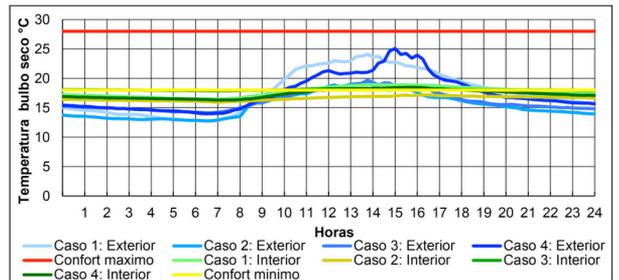


**Figura 3:** Cámara termografía y procesamiento de termografías de envoltentes

Fuente: Elaboración Propia

## DISCUSIÓN Y RESULTADOS

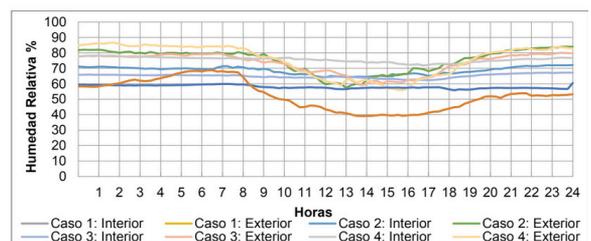
Los valores promedio obtenidos en las mediciones de temperatura de los ambientes seleccionados de los casos de estudio, se muestran en la Figura 4. En cada caso indican el tiempo que estos permanecen entre los límites de confort térmico para actividad sedentaria llegan a los niveles de confort térmicos en el rango de tiempo de 11.30 a 16.00 horas en ambientes interiores.



**Figura 4:** Comparativa de temperatura promedio de ambientes y límites de confort

Fuente: Elaboración Propia

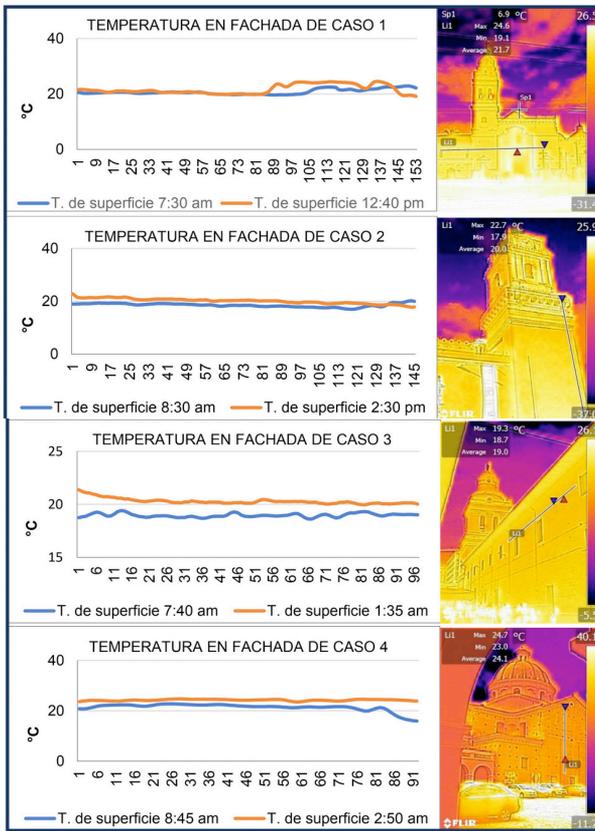
La comparativa de humedad relativa. Se puede observar en la Figura 5. La diferencia entre los casos es menor en el rango de tiempo de 14.00 a 16.00 horas en ambientes interiores en los valores promedio



**Figura 5:** Comparativa de humedad relativa promedio de ambientes de casos

Fuente: Elaboración Propia

Las mediciones termográficas de las envoltentes presentan variaciones promedio de 5 °C en los Casos 1 y 2, en tanto que en los Casos 3 y 4 es de 1 °C. Esta temperatura se presenta a nivel superficial en las fachadas, como se expresa en la Figura 6.



**Figura 6:** Medidas termográficas de temperatura superficial de las Fachadas

Fuente: Elaboración Propia

La matriz de resultados presenta, las variables principales consideradas en la investigación y como estas interactúan entre sí.

Con respecto a los valores de características de la morfología, el mayor factor es la porosidad con un coeficiente de 0.96, que ocurre en el Caso 2.

La envolvente presenta valores de su singularidad, con factor de la pesadez, el cual es un mayor coeficiente con 23192.0, presente en el Caso 4.

Un factor a considerar que presento, una variación en los resultados que se obtuvieron, fue la radiación solar directa, por efecto de las condiciones atmosféricas en los días que se realizaron las mediciones.

Si bien los porcentajes de la envolvente, referentes a la variante del color utilizado

en las paredes exteriores de los edificios patrimoniales de todos los Casos se encontró que en general guardan una semejanza en sus tonalidades, fueron clasificados de manera general para el estudio, en colores de mayor y menor reflexión de luz natural en, colores claros (C) y oscuros (O) a su vez obtener un porcentaje de su área de manera respectiva. Estos datos indican que el Caso 2 y C4 son los que tienen mayor diferencial, lo que indica que reflejan con mayor cantidad la radiación solar directa e indirecta, a nivel general de su envolvente.

El promedio de las condiciones ambientales, refleja una variación en la velocidad y dirección del viento, que se evidencian con mayor grado en el Caso 4, con una diferencia de 0.2 m/s, con el Caso 3 que pertenece a su mismo tipo de conjunto arquitectónico.

Los valores promedio de temperatura por ambiente interior, de los Casos presentan valores inferiores, al parámetro comprendido entre los 18 °C a 28 °C, para encontrarse dentro de los límites de confort térmico. En el Caso 2, presenta el mayor número de ambientes se encuentren fuera del parámetro indicado.

La Humedad Relativa en los ambientes interiores del Caso 4, reflejan el valor mas elevado con un 75.6 %.

La síntesis de resultados obtenidos en la tabulación de datos de la encuesta de percepción de condiciones ambientales, respecto al confort ambiental. Estos indican que, el Caso 4 presenta el menor grado de confort de percepción ambiental con un 44%.

Los resultados arrojados y la estrategia bioambiental más adecuada a cada ambiente se expresa a continuación en la Tabla 2.

## CONCLUSIONES

- La morfología y la envolvente arquitectónica guardan una estrecha relación respecto a cómo estas influyen, en el comportamiento térmico de los edificios. En el caso de la envolvente la permeabilidad es un factor preponderante en cuanto permite la transmisión de la energía calorífica del ambiente exterior al interior y viceversa, transmisiones provocadas por el equilibrio térmico.
- En los Casos 1 y 3, donde se encuentra el patio con la presencia de cubierta vegetal en parte de su superficie, se registran mayores diferencias térmicas que muestran como la vegetación regula la temperatura y humedad relativa presentes en el aire que lo recorre.
- En el Caso 4, el cambio de uso presenta la alteración en parte de su envolvente, en el área que en un inicio fue designada al convento y hoy está destinado a la realización de actividades académicas.
- La velocidad y dirección del viento, en el Caso 4, influyen directamente en la pérdida de calor de sus envolventes.

No.	1	2	3	4
CASO	Santo Domingo	La Merced	San Agustín	Guápulo
Planta Baja				
Tipo 1	X	X		
Tipo 2			X	X
Compacidad	0,54	0,52	0,49	0,51
Porosidad	0,90	0,96	0,68	0,89
Esbeltez	0,20	0,24	0,13	0,13
Asentamiento	0,27	0,25	0,34	0,31
Adosamiento	0,05	0,04	0,08	0,03
Pesadez	4250,9	3236,6	14531,0	23192,0
Perforación	0,10	0,09	0,09	0,11
Transparencia	0,05	0,05	0,05	0,05
Aislamiento (K)	1,6	1,6	1,6	1,6
Tersura	0,2	0,3	0,13	0,13
Textura (mm)	5	5	5	5
Color %	C 85 O 15	C 88 O 12	C 70 O 30	C 80 O 20
Radiación solar g. (w/m²)	48,1	32,66	35,07	37,43
Movimiento del aire				
Dirección	SE	SE	SE	O
Velocidad m/s	0,61	0,58	0,55	0,75
Espacios	18 Nave Central 18 Galería Planta Baja 17 Sala de Reuniones 18 Sala de lectura 19 Patio	16 Nave Central 15 Galería Planta Baja 16 Baños 19 Información 17 Biblioteca 17 Patio	18 Nave Central 17 Galería Planta Baja 18 Sala de Reuniones 18 Sala de Reuniones 17 Información 18 Patio	16 Nave Central 16 Galería Planta Baja 16 Baños 17 Aula 20 Copiadora 23 Patio
Temperatura	58	68,5	65	75,6
Humedad Relativa	52,6	75,2	73,3	75,6
No.	1	2	3	4
CASO	Santo Domingo	La Merced	San Agustín	Guápulo
Temperatura %	48	45	43	35
Humedad %	72	59	72	50
Movimiento de aire o impacto de viento %	63	72	69	45
Radiación solar %	58	38	46	50
Promedio general de confort %	59	54	57	44
ESTRATEGIAS	Estrategias bioclimáticas recomendadas rehabilitación arquitectónica Ganacia interna Ganacia interna Ganacia interna Ganacia interna Ganacia interna	Ganacia interna Ganacia interna Ganacia interna Ganacia interna Ganacia interna	Ganacia interna Ganacia interna Ganacia interna Ganacia interna Ganacia interna	Ganacia interna Ganacia interna Ganacia interna Ganacia interna

Tabla 2 Matriz de Resultados de Casos

## REFERENCIAS

- Evans, J. & de Schiller, S. (1986). *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar*. Universidad de Buenos Aires.
- Evans, J. & de Schiller, S. (2014). *Medición y simulación de comportamiento térmico en edificios*. Proyecto Prometeo secretaria de Educación Superior, Ciencia y Tecnología, SENESCYT
- EVANS, J. M. (2003). *Herencia y vigencia de la arquitectura bioclimática en América del Sur*. Rodríguez Viqueira M.(Compilador) (2006). *Estudios de Arquitectura Bioclimática*, 5.
- Evans, J. (2007). Los Triángulos de confort en el diagnóstico bioclimático de viviendas. *Ciencia y tecnología para el desarrollo*. (405RT0271),161-172
- I. LOMBILLO, L. VILLEGAS. (2008). Metodologías no destructivas aplicadas a la rehabilitación del patrimonio construido: un estado del arte (parte2). *Revista END de 2º Trimestre*, 44, (12-20),12-21.
- Mondelo, P. Torada, E. Uriz, S. Vilella, E. & Lacambre, E. (1995). *Ergonomia 2 Confort y estrés térmico*. Ediciones UPC.
- Olgyay, V. (1998). *Arquitectura y Clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Gustavo Gili.
- Serra, R. & Coch, H. (1995). *Arquitectura y energía natural*. Editorial UPC.
- Stevenazzi, D. & Stevenazzi, M. (1972). *Termodinámica*. Cesarini Hnos.
- Tudela, F. (1982). *Ecodiseño*. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.