



INSTITUTO DE ARQUITECTURA TROPICAL

PRINCIPIOS DE ARQUITECTURA DOMESTICA EN EL TROPICO

LA FORMA SIGUE AL CLIMA
Charles Correa

ARQUITECTURA TROPICAL
C.P. Kukreja

PRINCIPLES OF DOMESTIC ARCHITECTURE IN THE TROPICS

FORMS FOLLOWS CLIMATE
Charles Correa

TROPICAL ARCHITECTURE
C.P. Kukreja



Fundación Príncipe Claus para la
Cultura y el Desarrollo

FUNDACION PRINCIPE CLAUS
PARA LA CULTURA Y EL DESARROLLO

LA FORMA SIGUE AL CLIMA

Vivir en el tercer mundo es responder al clima. Nosotros sencillamente no podemos desperdiciar la energía requerida para climatizar una torre de cristal bajo un sol tropical. Y esto, por supuesto, es una ventaja. Significa que el propio edificio debe por su forma, crear "controles" que necesita el usuario.

Este grado de control climático involucra bastante más que ángulos solares y persianas; concierne a la sección, a la planta, a la forma y el corazón del edificio. El magnífico complejo imperial en Fateh-pur- Sikri, no es sólo un intento de crear un "tour de force" arquitectónico, en el sentido clásico (escala, proporción, silueta, materiales); también ocurre que está al menos a 10 grados más fresco que el ambiente que lo circunda. Por esto, el patrón de pabellones abiertos, ubicados formalmente en el contexto de patios, incrustados con fuentes y corrientes de agua. Sensacional como aparece esta arquitectura al atardecer, es sólo cuando se está complementados en ella que se entiende el impulso fundamental (la estructura arquitectónica profunda) que genera esta forma. Es la necesidad de controlar la luminosidad, el movimiento del aire y la temperatura; es decir, establecer un microclima (y por lo tanto, como veremos, un estilo de vida) para sus usuarios.

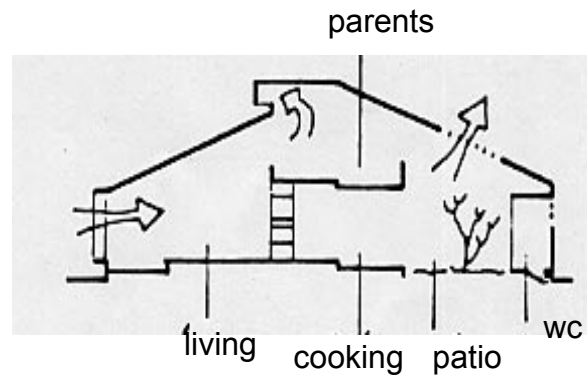
Veremos un proyecto de pequeña escala, que ha tenido un significado crucial en la arquitectura que hemos desarrollado. Fue la casa tubo, la cual ganó en 1961 el premio en el concurso all-India para vivienda social. El concurso exigía unidades recorribles, pero encontramos que podíamos llegar a la misma densidad con unidades de 3,6 metros de ancho. El aire caliente sube por el techo inclinado y se escapa por una abertura en la cumbre: a su vez se introduce aire fresco a través de la ventana para reemplazarlo, y así se establece una corriente por convección natural. Ajustando la posición de las persianas en la ventana, el promedio de intercambio de aire dentro de la casa puede ser controlado:

FORMS FOLLOWS CLIMATE

To live in the Third World is to respond to climate. We simply cannot afford to squander the kind of energy required to air condition a glass tower under a tropical sun. And this, of course, is an advantage For it means that the building itself must, through its very form, create the "controls" the user needs.

This degree of climate control involves much more than just sun angles and louvers; it concerns the section, the plan, the shape and the heart of the building. The Emperor Akbar's magnificent capital complex at Fateh-pur-Sikri is not just an attempt to create an architectural "tour de force" in the classic sense (scale, proportion, silhouette, materials); it also sets out to be at least 10 degrees cooler than the surrounding landscape. Hence the pattern of open pavilions, placed formally in the context of courtyards, inlaid with fountains and running water. Sensational as this architecture appears against the evening sky, it is only when you are within that you comprehend the fundamental impulse (the architectural deep-structure) that generates the form. It is the necessity to control luminosity, air movement and temperature; in short, to establish a micro-climate (and hence, as we shall see, a life-style) for its users.

We now come to a project which, though small in scale, has been of crucial significance in the architecture we have developed. This was a tube house, which in 1961 won the first prize in an all-India competition for low-income housing. The competition brief called for walk-up units, but we found that we could achieve the same density with these units, each 3.6 meters wide. The warm air rises along the sloping ceiling and escapes through a vent at the top: this in turn draws fresh air through the window to replace it, thus setting up a natural convection current. By adjusting the position of louvers in the window, the rate of exchange of air within the house can be controlled:



Un año después, usamos el mismo principio en el diseño de la casa Ramkrishna, una residencia grande y privada cuyo propietario es un millonario de Ahmedabad. La idea era un desarrollo futuro para una ciudad industrial cerca de Kota, Rajasthan, donde hay abundancia de piedra caliza, en longitudes hasta de 3,5 metros (para losas de pisos).

A year later, we used the same principle in the design of the Ramkrishna house, a large private residence belonging to one of the mill owners of Ahmedabad. The idea was then further developed for an industrial township near Kota, Rajasthan, where there is an abundance of local sandstone, in lengths up to 3.5 meters long (for floor spans).

Diseñando estas casas largas y angostas en hileras, desarrollamos 2 secciones básicas:

1. crea un espacio piramidal interno, encerrando el cielo: para ser usado después del mediodía.
2. una pirámide invertida que se abre al cielo para ser usada durante la estación fría y en los atardeceres estivales.

In designing these long narrow row-houses, we developed two basic sections.

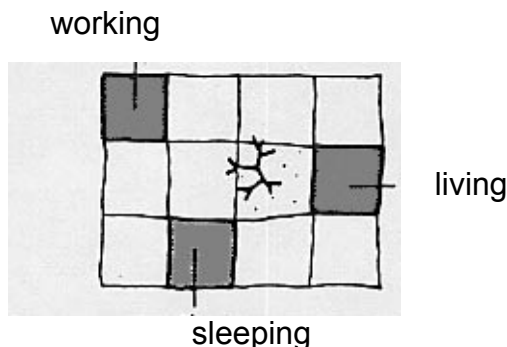
1. The first creates a pyramidal interior space, closing off the sky: it is to be used in the hot afternoons.
2. The other is a reverse pyramid, opening up to the sky. It is to be used in the cold season, and in the summer evenings.

La casa Parekh, construida en Ahmedabad casi al mismo tiempo, tiene la sección de verano bajo el centro de la casa, en sandwich entre la sección de invierno y el área destinada al servicio por el otro. Así, se usan a horas diferentes del día (o año), diversas áreas de la casa.

The Parekh house, built in Ahmedabad around the same time, has the summer section down the middle of the house, sandwiched between the winter section on one side and a service bay on the other. Thus at different times of the day (or year) different areas of the house are used.

Esto nos lleva a que el principio fundamental, a saber, el concepto de fragmentar el programa de un edificio en un número discreto, pero mutuamente complementario de espacios:

Which brings us to that fundamental principle, namely, the concept of fracturing a building program into a number of discrete, but mutually complementary, spaces:

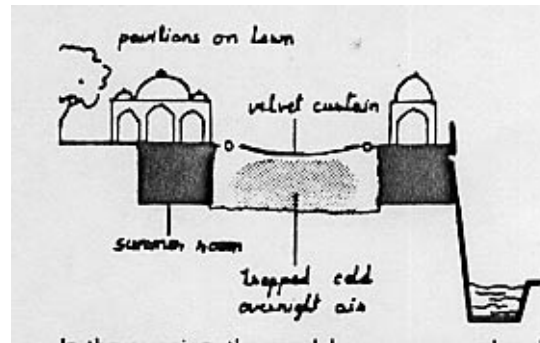


Hemos usado este concepto varias veces, notablemente en la casa Patwardhan en Poona, y en el Museo memorial de Gandhi en Sabarmati Ashram en Ahmedabad.

Los climas cálidos abundan en ejemplos de este tipo de planificación policéntrica, desde el círculo de barro de las chozas de los caciques africanos, hasta los palacios de mármol de los pabellones mogoles. Todos buscan controlar el clima creando un tipo de vida nómada para sus ocupantes, espacios particulares para ser usados en momentos particulares del día. Y este patrón puede cambiar según la estación. Por ejemplo, en el Fuerte de Agra, durante el verano una cortina de terciopelo se estiraba a través de los patios temprano en la mañana, atrapando el aire frío de la noche de los cuartos inferiores:

We have used this concept several times, notably in the Patwardhan houses in Poona, and in the Gandhi Memorial Museum at the Sabarmati Ashram in Ahmedabad.

Warm climates abound in examples of this kind of poly-centric planning, from the circle of mud huts in an African chieftain's house to the marble pavilions of the Mughals. They seek to control climate by creating a nomadic life-style for the occupants, particular spaces being used at particular times of day. And it is a pattern which can change with the seasons of the year. For instance, in the Agra fort, during the summer months a velvet curtain was stretched across the courtyards in the early morning, trapping the cold night air in the lower level of rooms:



En la tarde, el velo se sacaba y el Emperador usaba los pabellones frescos y los jardines de las terrazas. En el frío pero soleado invierno, el patrón se revertía: las terrazas se usaban durante el día y los patios y cuartos inferiores durante la noche.

In the evening, the purdah was removed and the Emperor came out on the cool pavilions and gardens of the terrace levels. In the cold (but sunny) winter, the pattern was reversed; the terrace garden being used during the day, and courts and lower levels at night.

Así, ser inventivo con el clima es ser inventivo con los modos de vida. Para vivir en Fatehpur-Sikri, los mogoles crearon patrones muy diferentes —aunque igualmente reales— a los de Versailles. En Norteamérica, los propietarios de plantaciones cerca de Nueva Orleans adaptaron configuraciones espaciales —y patrones de vida— muy diferentes a las que abandonaron en Europa.

Thus to be inventive about climate one has really to be inventive about life-style. To live in Fatehpur-Sikri, the Mughals created a pattern quite different—though equally royal—to that of Versailles. And in America, the owners of the plantation houses near New Orleans evolved configurations of spaces—and patterns of living—quite different from those they left behind in Europe.

Toda nueva arquitectura y planificación real, en el análisis final, concierne a la concepción de un tipo de vida alternativo. Este es el verdadero tema y oportunidad!- de la crisis energética.

All truly new architecture and planning, in the final analysis, concerns the conception of an alternate life-style. This is the real issue—and opportunity!—of the present energy crisis.

Reducir un desafío tan magnífico como la Arquitectura a un mero juego de superficies y texturas es pasar de lo sublime a lo trivial.

Es un síntoma de la miopía que afecta a los arquitectos modernos en las últimas dos décadas; y podemos decir, que desde siempre han traspasado mucha de su legítima responsabilidad a los ingenieros mecánicos. Recordemos la advertencia de Louis Sullivan, que el edificio es como una oración: no puede componerse sólo de adjetivos y signos de exclamación. Tiene que tener sintaxis. El clima, - plataforma perenne de la invención arquitectónica- puede suplir la estructura profunda que necesitamos”.

Charles Correa, “Form Follows Climate, Architectural Record, July 1980, pages 89-90.

ARQUITECTURA TROPICAL

“En el trópico los edificios tienen que diseñarse razonados con sumo cuidado y con gran respeto al clima. Sombra y protección de las tormentas de polvo son las prioridades básicas en algunas regiones, mientras en otras regiones, la ventilación y el atrapar las corrientes de aire y brisas son las consideraciones primarias.

Generalmente, las casas tropicales tienen tres tipos de espacios: interior, exterior y una combinación de interior-exterior que consiste en un corredor o una loggia.

Durante el día las gruesas paredes y el techo, previenen que la entrada de rayos solares calienten el interior. En horas tempranas, la temperatura desciende considerablemente y el calor, que habían almacenado durante el día, se descarga interna y externamente a través de la radiación y la ventilación natural. En estas regiones la gente se climatiza usando el espacio exterior como patios, techos, y jardines privados para vivir y especialmente para dormir.

Los patios y jardines privados son extensos, evitando la monotonía y dureza del paisaje árido. En Medio Oriente y en el Norte de Africa, las casas se construyen en grupos, por lo tanto presentan un frente sólido para enfrentar la presión y actuar como filtros del ambiente. Las chozas de barro y ladrillos se congregan alrededor de patios comunales o privados que

To reduce a challenge as magnificent as architecture to a mere juggling of surfaces and textures is bathos indeed, h is a symptom of the crippling myopia that has affected the modern architect for the last decade or two; that is to say, ever since he handed over so much of his legitimate responsibilities to his mechanical engineers, h calls to mind Louis Sullivan’s caveat, that a building is like a sentence: it cannot consist exclusively of adjectives and exclamation signs. It must have syntax. Climate—that perennial springboard of architectural invention—could well supply the deep-structure we need.

Correa, Charles M. “Forms Follows Climate”, Architectural Record, July 1980, pages 89-90.

TROPICAL ARCHITECTURE

In the tropics buildings have to be designed with great care and thought, and with due regard for climate. Shade and protection from dust storms may have the highest priority in some regions, while, in other regions, ventilation and trapping of air currents and breeze are the primary considerations.

Generally speaking, a house in the tropics has three kinds of living spaces: indoor, outdoor, and an indoor-outdoor combination consisting of a veranda or a loggia.

During the day, the thick walls and the roof prevent the sun’s rays from heating the interior. By the early morning hours, the temperature drops considerably and the heat, which the heavy walls have stored up during the day, is discharged both indoors and outdoors through re-radiation and natural ventilation. In these regions people have come to terms with their climate by using outdoor space such as courtyards, roofs, and private lawns for living and, especially, sleeping.

Courtyards and private gardens go a long way towards relieving the monotony and harshness of arid landscapes. In the Middle East and North Africa houses tend to be built in groups, thereby presenting a solid front to withstand the stresses and strains of the environment. Mud and brick huts are congregated around simple private or

funcionan como pozos refrescantes. Estos asentamientos se caracterizan por sus sólidas paredes externas enfrentando la calle y cuartos hacia el patio interno. Durante el verano, una circulación continua de aire fresco y húmedo se mantiene gracias al césped, árboles, enredaderas, fuentes de agua y corrientes, que pueden encontrarse en los patios de la mayoría de las casas de la región.

Un análisis cuidadoso y el estudio de los principios arquitectónicos de otras formas de edificios tradicionales, ilustra sin duda, la forma de mitigar los efectos del áspero clima tropical.

La orientación en arquitectura puede definirse parcialmente como la ciencia de combinar las demandas de sol, viento, y vistas, teniendo lo último una importancia secundaria en áreas de clima cálido y árido. Consecuentemente, el sol debe ser encarado y dominado por el arquitecto desde el comienzo del diseño del edificio. La mejor manera de resolverlo es determinar una orientación inteligente de la estructura y proveer aberturas de tamaño apropiado, como lo demanda la orientación. El objetivo principal es regular la cantidad de sol que se introduce por las aberturas. La orientación correcta sólo puede determinarse tomando en consideración el ángulo solar a distintas horas del día y diferentes estaciones del año, los vientos que prevalecen, etc. Otros factores que influyen la orientación de los edificios son las curvas de nivel, la zonificación y los códigos constructivos, la humedad relativa, los edificios cercanos, las superficies con vegetación y otras condiciones naturales que afectan el microclima del área. Sin embargo, los patrones solares y los vientos locales son los dos factores más importantes que afectan la orientación de un edificio.

ORIENTACIÓN POR EL SOL

La orientación por el sol significa posicionar el edificio de manera que quede aislado del calor o del frío, dependiendo del clima. En climas fríos el calor solar es bienvenido y un edificio en estos climas debe ubicarse para que reciba la mayor radiación posible; de la misma manera, en climas cálidos la orientación de un edificio debe mitigar el impacto solar al máximo. El efecto del sol en una región particular se debe determinar con el apoyo de una carta bioclimática anual. La orientación óptima es

communal courtyards which act as cooling wells. These dwellings are characterized by solid outer walls facing the street and rooms that open on to an inner courtyard. During the summer a continuous circulation of cool, moist air is kept up by means of the grass, trees, vines, and even fountains and waterways, which can be found in the courtyards of most houses of this region.

A careful analysis and study of the architectural principles of other forms of traditional buildings will no doubt illustrate further how the harsh effects of a tropical climate can be mitigated. Orientation in architecture may be partially defined as the science of combining the demands made by the sun, wind, and the view, the latter two having a subsidiary importance in areas with a hot and dry climate. Consequently, the sun must be faced and 'tamed' by the architect from the moment he starts designing a building. This can best be done by beginning with an intelligent orientation of the structure, together with providing wall openings of an appropriate size as demanded by the orientation. The main purpose is to regulate the amount of sun coming in through wall openings by geographic means. Thus, the correct orientation can only be determined by taking into consideration the angle of the sun at various hours of the day and seasons of the year, the prevailing winds, etc. Other factors influencing the orientation of a building are the contours of the site, zoning and building code practices, the relative humidity, the surrounding buildings, surface cover such as trees and shrubs, and other natural conditions affecting the microclimate of the area. However, the behavioural pattern of the sun and local winds are the two most important factors affecting the orientation of a building.

ORIENTATION FOR SUN

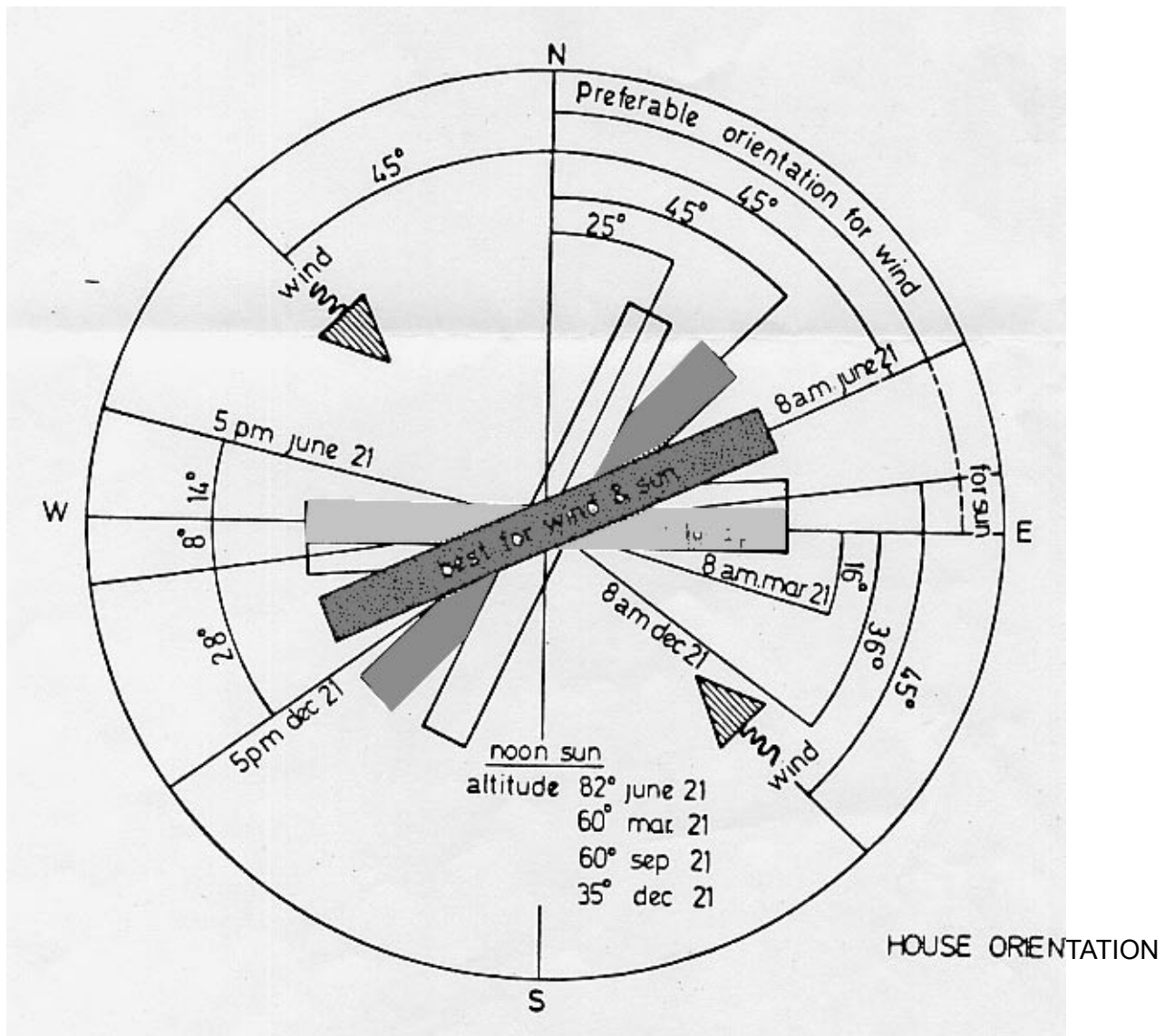
Orientation for sun means positioning a building in such a manner that it is insulated either against heat or cold depending on the climate. In cold climatic conditions the sun's heat is welcome and a building in such a climate should be positioned to receive as much radiation as possible; similarly, under conditions of excessive heat the orientation of a building should be such that the heat impact of the sun is mitigated as far as possible. The effect of the sun on a particular region should be determined

aquella que provee la máxima orientación durante los meses fríos y que reduce los efectos del sol al máximo durante la estación cálida.

Los efectos solares de radiación de varias orientaciones pueden ser trazados en cartas, las cuales muestran los promedios de radiación directa recibida en el área durante los períodos fríos y calientes y las temperaturas horarias típicas.

with the aid of annual bioclimatic charts. The optimum orientation of a site is that which affords maximum radiation during the colder seasons while reducing the effect of the sun to a minimum in the hot periods.

The effects of solar radiation upon various orientations can be plotted on charts, each showing the average direct radiation received in the area during the colder and hotter periods and the typical hourly air temperatures.



CARTA DE ORIENTACIÓN A LOS VIENTOS

Resultados de los estudios llevados a cabo para Chandigarh, India, relacionados a los vientos prevaientes en el microclima y las condiciones solares más favotables.

WIND CHART

Results of the orientation studies carried out for Chandigarh, India concerning prevailing microclimatic winds and most favourable sun conditions desired.

ORIENTACIÓN POR EL VIENTO

Para evaluar los efectos específicos del viento en el bienestar humano, las variaciones anuales y mensuales de los vientos prevalecientes, su velocidad y temperatura, deben ser analizadas por su dirección. Deben estudiarse los efectos internos y externos al edificio. Para lograr un balance el movimiento del aire debe ser evaluado positiva y negativamente. Deben ser bloqueados durante los períodos fríos, pero admitidos y utilizados en los períodos de calor.

Las corrientes muy veloces no aumentan el bienestar, por lo que hay que establecer un límite de 90 m por minuto durante el día y 60 m por minuto en la noche, en el interior. Si esto no equilibra el calor o la presión atmosférica, se deben emplear reguladores mecánicos.

Una vez encontrados la mejor orientación al sol y viento, separadamente, es fácil encontrar la orientación para ambos combinados, como se muestra en la carta de vientos.

La ventilación en una vivienda sirve las funciones básicas de salud y bienestar.

Para mantener las condiciones sanitarias es necesaria una ventilación permanente. La falta de ventilación en barrios muy densos facilita la transmisión de enfermedades y contribuye a la incomodidad y presión que causa la falta de aire. A menos que el aire interno pueda circular, la humedad aumentará por la transpiración y respiración de sus ocupantes, causando condiciones opresivas y desagradables.

El mejor promedio de aire fresco en un cuarto dependerá de su uso, del número de ocupantes y de las preferencias y hábitos individuales. El promedio de aire fresco se mide en términos de aire de recambio por hora o tantos pies cúbicos de aire por hora.

En regiones calientes y áridas, como las del Golfo y alto Egipto, donde la mayoría de puertas y ventanas permanecen cerradas durante el día por las tormentas de arena y el calor excesivo, las aberturas para ventilación deben estar ubicadas en las partes altas de las paredes y deben ser bien deflectadas. A menos que la ventilación sea así diseñada, el usuario probablemente cerrará las aberturas para mantener el aire con polvo fuera.

ORIENTATION FOR WIND

In order to specifically evaluate the effects of wind on human comfort, both the annual and monthly variations of wind prevalence, its velocity, and its temperature must be analyzed by direction. One has to study the effects of prevailing winds both on the outside and the inside of dwellings. In order to achieve a comfort balance, air movements have to be evaluated as both 'positive' and 'negative'. They should be blocked as much as possible during the under-heated periods, but should be admitted and utilized during the hotter seasons.

However, high velocity air flow does not enhance comfort, so a limit should be set of 90 meters per minute in daytime and 60 meters per minute at night for air movements inside a structure. If this does not balance the heat or vapour pressure conditions, mechanical conditioning should be employed.

After finding the best orientations for sun and wind separately, it is easy to find the right orientation for both sun and wind combined as shown in the wind chart.

Ventilation in a dwelling serves the basic function of providing health and comfort. To maintain healthy conditions, permanent ventilation is necessary. Lack of ventilation in crowded living quarters has been known to facilitate the transmission of diseases and to contribute to discomfort and stress through 'stuffiness' or lack of air. Unless the air inside a building is allowed to circulate, the humidity will rise through the breathing and sweating of its occupants, causing oppressive and unpleasant conditions.

The optimum rates of fresh air supply depend upon the purpose for which a room is used, the number of occupants, and individual preferences and habits. The rate of fresh air supplied is measured in terms of air-change per hour or so many cubic feet of air per hour.

In hot, dry regions such as the Gulf countries and upper Egypt, where most doors and windows are kept shut during the day to avoid the sand and the excessive heat, openings for ventilation should be placed high upon the walls and should be well-baffed. Unless the ventilation is so designed, the occupants will most probably block the openings in order to keep the dust-laden air out.

En climas cálidos, donde la humedad es alta, el bienestar depende no sólo del promedio de aire fresco que entra a un cuarto, sino de la velocidad con que se mueve en la piel del usuario, promoviendo enfriamiento por evaporación.

Los movimientos naturales del aire pueden inducirse por el efecto de almacenamiento o por diferencia de presión.

EFECTO DE TIRAJE

Las diferencias de temperatura entre el aire interno y externo del edificio, debidas a la disparidad en el peso, causan el desplazamiento de la columna de aire caliente hacia arriba. A mayor diferencia de temperatura mayor será la altura entre la entrada y salida y mayor su tamaño y más vigoroso el efecto de tiraje.

El efecto de tiraje es una contribución decisiva al movimiento del aire en áreas que experimentan enfriamientos repentinos – por ejemplo, al atardecer, cuando el aire está estancado y el viento es muy lento, como en los desiertos del Medio Oriente.

Las viviendas en un clima cálido y húmedo deben estar abiertas a las brisas, y donde éstas existen el efecto de tiraje será disimulado y volverá a ser significativo sólo cuando el viento disminuya en el atardecer y/o cuando la temperatura descienda.

DIFERENCIA DE PRESIÓN

La diferencia de presión produce vientos. Cuando la presión del aire baja, el aire se desplaza desde las áreas adyacentes de presiones más altas. La de alguna manera parecida, pero a pequeña escala de las diferencias de presión de las casas, es causada por el impacto de estos vientos porque el aire tiene un alto grado de inercia y no cambia de dirección voluntariamente.

Un área de baja presión puede ser utilizada para producir el rápido movimiento del aire a través del edificio. Es importante recordar que cualquier cambio en la dirección del flujo de aire usa energía y por lo tanto, lo desacelera. Puesto que la eficiencia del enfriamiento de la ventilación depende de mantener la velocidad

In warm climates, especially where the humidity is high, comfort depends not only on the rate of fresh air supply in a room, but even more on the speed at which the air moves across the skin of the occupants thereby promoting cooling by evaporation.

Natural air movements can be induced in a house by either by stack effect or by pressure difference.

STACK EFFECT

The temperature differences that exist between the air inside and that outside the building due to the weight disparity, cause the warmer air column to rise by displacement. The higher the temperature difference, the greater the height between the inlet and outlet and the larger their sizes, the more vigours will be the 'stack effect'.

The stack effect makes a definite contribution to air movements in areas which experience sudden cooling for example, in the early evening when the sun sets and where still air and low velocity wind are the general experience, as in the desert regions of the Middle East.

Dwellings in a warm, humid climate will generally be open to the breeze, and where breezes are experienced 'stack effect' ventilation will frequently be masked, only to become significant when the wind drops in the, early evening and/or when the temperature falls.

DIFFERENCE OF PRESSURE

A difference in pressure produces winds. When air pressure goes down, air will rush in from adjacent higher pressure areas. The somewhat similar small-scale pressure difference around houses is caused by the impact of these winds because air has a greater degree of inertia and does not change direction willingly.

A low pressure area can be used to move air rapidly through a building. It is important to remember that any change in the direction of an air flow uses up energy and therefore, slows it down. Since the efficacy of cooling ventilations depends on keeping the speed of air relatively high, whatever changes in the direction of air flow that are required should be planned to come as late as possible, after the high velocity

del aire relativamente alta, cualquier cambio en la dirección del flujo de aire que se requiera debe planificarse para retardarlo, luego de que la máxima velocidad ha sido consumida. Los cambios de dirección no deben ser abruptos y deben proveerse en el lado abrigado del viento (sotavento).

Para el mejor efecto en verano, es recomendable tener corrientes en las áreas habitables de la vivienda, la cual se diseña para la máxima velocidad del aire, permitiendo disminuir el flujo cuando sea necesario.

Si la salida y entrada se ubican simétricamente opuestas la una a la otra, el resultado será un patrón de flujo recto, puesto que las presiones externas son iguales. Con aberturas simétricas, el aire entrará al edificio en un ángulo oblicuo acorde con la diferencia de los componentes de la fuerza de la presión. Una vez en el interior, el aire tenderá a seguir su dirección original por inercia, hasta que supere las diferencias de presión y se desviará hacia la salida. Lo mismo sucederá si la presión externa es interrumpida por una ventana.

La falsa idea popular respecto al tamaño de las aberturas es que las grandes aberturas enfrentadas al viento van a "cucharear" el aire hacia el interior, mientras que una pequeña franja abierta en el lado opuesto de la habitación facilitará la ventilación cruzada. En realidad, un diseño inverso sería más adecuado para facilitar la ventilación cruzada.

En el trópico, varios tipos de materiales y técnicas de construcción se han desarrollado a través de la interacción de dos factores. Primero, existen técnicas tradicionales que se han transmitido de generación en generación. Segundo hay resultados de desarrollos arquitectónicos que se han llevado a cabo el último siglo como resultado de la revolución industrial en Europa. A menudo, ambos sistemas se pueden encontrar paralelos, como por ejemplo, en los nuevos proyectos de vivienda en Asia y Africa. Ideas y técnicas exógenas se aplicaron en el trópico con variados niveles de apropiación en un proceso que aún continúa.

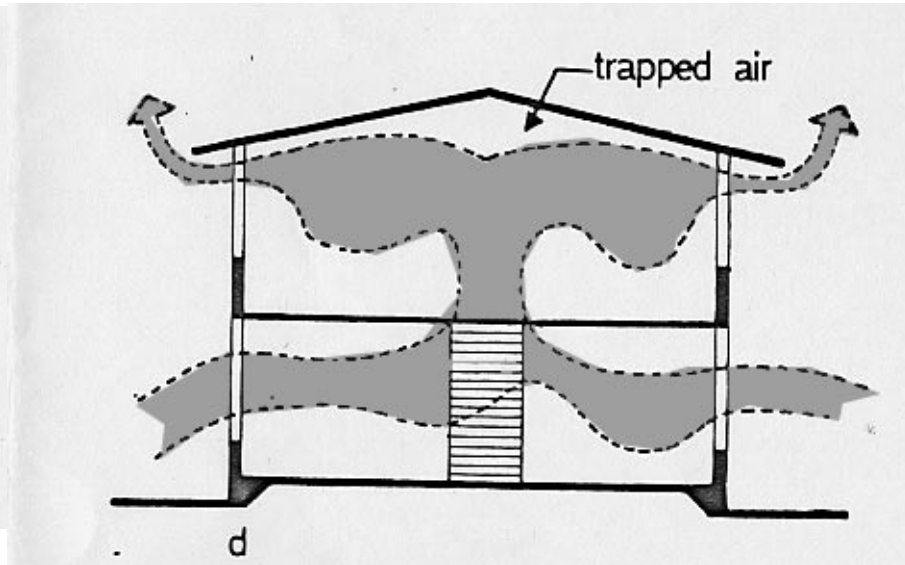
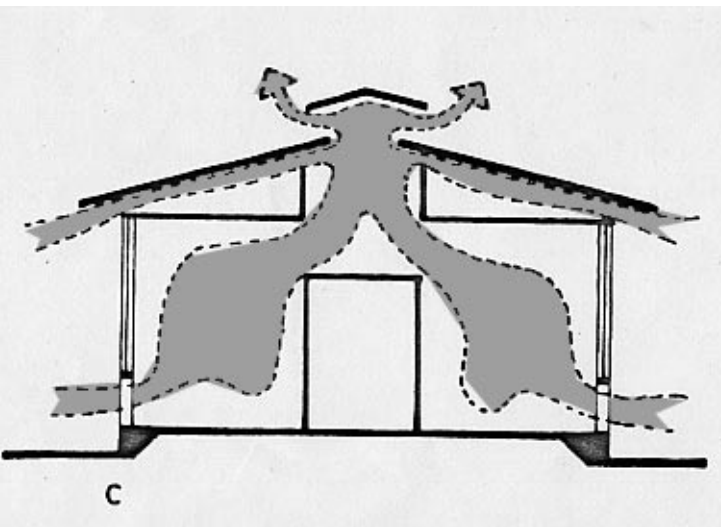
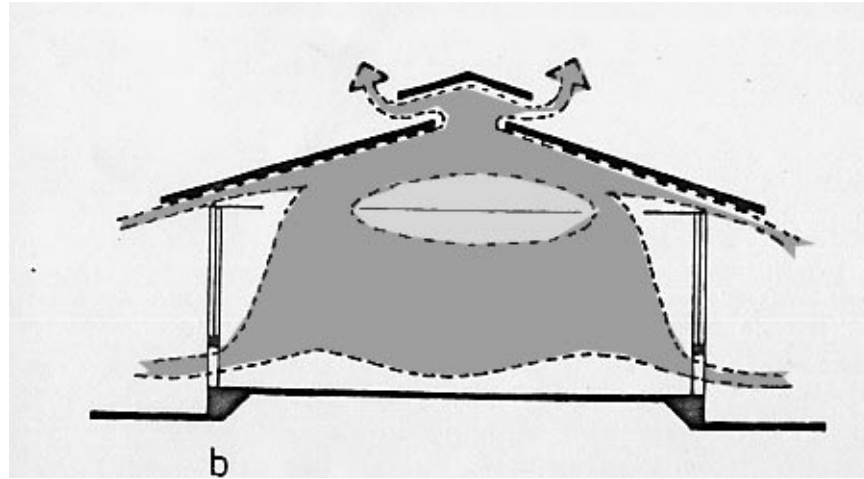
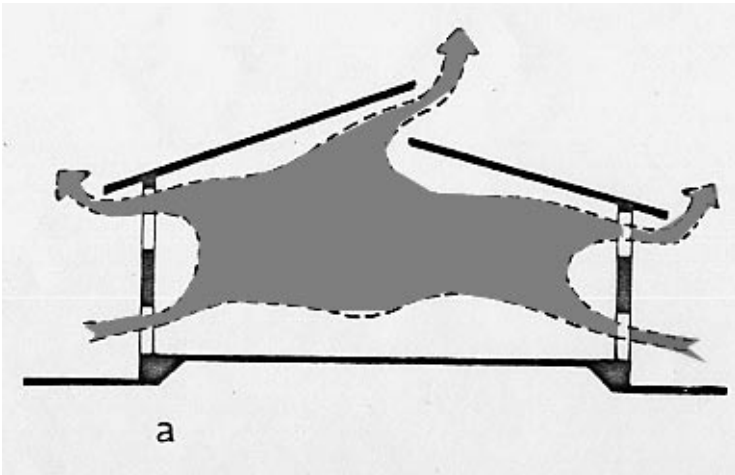
has been expended. Also, such changes in direction should not be abrupt and should be provided for towards the lee side of the building. (sotavento).

For the best effects in summer, it is desirable to have air movements in the living zones of a dwelling, which should be designed for maximum air speed with provisions for decreasing the flow when necessary.

If an inlet and an outlet are placed symmetrically opposite each other, the result will be a straight flow pattern since the external pressures are equal. With symmetrically arranged openings, the air will enter the building at an oblique angle in accordance with the difference in the component pressure force. Once inside the air will tend to follow its original direction by inertia until, overcome by difference in pressure, it will turn towards the outlet. There will be a similar flow pattern if the outside pressure is interrupted by, say, a casement window.

A popular misconception regarding the proper size of openings is the belief that larger openings facing the wind flow will 'scoop' the air into a room while a strip of small openings on the opposite side of the room will facilitate cross-ventilation. Actually, the reverse design pattern would be more suitable to encourage cross-ventilation . . .

In the tropics, various types of building materials and techniques of construction have been evolved through the interplay of two factors. First, there are the traditional techniques which are the outcome of experience passed down from generation to generation. Secondly, the recent results of the architectural developments that took place during the last century as a result of industrial revolution in Europe. Very often these two systems may be found side by side as for example, in new housing projects in Asia and Africa. Exogenous ideas and techniques were applied in the tropics with varying 'degrees of understanding and these have been modified subsequently, a process which still continues.



A. El promedio de cambio de aire es determinado por la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior; el sitio, la ubicación y el diseño de las aberturas y la distancia entre entradas y salidas.

B y C. Ventajas del tiraje para remover el aire caliente de ambos lados de l techo.

D. El aire caliente atrapado bajo la superficie del techo que está más alta que el ventilador.

A. The rate at which air changes take place is determined by the temperature difference between inside and outside air; the site, the location and design of openings and the distance between inlets and outlets.

B & C. Advantages of stack effect to remove warmed air from underside of roof surfaces to assist in keeping the ceiling cool.

D. Warm air trapped under the surface of the roof which is higher than the highest ventilator.

BAMBU

El bambú se usa en el trópico principalmente para vivienda. Por la disponibilidad en el área, es valioso tratar de desarrollarlo como material permanente. Sin embargo, a menos que sea bien seleccionado, almacenado, secado, protegido de la humedad y termitas, el bambú tiene corta vida. Investigaciones para usar bambú para reforzar concreto, se han llevado a cabo en India y en USA; aún un parcial reemplazo del acero por bambú puede conducir a ahorros substanciales y a aumentar el empleo rural.

Las principales características del bambú son un bajo grado de elasticidad, baja adherencia al concreto, un rango limitado de diámetros y longitudes practicables, y un variado contenido de humedad.

Podríamos optimizar el uso del bambú como material de construcción, observando las reglas siguientes:

1. las cañas de bambú completas deben limitarse como refuerzo solamente
2. todo refuerzo debe consistir en media caña con los nudos hacia arriba, para aumentar la resistencia a la presión
3. las cañas deben ser cortadas a 5 cms del suelo y almacenadas verticalmente para secarlas.
4. las medias cañas secas deben sellarse y tratarse para la resistencia sumergiendo ambos extremos en un adhesivo de 25 cm. Luego, ambos extremos deben salpicarse ligeramente con arena y remover el exceso de material. Las resinas plásticas son más baratas e igualmente efectivas que las epóxicas, para la adhesión.
5. una vez tratado como se indica, la caña debe sumergirse durante 4 días en un sellante apropiado (1: 1 mezcla de aceite de lino y trementina).

Para refuerzos, la caña puede sumergirse sin tratar los extremos.

BAMBOO

Bamboo is commonly used throughout the humid tropics for house construction. As bamboo is widely available in these areas, it is worth trying to develop it as a permanent building material. However, unless well selected, stored, dried, and protected from damp and termites, bamboo has a short life. Recently research has been carried out both in India and the USA to use bamboo to reinforce concrete; even a partial substitution of bamboo for steel can lead to substantial savings and increased rural employment.

The main characteristics of bamboo are a low degree of elasticity, low concrete adhesion, a limited range of practicable culm diameters and lengths, and a wide variability of moisture content.

One could optimize the use of bamboo as a construction material by observing the following rules:

1. Whole bamboo culms should be limited to reinforcing distribution only.
2. All reinforcements should consist of half-culms with the nodes exposed upwards to increase bond strength.
3. All culms should be cut approximately 50 mm above ground level and stacked vertically for drying.
4. The dried half-culm bamboos should be moisture sealed and treated for bond by immersing both ends up to a depth of 250 mm in an adhesive. Subsequently, both ends may be lightly sprinkled with coarse clean sand and the excess material removed. Polyester resins are cheaper and equally effective as epoxics for adhesion.
5. After the bamboo has been treated as above the remaining half-culm should be immersed for four days in a suitable sealant (1 : 1 mix of linseed oil and turpentine).
For reinforcing distribution whole culms can be immersed in the sealant without treating the ends.

PALMAS

En las regiones cálidas y húmedas las palmas son muy comunes y tienen formas y densidades muy variadas y generalmente se usan como alimento, para esteras, botes y casas. Los troncos de las palmas se usan para construir la estructura básica de la casa o como vigas para el techo. Las ramas de palma es un material ideal donde las altas temperaturas y humedad, hacen del movimiento del aire una necesidad vital.

Los tallos se usan para paneles no estructurales, muros cortina, pantallas, y como base para estucar. Para construir con este material, primero hay que preparar un marco de madera de postes verticales y vigas con paneles pre-ensamblados de tallos amarrados para formar la pared. Como son altamente apetecidos por las termitas el marco de madera y los tallos, deben ser reemplazados cada 4 o 5 años. Si se usan escudos anti-termitas y se levanta la construcción del suelo, el promedio de vida de la estructura puede alcanzar hasta 15 años.

BARRO Y LADRILLOS

Gracias al bajo costo, el material más común en el trópico rural es el barro o la arcilla. Con sus extraordinarias cualidades, el barro ha dictado tanto los métodos constructivos como el diseño de las viviendas de variadas regiones tropicales por muchos siglos. Las paredes de barro se construyen a menudo en el nivel de cama de las excavaciones, el cual puede variar entre 15 a 30 cms del nivel de piso.

Los techos planos de barro se construyen poniendo viguetas de madera a intervalos adecuados, cubiertos por tablas de bambú, ramas y hojas se superponen y cubren con barro apisonado y estucado. Los pisos generalmente consisten en nivelar la superficie natural, compactarla y luego se acaba con bosta de vaca lavada. Una versión mejorada para la técnica del piso es apisonar tierra y acabarla con 1 pulgada de arcilla mezclada con arena de río. Como el barro tiene menos fortaleza que otros materiales, las paredes de barro han de construirse gruesas. En parte debido a su grosor y por su baja conductividad térmica, los

PALM FROND STEMS

Palm trees occur in varying forms and densities throughout the hot, humid regions and are commonly used as food and to make mats, boats, and houses. The trunks of palm trees are often used for the construction of the basic framework of a house or as roof beams.

Palm frond stems are ideal material where high temperatures and humidity make air movement vital.

The stems of palm fronds can be used for non-structural panels curtain walls, screens, and as a base for plastering. To construct a house using this material, one first prepares a timber framework of vertical posts and beams with pre-assembled panels of palm frond stems tied onto it to form walls. As they are both highly susceptible to termites, the timber framework and the palm frond stems have usually to be replaced every 4 to 5 years. However, by using anti-termite shields and by raising the construction above the ground, the life span of such a structure can be increased to 15 years.

EARTH AND MUD BRICKS

Thanks to its low cost, the most common material of rural construction in the tropics is earth or mud. Possessing extraordinary qualities earth walls have dictated both the construction and the design of dwellings in various regions of the tropics for many centuries. Mud walls are often built straight on the bed level of excavations which may vary from 15 to 30 cm below ground level.

Flat mud roofs are usually constructed by placing wooden joists at suitable intervals, covered by planks or bamboos. Twigs and leaves are then superimposed and topped off by mud which is tamped, screeded, and plastered. Floors are generally made up by dressing and levelling the ground surface, compacting, and then finishing with a wash of cow dung. An improved version of this flooring technique is to ram earth up to the plinth level and finish off with one inch of clay mixed with river gravel. Because mud has less strength than most other construction materials, mud walls are built thicker. Partly due to the thickness

cuartos de paredes de barro son más frescos en climas calientes que los de cualquier otro material. El calor acumulado al exterior de las paredes de concreto y techos debido a la radiación solar, y temperaturas de la superficie, usualmente excede la temperatura del aire. Las superficies de concretos son delgadas y debido a su baja resistencia térmica, conducen el calor al interior. Los muros de barro se calientan menos durante el día e impiden el flujo del calor así es que la temperatura del aire al interior es menor que afuera, mientras en la noche la temperatura está por encima de la del exterior. Por esto, los ladrillos de barro tienen un efecto benéfico en los climas cálidos y áridos, los cuales experimentan amplias variaciones de temperatura entre el día y la noche.

El barro se puede encontrar en variadas formas, desde tierra apisonada, barro, y finos ladrillos. Los ladrillos de barro, en su forma tradicional o mejorados y estabilizados, son un material de gran potencial tanto para uso doméstico como para edificios públicos.

of mud walls and partly due to its low thermal conductivity, rooms built of mud are much cooler in hot climates than those of any other material. Heat builds up on the exterior of concrete walls and roofs due to solar radiation and surface temperatures usually exceed air temperatures. Concrete surfaces being thin and of low resistance conduct heat into the interiors. Mud walls heat up to a lesser extent during the day and deter the flow of heat so that air temperatures in the interior are below those outside, while at night the temperatures are above those prevailing outside. Thus mud bricks have a beneficial effect in hot, dry climates which experience a wide fluctuation between day and night temperatures.

Mud can be found in many forms ranging from rammed earth puddled earth and fine gravel to mud bricks. Mud bricks, either in their traditional form or upgraded and stabilised, are a material of great potential for domestic as well as public buildings.*

Kukreja, C. P. Tropical Architecture. New Delhi, India. Tata McGraw-Hill, 1978, pages 5-6.

SUPPLEMENTARY READING

"Cluster Housing on Hawaii's Windward Coast,"
Architectural Record, September 1980, pages 88-92.

Fisher, T. "Technics: Design for Hot, Arid Climates,"
Progressive Architecture, October 1982, pages 113-118.

Fry, M. and Drew, J. Tropical Architecture in the Dry and Humid Zones. Melbourne, Florida: Robert E. Krieger Publishing Company, Inc., 1982.

Koyna, A. Design Primer for Hot Climates. New York: International Publications Service, 1980.

Moore, D. and Pryce-Jones, D. "Tropical Flair: An Unstudied Sophistication on the Island of Mustique,"
Architectural Digest, November 1981, pages 116-120.

Rivera De Figueroa, C. A. Architecture for the Tropics: A Bibliographical Synthesis. Rio Piedras, Puerto Rico: University of Puerto Rico Press, 1978.