

» (RE)CONECTANDO EL RENDIMIENTO

DE EDIFICIOS CON LA ARQUITECTURA TROPICAL

(RE)CONNECTING « BUILDING

PERFORMANCE WITH TROPICAL ARCHITECTURE

■ PARTE 1

La comunidad global busca alternativas realistas para reducir el uso de combustibles fósiles. El vasto crecimiento del sector de la construcción será una de las mayores preocupaciones de los próximos veinticinco años. Entre 2010 y 2030, 84 mil millones de m² de edificios, nuevos y renovados, serán construidos en ciudades alrededor del mundo. Esto equivale a reconstruir tres veces y media la totalidad del volumen de edificios en Estados Unidos. Casi el 60 % del desarrollo global sucederá en Asia, cerca del 9 % en Latinoamérica y la mayoría de dichos edificios nuevos se construirán en climas tropicales cálidos y húmedos (McKinsey Global Institute, 2012). Para mantener el tipo de condiciones interiores que hemos aprendido a esperar universalmente, los edificios requieren de enormes cantidades de energía. La forma en que definimos "confort" tiene una importancia significativa. ¿Qué sucede si cuestionamos dicha definición? ¿Serán los objetivos tradicionales de climatizar los espacios la única forma de alcanzar el confort térmico?

Existe el mito de que el diseño ecológico tropical se opone a la calidad arquitectónica, basado en la creencia de que el rendimiento de edificios puede ser logrado independiente de la forma arquitectónica. El origen de esto se puede rastrear al surgimiento del aire acondicionado en los

■ PART 1

The global community is searching for realistic options to reduce the use of fossil fuels. The vastly growing building sector will be one of the major concerns in the next 25 years. Between 2010-2030, 84 billion m² of new and rebuilt buildings will be constructed in cities worldwide. That is the equivalent to the rebuilding of the entire US building stock three and a half times over. Nearly 60% of global development will occur in Asia, about 9% in Latin America, and most of these new buildings will be constructed in tropical, warm and humid climates (McKinsey Global Institute, 2012). In maintaining the type of indoor conditions, we have learned to universally expect, buildings require massive energy inputs. The way we define comfort plays a significant role in this. What if we challenge this definition? Are the conventional targets to cool and condition spaces the only way to achieve thermal comfort?

There is a myth that Green tropical design is at odds with architectural quality premised on the belief that building performance can be delivered

tropicos. Se presentaron algunos obstáculos causados por la crisis petrolera y el aumento en costos de energía, lo cual llevó a establecer códigos de construcción en algunos sitios que buscaban mejorar el diseño de envolventes. Las subsiguientes mejoras en la eficacia de los sistemas de refrigeración y ventanas, y la sucesión de estilos y movimientos arquitectónicos, dieron libertad a los arquitectos para que imaginaran la forma sin tener que preocuparse demasiado por la luz natural y la ventilación. Forma y energía se convirtieron, en gran parte, en temas independientes. Los estilos arquitectónicos pasaron de los climas moderados a ser copiados para los trópicos, con base en la idea de que el diseño de fachadas puede ser concebido independiente del clima local. El Movimiento Ecológico, por ejemplo, ha posibilitado que un edificio obtenga la certificación Platino sin mayor compromiso arquitectónico. Una reducción de treinta a cuarenta por ciento en energía —la requerida para una certificación de alto nivel— puede obtenerse, por el momento, a través de la adquisición de sistemas de eficiencia energética, refrigeradores, iluminación, etc. (Kishnani, 2017). De modo que la responsabilidad de ofrecer confort térmico y calidad del aire interior fue delegada por parte de la arquitectura a los llamados sistemas mecánicos innovadores. Esto es más evidente en los edificios altamente acristalados y corporativos, donde el presupuesto para sistemas mecánicos puede llegar a absorber hasta cuarenta por ciento del costo de la construcción.

independently of architectural form. This can be traced back to the advent of air conditioning in the tropics. There was some pushback triggered by oil crisis and increasing energy cost which led to building codes in some places that sought to limit weakness in envelope design. Subsequent improvements to the efficiency of cooling systems and envelope glazing, plus the succession of architectural styles and movements freed architects to imagine form without worrying too much about daylight and ventilation. Form and energy have become, for the most part, independent discussions. Architectural styles became copied from moderate climate to the tropics, premised on the belief that façade design can be imagined to be independent from the local climate. The Green movement has made it possible for a building e.g. to be platinum-rated without deep engagement of architecture. Thirty to forty percent reduction in energy – required for top tier certification – can be attained, for now, through procurement of energy efficient systems, chillers, lights, etc. (Kishnani, 2017). So the responsibility for thermal comfort and indoor air quality became delegated from architecture to so called innovative mechanical systems. This is most noticeable for highly glazed and corporate buildings, where the budget to mechanical systems can absorb up to forty percent of the construction cost.

¿Estarán los arquitectos pasando por alto la oportunidad de (re)apropiarse del diseño y el funcionamiento de sus edificios? A modo de argumento contundente, para que la arquitectura tropical se adecúe al clima, necesitamos revisar la forma en que se define y provee el confort.

» INFORMACIÓN BÁSICA SOBRE EL AIRE ACONDICIONADO CONVENCIONAL

Es práctica habitual, en muchos países tropicales, diseñar edificios con aire acondicionado que operan a temperaturas de 22°C a 24°C durante todo el año, cumpliendo con las rigurosas especificaciones establecidas en los Estándares de Confort Térmico de la ASHRAE 55, ISO 7730, EN 15251 o en otros estándares derivados locales. Estos estándares de confort térmico se sustentan en un modelo de equilibrio térmico desarrollado en la década de 1970 para espacios con aire acondicionado. Los estándares derivados “Static” tienden a preferir temperaturas menores y velocidades de aire bajas, como las logradas por medio de técnicas de aire acondicionado convencionales. Como resultado de la baja temperatura y el ahorro de energía, estos edificios se diseñan sin considerar el entorno y no aprovechan las condiciones exteriores favorables disponibles. Las fachadas son herméticas y se considera que la ventilación natural entra en conflicto con el aire acondicionado.

» LA TEMPERATURA DEL AIRE NO ES CONFORT

Sin embargo, como fue desarrollado en climas de latitud media, se hallaron discrepancias

Are architects missing the opportunity to take (back) ownership of the design and performance of their buildings? To raise a strong argument for tropical architecture to suit the climate we need to revisit the way how comfort is defined and delivered.

» THE BASICS OF CONVENTIONAL AIR CONDITIONING

Common practice in many tropical countries is to design air conditioned buildings that operate at 22 °C to 24 °C all year, satisfying the stringent specifications outlined in the established Thermal Comfort Standards of ASHRAE 55¹, ISO 7730², EN 15251³ or other locally derived standards. These thermal comfort standards are underpinned by a heat balance model developed in the 1970s for air conditioned spaces. The derived ‘static’ comfort standards tend to prefer lower temperatures and low air speeds as achieved with conventional air-conditioning techniques. As a consequence of low temperature and energy saving these buildings are designed as sealed-off from the environment and do not take advantage of favorable outdoor

¹ ASHRAE Standard 55. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE.

² ISO 7730. Ergonomics of the thermal environment. International Organization for Standardization

³ EN 15251. Indoor Environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings. European Norm.

sistemáticas cuando se aplicó en zonas más cálidas. El modelo de equilibrio térmico no explica completamente las condiciones de confort experimentado en edificios con ventilación natural combinados con velocidades de aire altas (de Dear, 2011). Los modelos de confort adaptativo, desarrollados con base en extensos estudios de campo en climas tropicales y subtropicales, sugieren que las temperaturas y la humedad de rangos extensos son aceptables, especialmente si se combinan con velocidades de aire altas (Humphreys, Nicol y Roaf, 2016). El confort adaptativo ofrece la misma comodidad, pero con menor dependencia de los sistemas mecánicos.

» DISEÑO CON VELOCIDADES DE AIRE ELEVADAS

En los trópicos se utilizan, desde hace mucho tiempo, las velocidades de aire elevadas a fin de contrarrestar temperaturas altas. Con los modelos adaptativos, el confort térmico puede ser medido de forma fiable en un amplio rango de los seis parámetros ambientales y personales: temperatura del aire, temperatura radiante media, humedad relativa, velocidad del aire, factor de indumentaria e índice metabólico. En este caso, el efecto de climatización de altas velocidades de aire se puede describir adecuadamente. Este enfoque permite a los diseñadores evaluar estrategias de confort alternativas, como la del Diseño de Sistema Híbrido (*Hybrid System Design*). En estos conceptos, la alta velocidad de aire se combina con el suministro de aire templado y se utiliza en el diseño de edificios donde las fachadas permiten su

conditions available. Façades are closed and natural ventilation is understood to be in conflict with air conditioning.

» AIR TEMPERATURE IS NOT COMFORT

However, being developed in mid-latitude climates, systematic discrepancies were found when applied to warmer zones. The heat balance comfort model does not fully explain thermal comfort conditions experienced in naturally ventilated buildings combined with elevated air speed (de Dear, 2011). Adaptive comfort models, developed based on extensive field studies in tropical and subtropical climates, suggest that extended temperature and humidity ranges are acceptable, especially if combined with elevated air speed (Humphreys, Nicol y Roaf, 2016). Adaptive comfort delivers the same comfort but with lower reliance on mechanical systems.

» DESIGNING WITH ELEVATED AIR SPEED

In the tropics elevated air speed has long been used in practice as a means to offset higher temperatures. With adaptive models, thermal comfort can be reliably evaluated for a wide range of the six environmental and personal parameters: air temperature, mean radiant temperature, relative humidity, air speed, clothing factor and metabolic rate. Here the cooling effect of elevated air speed can be well described. This approach allows designers to evaluate alternative comfort strategies such as Hybrid System Design. In these concepts

apertura a fin de aprovechar la ventilación natural.

» DISEÑO DE SISTEMA HÍBRIDO: ALTO CONFORT – MENOS TECNOLOGÍA – MENOS ENERGÍA

El concepto de Diseño de Sistema Híbrido combina un suministro óptimo de aire fresco templado con ventiladores que aumentan la velocidad del aire para cumplir con los requerimientos de confort térmico. Los índices de aire fresco se diseñan para obtener una buena calidad de aire en los espacios interiores y para mantener bajos los niveles de bióxido de carbono (generado por los ocupantes). Al subir la temperatura en los espacios interiores, los ocupantes pueden incrementar el movimiento del aire a la velocidad deseada. Comúnmente, la velocidad del aire puede oscilar entre una brisa suave y un flujo de aire levemente perceptible.

» DISEÑO PARA LA GENTE – DISEÑO PARA EL CONFORT

A la gente no le atañe la tecnología energética o de la construcción; le interesa cómo se percibe un espacio. Las personas le dan importancia a la calidad de aire en los espacios interiores, la comodidad térmica, la luz natural, las buenas condiciones acústicas, las cualidades espaciales, etc. Si todo esto se puede lograr con menos tecnología y menos energía, mejor aún. Es crucial repensar cómo suministrar el confort y desarrollar edificios y envolventes orientados hacia una alta autonomía en la operación de construcción, buenas condiciones del confort térmico, amplia disponibilidad de luz natural, excelente aire fresco natural,

elevated air speed is combined with supply of tempered air and to design buildings where the facades are openable to take advantage of natural ventilation.

» HYBRID SYSTEM DESIGN: HIGH COMFORT - LOW TECH - LOW ENERGY

The concept of Hybrid System Design combines excellent fresh air supply of tempered air with fans that elevate air speed to satisfy thermal comfort requirements. The fresh air rates are designed for good indoor air quality and to keep carbon dioxide (generated by occupants) levels low. With rising indoor temperatures, the occupants can elevate the air speed at their position as per their personal preferences. Typically, the air speed can range from low breeze to slightly noticeable air flow.

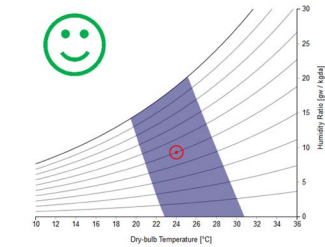
» DESIGN FOR PEOPLE – DESIGN FOR COMFORT

People are not interested in energy or building technology, people are interested in how a space feels. People are interested in the quality of indoor air, thermal comfort, daylight, good acoustic conditions, spatial qualities, etc. If all this can be achieved with low tech- and low energy then the better. So, re-thinking how to deliver comfort and to develop buildings and building envelopes which focus on high autonomy for building operation, good conditions for thermal comfort, high daylight availability, excellent natural fresh air supply etc. by passive design is key. Applying these design principles architects have

AC Comfort



Air temperature (°C)	24
Mean radiant temperature (°C)	24
Air speed (m/s)	0.1
Humidity (%RH)	50
Metabolic rate (met)	1.2
Clothing level (clo)	0.6

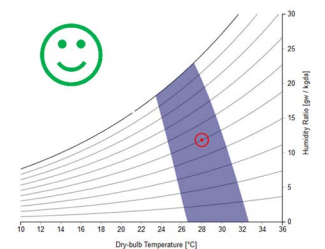


Predicted Mean Vote	0.02
Sensation	Neutral
Standard Effective Temp.	25.1 °C

Adaptive Comfort



Air temperature (°C)	28
Mean radiant temperature (°C)	28
Air speed (m/s)	0.8
Humidity (%RH)	50
Metabolic rate (met)	1.2
Clothing level (clo)	0.6



Predicted Mean Vote	0.13
Sensation	Neutral
Standard Effective Temp.	25.6 °C

Comparison. Conventional AC Comfort and Adaptive Comfort with breeze / Credits: Transsolar

entre otros, por medio del diseño pasivo. Al aplicar estos principios de diseño, los arquitectos disponen de una mayor selección al desarrollar una arquitectura tropical que se adecúe al clima y a la cultura locales.

» DISEÑO POR PROCESO

Dos proyectos ilustran este enfoque. El primero es de la Universidad Flotante de Dhaka, Bangladesh. El segundo es de la Escuela de Diseño Net Zero de la Universidad Nacional de Singapur. El proceso de diseño integral fue crucial para ambos proyectos. En un proceso circular que consistió en verificar que el diseño cumpliera con las metas acordadas, se logró que los sistemas electromecánicos se integraran bien con la planificación espacial y el diseño de la envolvente.

» LO QUE APRENDIMOS

Aprendimos que cuestionar la manera en que definimos el confort juega un papel importante en la búsqueda de soluciones para la arquitectura tropical. En el diseño de confort es clave tener una visión holística de todos los parámetros que constituyen el confort del ser humano. Los diseñadores pueden ampliar sus estrategias de diseño, más allá de concentrarse en una única temperatura ajustada en un punto fijo, para incluir fenómenos físicos de radiación térmica, así como parámetros ambientales como la velocidad del aire con el fin de diseñar para entornos adaptables. En climas cálidos, el Diseño de Sistemas Híbridos constituye una opción atractiva para crear ambientes con-

more choices to develop tropical architecture which suits the climate and local culture.

» DESIGN BY PROCESS

Two projects illustrate this approach. The first is the Floating University, Dhaka, Bangladesh. The second is the Net Zero School of Design of the National University of Singapore. In both projects the integral design process was key for success. In a circular process of verifying that agreed goals are achieved by the design electro-mechanical systems became well integrated with spatial planning and envelope design.

» WHAT WE LEARNED

What we learned is that challenging the way we define comfort plays a significant role in exploring new solutions in tropical architecture. For comfort design a holistic view on all the parameters which make up human comfort is key. Designers can expand design strategies from focusing on a single temperature set point to include physical phenomena of heat radiation as well as environmental parameters such as wind speed to design for adaptive environments. In warm climates a Hybrid Systems Design presents an attractive choice to create comfortable environments with smaller air conditioning systems, reduced chiller capacities and lower energy demand. Adaptive Comfort and Hybrid Comfort Design

fortables con sistemas de aire acondicionado más pequeños, reducidas capacidades de refrigeración y demanda energética más baja. El Confort Adaptativo y el Diseño de Confort Híbrido no son opciones sencillas. Son opciones para una nueva arquitectura que respire, para una nueva estética y soluciones funcionales, para abrir fachadas con mejores conexiones entre el interior y el exterior, para un diseño sensible al contexto que corresponda al clima local y a las condiciones culturales.

■ PARTE 2

» LA UNIVERSIDAD FLOTANTE EN DHAKA, BANGLADESH

La Universidad está construida en un lago artificial contaminado ubicado en una zona en las cercanías de la creciente ciudad de Dhaka, con una población de dieciocho millones. Se trata de un clima mixto de temperaturas moderadas; húmedo durante los meses de invierno y de cálidas y húmedas condiciones durante el verano y los meses del monzón. El equipo ha estado trabajando estrechamente con el cliente, BRAC (Building Resources Across Communities, la ONG más grande del mundo), en el desarrollo de un edificio que no sólo ofrece instalaciones educativas, sino que es también para BRAC un recurso de enseñanza de estrategias para el diseño resiliente y de bajo consumo energético. La firma de arquitectos encargada del proyecto es WOHA Architects, Singapur; su diseño de la Escuela de Arte en Singapur, con espacios ventilados no acondicionados, sirvió de modelo. El concepto

are not a poor man's choice. It is a choice for a new breathing architecture, for new aesthetic and functional solutions, for opening up façades with better indoors-outdoors connections, for context sensitive design in response to local climate and cultural conditions.

■ PART 2

» THE FLOATING UNIVERSITY, DHAKA, BANGLADESH

The university is built on the site of a polluted man-made pond in the rapidly expanding city of Dhaka, with a population of 18 million. It is a composite climate with moderate temperatures and humidity for the winter months and hot and humid conditions for the summer and monsoon months. The team has been working closely with the client BRAC (Building Resources Across Communities – the world's largest NGO) to develop a building that not only provides educational facilities but is itself a teaching resource for BRAC of strategies of resilient and low-energy design. The design architects commissioned are WOHA Architects, Singapore. Their design of the School of Arts, Singapore with natural ventilated but unconditioned spaces was serving as role model. The comfort concept of unconditioned class rooms needed to be adapted to the local climate of Dhaka and has led to a hybrid systems design. The architects of records are J.A. Architects. In 2017 the BRAC University project was winning the Lafarge-Holcim Award in Bronze for Asia Pacific.

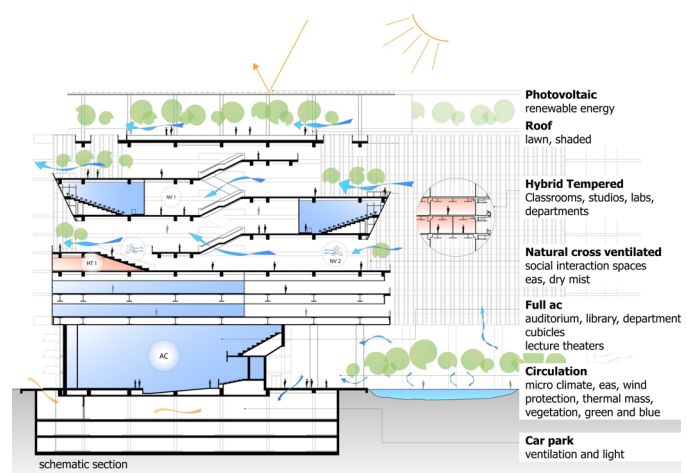


1.

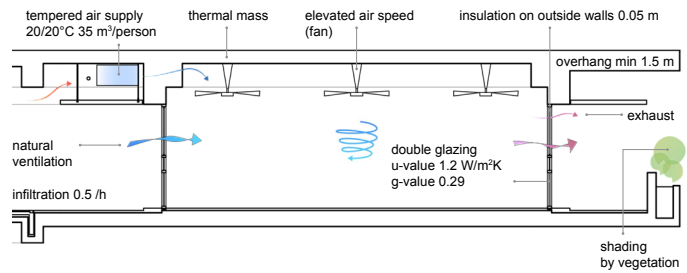


2.

3.

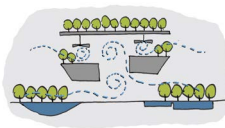


5.

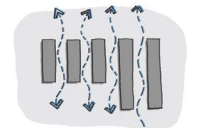


- controlled supply of fresh air to ensure high indoor air quality
- supply air from the inner corridors
- exhaust via outside façade to ensure good supply air quality
- tempered air conditions to create good comfort with elevated air speed

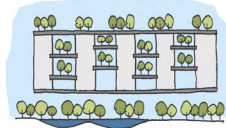
6.



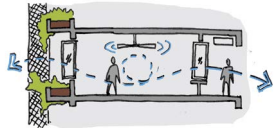
The breezeways flow through the section.



The key diagram is the academic blocks separated by breezeways.

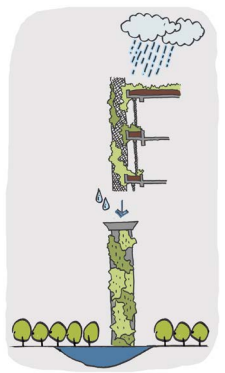


Amenity spaces are distributed throughout the building from ground to rooftop.



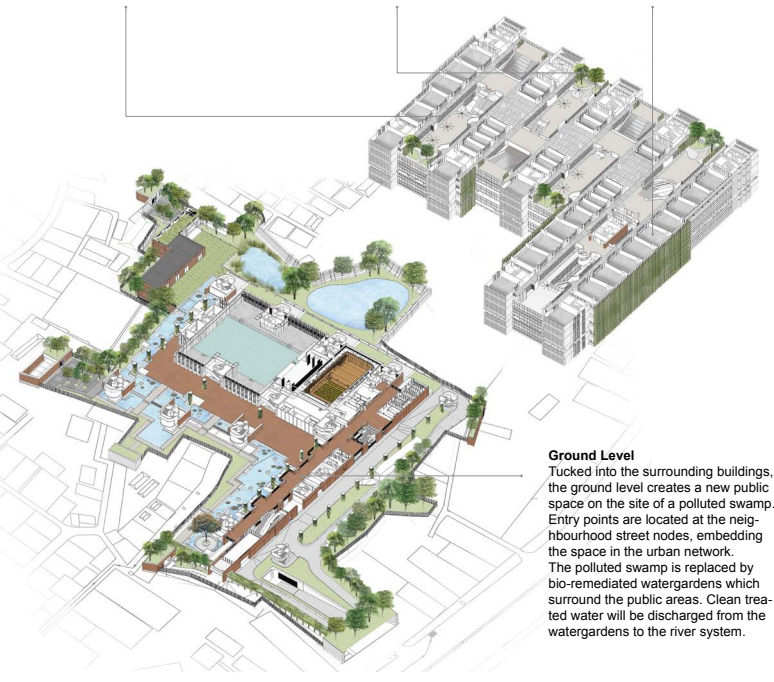
Classrooms are cross-ventilated to the breezeways.

Academic Strata
The classroom blocks are organized as a series of cross-ventilated One-Room-Thick elements which flank hanging public spaces and sky gardens. The spatial arrangements define a three dimensional urban matrix, a City within a City.



Rainwater is looped through the vertical gardens and retention ponds.

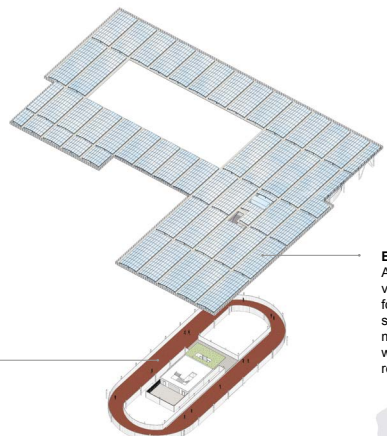
4.



Ground Level
Tucked into the surrounding buildings, the ground level creates a new public space on the site of a polluted swamp. Entry points are located at the neighbourhood street nodes, embedding the space in the urban network. The polluted swamp is replaced by bio-remediated watergardens which surround the public areas. Clean treated water will be discharged from the watergardens to the river system.

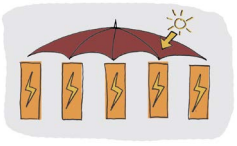


Rooftop
Gardens and the recreational areas cover the roof. A grass Padang for assembly and recreation, and a water sports centre are surrounded by planting. Despite the high density, there is more open space provided within the building than the entire site area.



Sports Mezzanine
A running track and other sports facilities float over the water sports area.

Energy Parasol
A tropical umbrella of PV panels harvests the maximum possible energy for the university, while providing shade and diffused light for the common spaces below. The PV canopy will contribute 25% of the energy requirements.



1. Rendering of BRAC University building, the Floating University / Credits: WOHA Architects

2. Rendering with aerial view of BRACU building with PV roof / Credits: WOHA Architects

3. Construction site, a polluted swamp / Credits: WOHA Architects

4. Concept of city within a city / Credits: WOHA Architects

5. Thermal zoning, section / Credits: Transsolar

6. Schematic section with concept elements of hybrid system / Credits: Transsolar

de comodidad en los salones de clase no acondicionados necesitaba ser adaptado al clima local de Dhaka y dio lugar al diseño de sistemas híbridos. Los arquitectos encargados de la ejecución del proyecto son J.A. Architects. En 2017, el proyecto universitario de BRAC obtuvo el Premio LafargeHolcim, en la categoría de Bronce, para la región Asia-Pacífico.

» MODELO DE INNOVACIÓN, SOSTENIBILIDAD E IDENTIDAD LOCAL

BRAC figura entre las ONG más grandes del mundo, con sede en Bangladesh. Se espera que el nuevo campus universitario de BRAC se convierta en un edificio universitario emblemático, no sólo en Bangladesh, sino en toda la región subtropical asiática. Su excepcional arquitectura combina el diseño de alto confort y bajo consumo energético y respeta los principios de diseño sostenible y local. El diseño del edificio refleja la identidad cultural y climática de Bangladesh y maximiza la flexibilidad de transición y uso interior y exterior de espacios para sus usuarios.

» ALTO CONFORT - BAJA ENERGÍA PARA 11 000 PERSONAS

El nuevo edificio universitario de 130 000 m² hospedará aproximadamente a 11 000 personas en un solo edificio de once pisos. El programa incluye un gran salón multiusos, salas de conferencia, auditorio, departamentos, laboratorios, aproximadamente 80 salones de clase, áreas deportivas, jardín de azotea, pista de atletismo, entre otros. Desde el principio, el cliente y el equipo de diseño acordaron establecer una declaración de su misión orientada hacia la sostenibilidad

» MODEL OF INNOVATION, SUSTAINABILITY AND LOCAL IDENTITY

BRAC is among the world's biggest NGOs, based in Bangladesh. The BRAC University new campus is supposed to become a landmark university building not only in Bangladesh but also in whole subtropical Asian region. The outstanding architecture is combined with a high comfort and low energy design and respects sustainable and local design principles. The building design reflects the cultural and climatic identity of Bangladesh and maximizes the flexible transition and use of indoor and outdoor spaces for its users.

» HIGH COMFORT - LOW ENERGY FOR 11,000 PEOPLE

The new university building will host about 11,000 people in one single building of about 130,000 m² on 11 floors. The program comprises a large multi-purpose hall, lecture theatres, auditorium, departments, laboratories, about 80 classrooms, sport areas, roof garden, running track, etc. From the very beginning the client and design team agreed on a mission statement for sustainability and pushing the design beyond conventional envelope of practice. Putting

e impulsar el diseño más allá del de las envolventes convencionales que se ven en la práctica. Dando prioridad a la comodidad de las personas, el diseño crea excelentes cualidades espaciales con alta autonomía de luz natural, buen confort térmico y excelente calidad del aire en un diseño robusto y resiliente. La dependencia en sistemas mecánicos y la demanda energética se redujo al mínimo.

» CONFORT ADAPTATIVO CON SISTEMAS DE BAJO COSTO

El proyecto emplea un concepto climático innovador basado en confort adaptativo y ventilación híbrida. El concepto combina un nivel excelente de aire fresco, suministrado como aire templado mediante una tecnología de ventiladores de vanguardia para incrementar la velocidad del aire. Para el proyecto universitario de BRAC, este enfoque ha sido consecuentemente verificado e implementado dejando atrás los caminos del diseño convencional de ventilación mecánica y aire acondicionado (MVAC) con refrigeración excesiva de los espacios cerrados. El confort adaptativo ofrece el mismo nivel de comodidad, pero con menos dependencia técnica en los sistemas mecánicos. El diseño es mucho más eficiente a nivel energético que un sistema de sólo aire acondicionado; ej.: en los numerosos estudios y salones de conferencias la demanda de energía para su refrigeración se redujo en casi un 50%. Conceptualizar esta fundamental y diferente forma de crear confort en las muchas y variadas áreas

people's comfort first, the design creates excellent spatial qualities with high daylight autonomy, good thermal comfort, excellent air quality in a very robust and resilient design. Reliance on mechanical systems and energy demand is reduced to a minimum.

» ADAPTIVE COMFORT WITH LOW-COST SYSTEMS

The project employs an innovative climate concept based on adaptive comfort and hybrid ventilation. The concept combines excellent fresh air level supplied as tempered air with state of the art fan technology for elevated air speed. For the BRACU project this approach has been consequently verified and implemented in the design leaving paths of conventional MVAC design with over-cooling of sealed spaces. Adaptive comfort delivers the same level of comfort but with less technical and lower reliance on mechanical systems. The design is significantly more energy-efficient than a comparable all-air-conditioning-system, e.g. for the many studios and lecture rooms electrical energy demand for cooling is reduced by about 50%. Conceptualizing this fundamental different

permitió un significativo ahorro en los costos del presupuesto mecánico, así como en los costos de operaciones futuras.

» ARQUITECTURA QUE RESPIRA. VENTILACIÓN HÍBRIDA

Setenta y cinco por ciento de las áreas cerradas están diseñadas para el confort adaptativo y la ventilación híbrida. El edificio se diseñó con numerosos corredores de brisa abiertos, logrando que un 40% del área estuviera conformado por espacios semi-cerrados con ventilación natural. Dichos espacios fueron diseñados para un confort exterior, con velocidad de aire elevada, para que los usuarios los utilicen como espacios de interacción social, de aprendizaje informal, entre otros. Los corredores de brisa conectan con eficacia las áreas interiores con las condiciones ambientales. Sólo se instalan sistemas descentralizados en cada piso donde lo mecánico es necesario. Así, los cuartos mecánicos centrales y los ductos se reducen a un mínimo.

» HISTORIA DE ENERGÍA

Con el enfoque del diseño integral, el desempeño del concepto y del sistema se mejoró paso a paso, reduciendo la demanda de energía significativamente. La creación de una historia de energía sostenible sustentó la implementación de los conceptos a través de las fronteras disciplinares. El total de la demanda de energía eléctrica se reduce a un 40% en comparación a los diseños convencionales. Cerca de un 25% de ésta se cubrirá por medio de energía producida por la

way of creating comfort across the many different program areas allowed for significant cost savings in the mechanical budget as well as for future operation costs.

» BREATHING ARCHITECTURE HYBRID VENTILATION

About 75% of the enclosed areas are designed for Adaptive Comfort and Hybrid Ventilation. The building is designed with plenty of open breezeways creating about 40% of the area as natural ventilated semi enclosed spaces. These spaces are designed for outdoor comfort with elevated air speed to serve occupants as social interaction spaces, informal learning spaces etc. The breezeways effectively connect internal areas to ambient conditions. Only where mechanical are needed, central systems are located floor by floor. Therefore, central mechanical rooms and shafts are reduced to a minimum.

» ENERGY STORY

With the integral design approach, the concept and system performance was improved step by step reducing energy demand significantly. Creating a sustainable energy story supported the implementation of the concepts across the disciplinary borders. The total electrical energy demand is reduced by about 40% compared to conventional design. About 25% thereof will be covered

instalación fotovoltaica en la cubierta. La adaptación de estos números tan abstractos a un contexto personal sustenta la aceptación a la inversión en sistemas renovables.

» ESCUELA DE DISEÑO NET ZERO EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SINGAPUR

La extensión de la Universidad Nacional de Singapur destinada para la Escuela de Diseño y de Medioambiente tendrá un excepcional edificio de energía neta nula (*net-zero*) en los trópicos. Con una superficie total de construcción de 8.500 m², el edificio de cinco pisos acomodará laboratorios, estudios y talleres de diseño para las escuelas de arquitectura y de diseño de interiores, paisajes y productos. Como escuela que hace énfasis en las tecnologías de energías eficientes, la extensión debía representar los principios que sustenta y tenía que ser un ejemplo para los estudiantes, profesores y la amplia comunidad del diseño. Como resultado de un concurso internacional de diseño, se contrató para el diseño a la firma Serie Multiply Architects, de Londres y Singapur. El diseño se inició en 2014. Surbana, de Singapur, suministra los arquitectos de registro y el MEP. El contratista es Kajima, Singapur. La nueva escuela se abrirá a la Universidad en enero de 2019.

by photovoltaics produced on the roof canopy. Setting these highly abstract numbers in a personal context supports the acceptance for investment in renewable systems.

» NET ZERO SCHOOL OF DESIGN AT NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE

The National University of Singapore's extension for the School of Design & Environment will be an outstanding net-zero energy building in the tropics. With a gross floor area of 8,500 m², the five-story building will accommodate labs, design studios and workshops for the schools of architecture and interior, landscape and product design. As a school with an emphasis on energy-efficient technologies, the extension had to embody the principles it espoused and had to be an example to the students, faculty and extended design community. From an international design competition Serie Multiply Architects, London and Singapore was commissioned for the design. The design started in 2014. Architects of record and MEP is delivered by Surbana, Singapore. The contractor is Kajima, Singapore. In January 2019 the new school will be opened to the university.



1.
2.



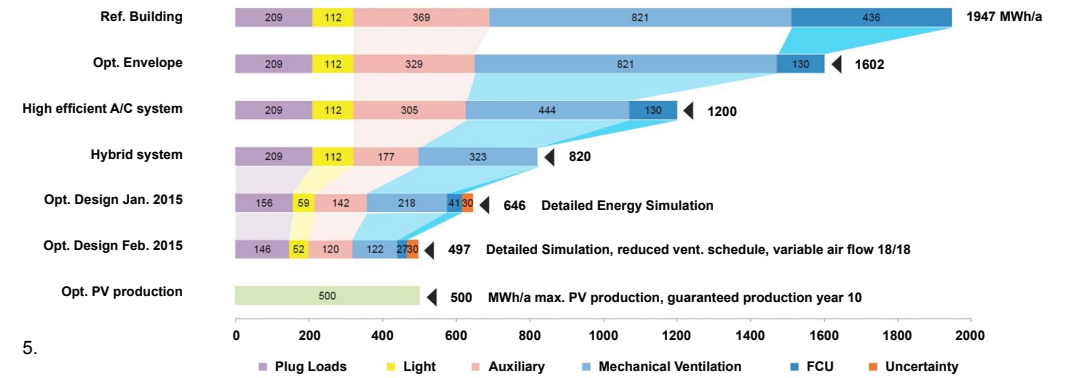
3.

1.- 3. Rendering School of Design and Environment (SDE) at NUS / Credits: Serie Architects

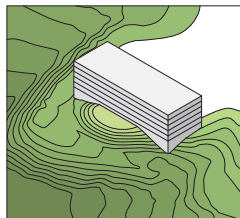
4. Climate responsive design / Credits: SDE, NUS and Serie Architects

5. Energy Story for NZEB / Credits: Transsolar

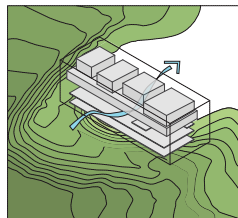
6. Hybrid cooling system, schematics / Credits: SDE, NUS and Transsolar



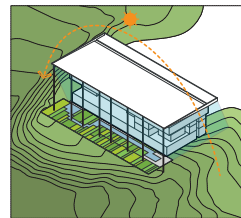
5.



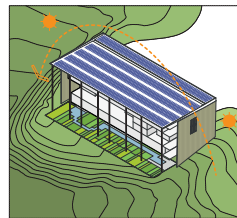
0. Base Case
The standard architectural form with emphasis on enclosure and architecture as object.



1. Language of platforms and boxes
The proposal is based on a series of platforms and boxes. These elements are configured to facilitate different activities. Each platform provides shade for the space below.

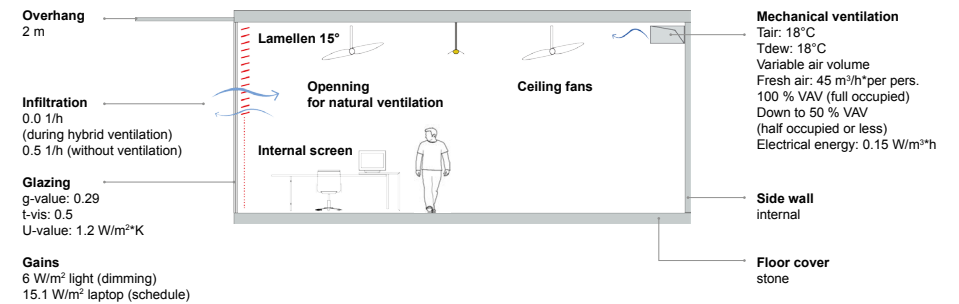


2. Over-sailing roof
Uniting the programmatic components is an over-sailing roof. This roof covers the entire plot and shades the whole composition.



3. Solar screens
Massive solar shading panels provide shade in the morning and the evening. These screens also complete the architectural form. The roof accommodates an array of PV cells which generate additional electricity for the building.

4.



6.

» DISEÑO INTEGRAL

La construcción de un edificio de energía neta nula no es tan sólo un reto tecnológico. Es también un reto para el proceso de diseño; ej., el modo en que el equipo, conformado por el cliente, los arquitectos y los ingenieros, aborda un problema con conocimiento informado. Transsolar asesoró al equipo de diseño a lo largo de siete reuniones de diseño o charrettes, con el objeto de crear un edificio idóneo para los diferentes programas a la vez que cómodo y energéticamente eficiente. Transsolar apoyó al equipo de diseño mediante la utilización de herramientas de simulación de confort térmico, luz natural, deslumbramiento y energía, y con mediciones de confort térmico. Esto dio como resultado un diseño arquitectónico contemporáneo que demuestra una profunda comprensión del clima tropical de Singapur. El diseño incluye un gran techo colgante que, junto con las estructuras occidental y oriental, protege al edificio de la exposición al sol propiciando un ambiente más fresco en el interior.

» ARQUITECTURA TROPICAL

Un diseño arquitectónico optimizado permite una ventilación cruzada eficiente y un buen acceso de luz natural. Integral al concepto de energía neta nula, es la necesidad de repensar los sistemas de aire acondicionado convencionales, los cuales representan un 60% de la carga energética total de un edificio en un país tropical. Esto dio lugar al diseño de un novedoso sistema híbrido de climatización que asegura que los

» INTEGRAL DESIGN

Developing a net zero building is not only technically challenging. It is also a challenge to the design process. i.e. how the team of client, architects, and engineers approach problem in an informed manner. Transsolar guided the design team through seven design charrettes to create a building that serves the various programs while remaining comfortable and energy efficient. Transsolar supported the design team with simulation tools for thermal comfort, daylight, glare and energy as well as with measurements of thermal comfort. This resulted in a contemporary architectural design which demonstrates a deep understanding of the tropical climate of Singapore. The design incorporates a large overhanging roof, which together with the West and East façade structures, shades the building from the sun's heat and provides a cooler interior.

» TROPICAL ARCHITECTURE

An optimized building design enables efficient cross ventilation and good exposure to daylight. Integral to the concept of net-zero energy consumption is the need to rethink conventional air-conditioning, which typically accounts for up to 60% of a building's total energy load in a tropical country. This resulted in the design of

salones no se enfríen en exceso. Los salones se benefician de aire templado, a niveles de temperatura y humedad más altos que los que proveyería un sistema convencional. Esta estrategia de climatización aumenta el confort térmico de los usuarios con un incremento de movimiento de aire provenientes de los ventiladores de techo. El consumo de energía se reduce abriendo ventanas cuando el clima lo permite e instalando aire acondicionado únicamente donde es indispensable.

» DISEÑO *NET ZERO*

1,200 paneles solares PV instalados en el techo recogen energía solar suficiente para cubrir la demanda anual del edificio. La energía proveniente de la red energética se utiliza aquellos días en que la energía solar es insuficiente. Sin embargo, el monto neto obtenido de la red en el curso de un año será cero, logrando así un consumo de energía neta nula.

an innovative hybrid cooling system that ensures rooms are not over-cooled. Rooms are supplied with cool air at higher temperatures and humidity levels than they would be with a conventional system. This cooling strategy is augmented with elevated air speeds from ceiling fans. Electricity consumption is reduced by opening windows when the weather permits and by air-conditioning only where needed.

» NET ZERO DESIGN

1,200 solar PV panels installed on the roof harvest enough solar energy to cover the building's annual demand. Energy from the power grid is used on days with insufficient solar energy, however the net amount taken from the grid over the course of a year will be zero — achieving net-zero energy consumption.



■ REFERENCIAS

ASHRAE Standard 55. (2013). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE.

EN 15251. (2006). *Indoor Environmental Input Parameters for Design and Assessment of Energy Performance of Buildings*. European Norm. Bruselas: CEN/EU Directive.

de Dear, R. (2011). *Adaptive Thermal Comfort, Background, Simulations, Future Directions*.

Humphreys, M., Nicol, F. y Roaf, S. (2016). *Adaptive Thermal Comfort - Foundation and Analysis*. New York, NY: Routledge.

ISO 7730. (2005). *Ergonomics of the Thermal Environment*. Ginebra, Suiza: International Organization for Standardization.

■ REFERENCES

ASHRAE Standard 55. (2013). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE.

EN 15251. (2006). *Indoor Environmental Input Parameters for Design and Assessment of Energy Performance of Buildings*. European Norm. Bruselas: CEN/EU Directive.

de Dear, R. (2011). *Adaptive Thermal Comfort, Background, Simulations, Future Directions*.

Humphreys, M., Nicol, F. y Roaf, S. (2016). *Adaptive Thermal Comfort - Foundation and Analysis*. New York, NY: Routledge.

ISO 7730. (2005). *Ergonomics of the Thermal Environment*. Ginebra, Suiza: International Organization for Standardization.

Kishnani, N. (2017, enero-febrero). Beauty in Zero. How the New Net Zero Energy Building at the National University of Singapore Set about (re)connecting Building Performance with Architectural Quality. *FutureArc*. Singapore.

Mckinsey Global Institute (2012). Urban World: Cities and the Rise of the Consuming Class. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/urbanization/urban-world-cities-and-the-rise-of-the-consuming-class>

Kishnani, N. (2017, enero-febrero). Beauty in Zero. How the New Net Zero Energy Building at the National University of Singapore Set about (re)connecting Building Performance with Architectural Quality. *FutureArc*. Singapore.

Mckinsey Global Institute (2012). Urban World: Cities and the Rise of the Consuming Class. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/urbanization/urban-world-cities-and-the-rise-of-the-consuming-class>

Dr. Wolfgang Kessling es socio y director en la empresa de ingeniería climática Transsolar, que tiene como objetivo construir estructuras que proporcionen los niveles de confort más altos posibles, con el menor impacto posible sobre el medio ambiente. Kessling se enfoca en conceptos de baja energía / alto confort para climas cálidos y húmedos. Ha sido responsable de los proyectos realizados en París, OSNI.1 – El Perfume Le Nuagé, en Arles LUMA Parque de Talleres, en Singapur Los Jardines de la Bahía y el Edificio de Energía Cero (EEC) de la Facultad de Diseño de la Universidad Nacional de Singapur NUS y en Daca, Bangladés de la Universidad Flotante de BRAC. Kessling cree que la clave de la comodidad es reconocer que las condiciones ambientales están influenciadas por todos los aspectos y etapas del diseño.

Dr. Wolfgang Kessling is partner and principal of Transsolar KlimaEngineering, a company aiming for the highest possible comfort levels in built structures, with the least possible impact on the environment. Kessling focuses on low energy / high comfort concepts for hot and humid climates. He signs responsible for projects like OSNI.1 – Le Nuage Parfumé in Paris, Parc des Ateliers LUMA in Arles, in Singapore for Gardens by the Bay and the Net-Zero Energy Building of the School of Design at NUS, and for the Floating University at BRAC in Dhaka. Kessling believes that the key to comfort is to recognize that ambient conditions are influenced by all aspects and stages of design.