

## Génesis

## Comodidad térmica en la arquitectura

Juan Raymundo Mayorga Cervantes\*

**P**ara asegurar su supervivencia como especie, el hombre se ha dado a la tarea de buscar un refugio para protegerse de las inclemencias, es decir, del frío, del calor, de la lluvia, del viento, así como de los animales salvajes y de otros clanes o tribus.

Con el paso del tiempo no se conformó con sólo habitar las cuevas, sino que se dio a la tarea de concebir y construir espacios para desarrollar sus actividades cotidianas y vivir en mejores condiciones.

Así, a través de la historia de la civilización, podemos observar cómo se transformó el concepto de habitabilidad y por ende los espacios habitables.

Los primeros ejemplos los podemos encontrar en la llamada arquitectura vernácula, incluso hasta nuestros días, pero de manera formal aparece en el trabajo de José Villagrán García (1964)<sup>1</sup> *Teoría de la arquitectura*, donde aborda el valor de lo útil de la arquitectura y que Marco Lucio Vitruvio Polión ya lo mencionaba en su tratado *Los diez libros de arquitectura*<sup>2</sup> donde señalaba que la arquitectura para considerarse como tal, debía contar con tres valores fundamentales: solidez, utilidad y belleza.

Un componente del valor de lo "útil", es el confort o comodidad térmica que a su vez forman la comodidad ambiental y éstos en conjunto, son parte de la habitabilidad de los espacios arquitectónicos.

Para procurar el confort térmico de los espacios habitables es indispensable conocer y comprender mejor los rangos del confort térmico de los seres humanos dentro de los edificios.

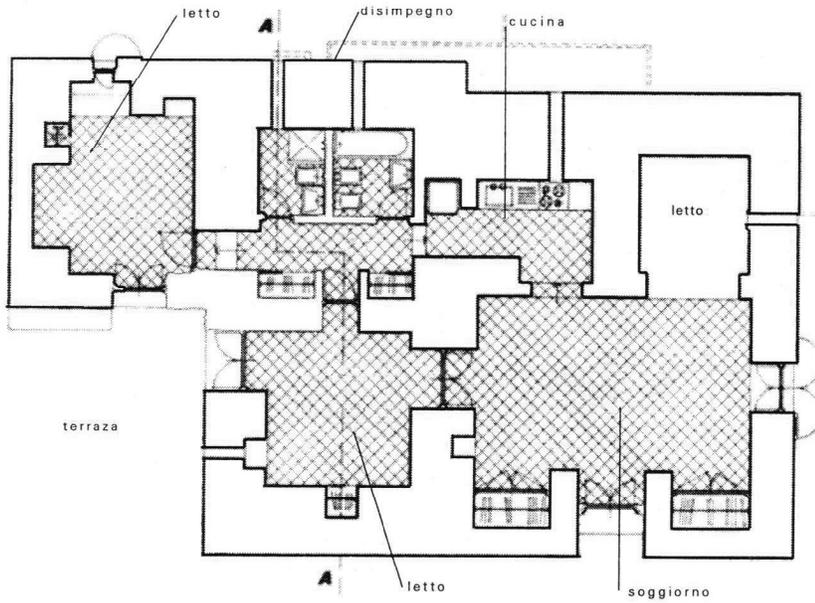
La habitabilidad es una cualidad de las obras arquitectónicas, ésta varía en el tiempo y el espacio, y por tanto el confort térmico, al cuál se le considera como uno de los elementos componentes de la habitabilidad, adquiere también ese comportamiento como fenómeno.

Debemos señalar que la habitabilidad de un edificio no sólo está definida por sus características intrínsecas, sino también por aquellas que permiten que el hombre se apropie del espacio y pueda satisfacer necesidades objetivas y subjetivas.

\*Maestro en arquitectura. Profesor e investigador de la ESIA Tecamachalco.



Almacenes Medenine, Túnez.



Plano de un dammuso modernizado, con estantería y armarios excavados en los muros.

### Los orígenes

A través de la historia de la arquitectura podemos identificar diferentes vertientes del concepto de comodidad térmica:

El arquitecto romano Marco Lucio Vitruvio Polión,<sup>3</sup> en su tratado teórico *Los diez libros de arquitectura*, ya establecía en su libro sexto, "recomendaciones" para el diseño arquitectónico de los edificios, de acuerdo a los climas particulares de las diferentes regiones donde se construirían, así, hasta el siglo XIX estas recomendaciones "bioclimáticas" se basaban en el pragmatismo de los arquitectos.

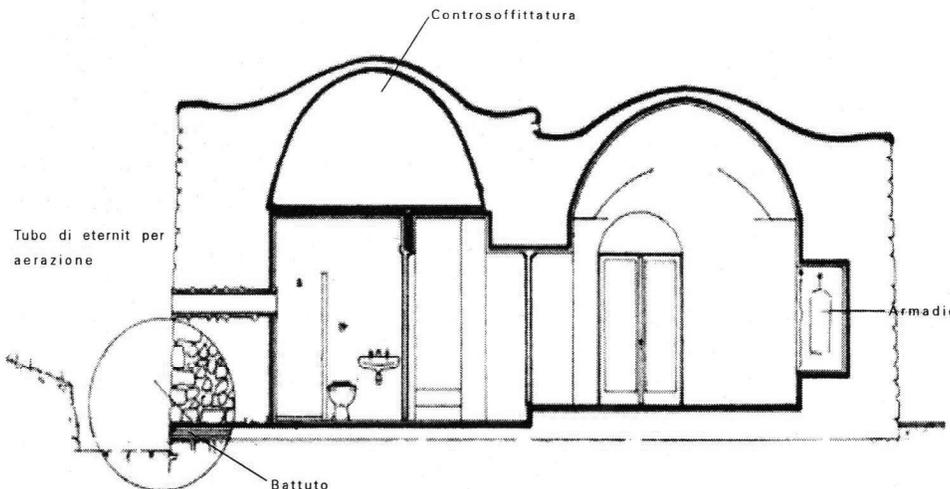


Figura que revela la elegante construcción del techo y otros aditamentos modernos.

Es Lavoisier<sup>4</sup> quien vislumbró que la incomodidad dentro de los espacios cerrados no se debía, como hasta entonces se creía, a la composición química del aire que se estaba "usando", es decir, la incomodidad se debía principalmente al calentamiento del aire que es un proceso físico y no a la acumulación de CO<sub>2</sub> por su uso.

En el siglo XIX, en Europa, se desarrollaron los primeros estudios sobre el bienestar térmico<sup>5</sup> lo cual se llevó a cabo ante los reiterados problemas de salud que se presentaban en las minas como en la industria textil debido al calor y a la humedad.

Sin embargo, es Sir Leonard Hill quien llevó a cabo un experimento para corroborar lo planteado por Lavoisier, y lo hizo encerrando a un grupo de personas en una habitación, fue así como registró el incremento del malestar biotérmico de los ocupantes.<sup>6</sup>

Algunos trabajos posteriores llevados a cabo para aportar datos y conocer mejor los rangos de confort térmico, son los hechos por Gagge, Burton y Gazatt, quienes desarrollan cuantificaciones para el factor de arropamiento.<sup>7</sup>

En relación con los índices termofisiológicos de comodidad e incomodidad térmica, se debe partir de la ecuación de balance térmico humano, para lo cual se han tratado de cuantificar las variables de dicha ecuación en función de las condiciones microclimáticas.

Las variables conducción (Cd), convección (Cv) y radiación (R) se han agrupado, y a este conjunto se le ha llamado intercambio seco (IS).

Para avanzar en el conocimiento de dichos índices se han desarrollado trabajos experimentales por ejemplo el de Haines y Hatch, donde relacionan Cd+Cv y V del aire y otros experimentos donde tienen en cuenta el grado de arropamiento como los estudios de Givoni y Berener-Nir (1967).

Como conclusión, se puede decir, que una aproximación al calor producido por IS es:  $IS = (11.6 + 15 V) (TR-35)$ , IS está dado en watts, y una aproximación para el IS en condiciones más frías fue desarrollado por Burton (1944).<sup>8</sup>

Es fundamental conocer la capacidad evaporativa (CE) pues a partir de ella es posible conocer la facilidad o dificultad para que se produzca la evaporación, la cual es necesaria para mantener el balance térmico, y se da gracias al proceso de sudoración.

Belding y Hatch establecen la siguiente fórmula empírica:  $CE = 25.2V^{0.4}$  (42-pv) y Givoni Berner-Nir establecen  $CE = kV^{0.3}$  (42-pv), en donde se introduce la variable de arropamiento.

Belding y Hatch desarrollan además el "índice de esfuerzo frente al calor" (IEC), también llamado índice de tensión calórica (ITC), el cual fue desarrollado en la Universidad de Pisttsburg, EUA, y le llamaron *Heat Stress Index*,<sup>9</sup> cuya expresión matemática es:  $IEC = (E/CE) 100$ , donde CE varía de 0 a 700 watts.

B. Givoni y Berner-Nir propusieron el llamado "índice de sudoración" (S), que es la potencia térmica que se requeriría para evaporar todo el sudor que se produce en un segundo.<sup>10</sup> Su autor lo llama "índice de tensión térmica" (ITT),<sup>11</sup> fue desarrollado en Israel y surge como producto del análisis evaluativo de diversos índices térmicos hasta entonces planteados, Givoni lo define como un modelo biofísico que trata de describir los mecanismos de intercambio de calor entre el cuerpo y su entorno, y a partir de ello se pueda calcular la tensión térmica total del cuerpo.<sup>12</sup>

Esta expresión es una de las más sofisticadas para determinar el esfuerzo frente al calor.

Debe señalarse que todos estos índices permiten calcular, con mucha precisión, la cantidad de sudor producido, de calor, etcétera; sin embargo, el ser humano no es un objeto inerte o un termómetro, y dichos índices por sí mismos no determinan el grado de confort o incomodidad térmica; definición que es todavía más compleja ya que intervienen otras variables, pero sí permiten conocer mejor los procesos fisiológicos del cuerpo humano en ciertas condiciones térmicas.

A continuación se enumeran algunos trabajos orientados a determinar los efectos psicológicos subjetivos que las variables microclimáticas provocan en el hombre cuando está dentro de los edificios.

En los laboratorios de investigación de la *American Society of Heating and Ventilating Engineers* (ASHVE) lo que hoy día es la ASHRAE, en Pittsburg, Pennsylvania, Estados Unidos, F.C. Houghton y C.P. Yaglou<sup>13</sup> en su estudio *The Effective Temperature Index*,<sup>14</sup> propusieron el índice de "temperatura efectiva" (TE) que se refiere a la temperatura de un aire estacionario y saturado obtenido experimentalmente y que produciría una sensación térmica semejante a la que efectivamente produce la situación bioclimática concreta que se estudia, en un principio sólo se tomaba en cuenta la temperatura seca y la húmeda, después, en otras pruebas, se incluyó el movimiento del aire y la radiación; fue así como surgió la "temperatura efectiva corregida" (TEC) estos últimos trabajos los desarrollaron C.P. Yaglou y Miller.

La TEC así desarrollada presentaba distorsiones cuando se aplicaba en regiones con climas fríos y secos, sin embargo hoy sigue siendo útil para zonas climáticas cálidas y húmedas.

Así se han desarrollado otros índices termopsicológicos de confort térmico, como: la "escala de valor equivalente", estudiada por Bedford; la "temperatura operativa", por Winslow, Herrington y Gagge; el "índice de confort ecuatorial", por Webb, y la "temperatura resultante" por Misenard, entre otros.

El TEC, desarrollado y pensado como un índice de valor universal, no consideraba el factor de aclimatación que modifica considerablemente la definición de la zona de confort, así que para solucionar esta situación P. Wakely (1979)<sup>15</sup> relaciona la definición de la zona de confort térmico con la temperatu-

ra media anual del lugar de que se trate; esta propuesta permite no sólo ubicar la zona de confort térmico, sino también determinar su amplitud.

En tanto, Victor Olgyay<sup>16</sup> propone una novedosa forma de expresión de la zona de confort a través de las llamadas cartas bioclimáticas, cuya principal ventaja es su fácil consulta, sin embargo, sigue manteniendo la problemática de que su uso es de tipo regional, ya que para zonas tropicales conduce a resultados desproporcionados.

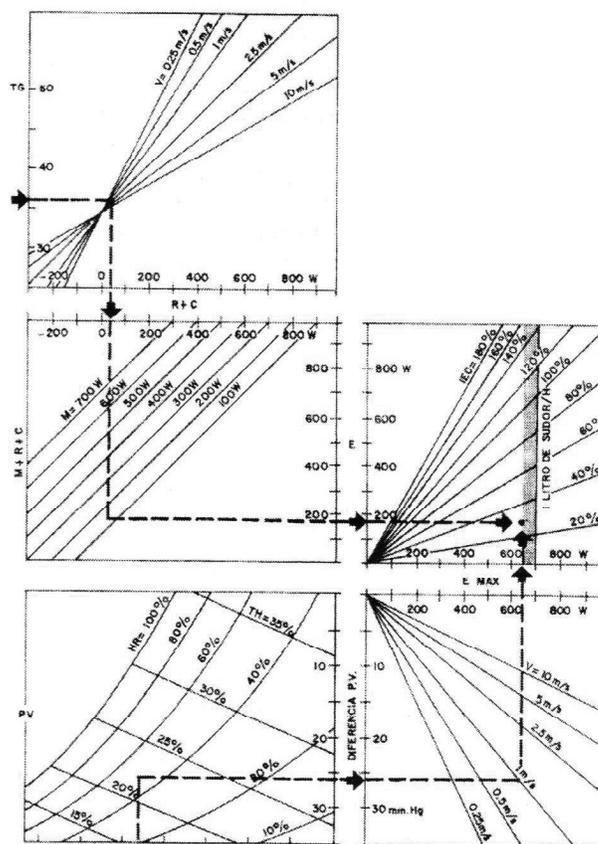
Otro trabajo importante que podemos mencionar es el de P.O. Fanger<sup>17</sup> quien desarrolla entre otros la ecuación de la comodidad térmica.<sup>18</sup>

Existen otros estudios los cuales planteaban que había otras variables que influían en el concepto de confort térmico, estos son los llamados factores secundarios, mismos que fueron desarrollados por Rohles y Nevis.<sup>19</sup>

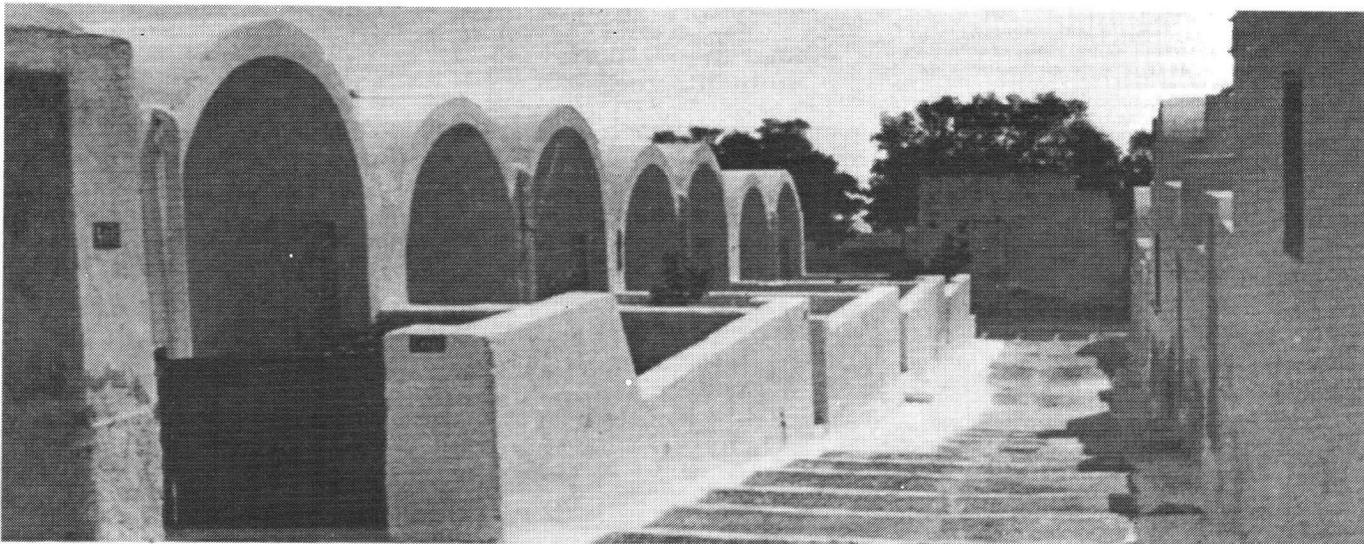
Es importante señalar que parte de las normas ISO 7730 y la ASHRAE Standar 55 se basan principalmente en trabajos de investigación reportados por P.O. Fanger.<sup>20</sup>

Respecto a trabajos de investigación sobre los factores secundarios que afectan el confort térmico se encuentran, entre otros: "Variaciones de día a día" realizados por P.O. Fanger; algunos estudios respecto a la edad se llevaron a cabo en Dinamarca y Estados Unidos por Fanger y Langkilde, Rohles y Jonson y Collins y Hoinville.

Otro factor es la "aclimatación", para lo cual P.O. Fanger realiza experimentos en Estados Unidos, Dinamarca y algunos países tropicales, otros investigadores que abordan el tema son Nichol y Humphreys. El factor relativo al "género del habitador" es abordado en experimentaciones de Fanger Langkilde y Nevins. Respecto a los ritmos temporales y circadianos, Fanger encontró pequeñas fluctuaciones en las preferencias de la temperatura del ambiente durante la simulación de una jornada de trabajo sedentario de ocho horas.<sup>21</sup>



Nomograma que permite el cálculo directo del I.T.C.



Estilizada versión gubernamental de arquitectura vernácula.

En México los estudios relacionados con la temática particular del confort térmico son muy escasos, y podemos mencionar a Néstor A. Mesa Arizabalo,<sup>22</sup> quien desarrolla el estudio "Parámetros que intervienen y se interrelacionan para definir la zona de confort higrotérmico dentro de un ambiente arquitectónico diseñado para la práctica de actividades deportivas", este trabajo se basa en un experimento *post factum* y cuyos resultados se contrastan con estudios de P.O. Fanger y B. Givoni **e**

<sup>1</sup>Villagrán, García José, *Teoría de la arquitectura*, México, 1964, p.33

<sup>2</sup>Vitruvio, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, trad. directa del latín Blánquez Agustín.

<sup>3</sup>Idem. 2.

<sup>4</sup>Idem. 10 p. 30

<sup>5</sup>Koenigsberger, O., et. al, *Manual of Tropical Housing and Buildin*, Londres, Inglaterra, 1974.

<sup>6</sup>Idem. 10, pp. 29-30

<sup>7</sup>Idem. 10, p. 37

<sup>8</sup>Idem. 10, p. 41

<sup>9</sup>Ramón, Fernando, *Ropa, sudor y arquitecturas*. España 1980.

<sup>10</sup>Idem. 10, p. 46

<sup>11</sup>Givoni, Baruch. *Man, Climate and Architecture*. Londres, Inglaterra, 1976.

<sup>12</sup>Idem. 21

<sup>13</sup>Idem. 10, p. 48

<sup>14</sup>Gagge, A.P, Nishi y, González, R.R., *Standard Effective Temperature. A Single Temperature Index of Temperature Sensation and Thermal Discomfort*. Londres, Inglaterra, 1972.

<sup>15</sup>Idem. 10, pp. 52-53

<sup>16</sup>Olgay, Victor, *Design with Climate*, Princeton University Press, 1963.

<sup>17</sup>Fanger, P.O., *Thermal Confort*. Robert E.Krieger Publishing Company, Malabar, FL.

<sup>18</sup>Bjorn, Kvisgaard, *Thermal Confort*. Dinamarca 1997.

<sup>19</sup>Ashrae. *Handbook Fundamentals 1997*, Atlanta, E.U., capítulo 8, pp. 8-12

<sup>20</sup>Idem. 19, pp. 8-13

<sup>21</sup>Idem. 19, pp. 8-15

<sup>22</sup>Mesa Arizabalo, Néstor Alejandro, *Parámetros que intervienen y se interrelacionan para definir la zona de confort higrotérmico dentro de un ambiente arquitectónico diseñado para la práctica de actividades deportivas*, UNAM, México, 1997.

#### Bibliografía

Ashrae, *Handbook Fundamentals*, I-P Ed. American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Inc. Atlanta GA, EU., 1997.

Fanger, P.O., *Thermal Comfort*, Danish Technical Press, Copenhagen 1970. Ed. Mc Graw Hill, New York, EU, 1973.

Givoni, Baruch, *Man, Climate and Architecture*, Applied Science Publishers, Ltd., Londres, Inglaterra, 1976, p. 483.

González, Eduardo, Hinz Elke, Oteiza Pilar de y Quiroz Carlos, *Proyecto, clima y arquitectura*, vol. 1, 2 y 3, primera edición, Instituto de Investigaciones de Arquitectura y Sistemas Ambientales, Facultad de Arquitectura, Universidad de Zulia, Maracaibo y Ed. G. Gili.

Mayorga, Cervantes Juan Raymundo, *Apuntes de Arquitectura Bioclimática*, Registro SEP. No.73520, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura unidad Tecamachalco, Instituto Politécnico Nacional, Estado de México, 1995, p.50.

Mesa Arizabalo, Néstor Alejandro, *Parámetros que intervienen y se interrelacionan para definir la zona de confort higrotérmico dentro de un ambiente arquitectónico diseñado para la práctica de actividades deportivas*. Tesina para obtener el diploma de especialista en heliodiseño, Posgrado en Energía Solar de la Unidad Académica de los ciclos Profesional y de Posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades y la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Arquitectura de la UNAM, DF., México, 1997, p. 78.

Olgay, Víctor, *Design with Climate, Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, EU., p. 190.

Szokolay, Steven V. *Passive and Low Energy Design for Thermal and Visual Comfort*, PLEA 84, Conference Proceedings, D.F., México, 1984, p.p. 11-28. Centro de Documentación INFONAVIT.

Tudela, Fernando, *Ecodiseño*, Colección Ensayos, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco, D.F., México, 1982, p. 235.

Villagrán, García José, *Teoría de la Arquitectura*, primera edición. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México, 1988, p.530.