

EL DISEÑO RESPONSABLE EN LAS ESCUELAS DE ARQUITECTURA

Responsible design in schools of Architecture

M. ARQ. JOSÉ EDUARDO CARRANZA LUNA
Facultad de Arquitectura de la BUAP.
Puebla, México

M. ARQ. CESAR ANTONIO BARRANCO TORICES,
Facultad de Arquitectura de la BUAP.
Puebla, México

M. ARQ. JORGE SOSA OLIVER
Facultad de Arquitectura de la BUAP.
Puebla, México

Fecha de recibido: 9/ Febrero/ 2011
Fecha de aceptado: 31/ Octubre/ 2011

pp: 23-42

RESUMEN

Desde hace ya varias generaciones se ha venido insistiendo en casi todas las escuelas de arquitectura del país que se debe impulsar el diseño de arquitectura que contribuya al desarrollo sustentable, pero en realidad se ha avanzado poco, ha costado trabajo pasar del discurso a la vía de los hechos.

En este trabajo se pone a consideración la ampliación efectuada al Edificio Administrativo de la Dirección de la Facultad de Arquitectura de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, el cual propone contribuir sustancialmente a reducir los índices de gasto energético a una tercera parte de lo que actualmente consume la planta baja del mismo edificio. Reducir el nivel de ruido que proviene del exterior al 50%. Aumentar hasta en 3 veces el nivel lumínico, colectando toda la luz natural que se encuentra en su entorno, adicionalmente se colocaron, lámparas de luz fría de 2 x 32 watts que iluminan con una potencia de 200 watts cada una de las áreas de trabajo alcanzando niveles lumínicos adecuados.

Dentro de los objetivos planteados estaban el reducir el ruido y mejorar los niveles de confort, así que para evitar el exceso de calor; lo mejor que se puede hacer según los expertos, es evitar que entre, así no se tendrían que implementar mecanismos para extraerlo. Entonces se buscó que el diseño ofreciese cierta resistencia a la radiación solar; además de disponer una ventilación cruzada, colocando unas entradas de aire con rejillas instaladas en las paredes para meter aire frío por la parte baja en la pared de barlovento y sacar de manera natural el aire caliente por la parte alta de la pared de sotavento.

Se trata en general del primer edificio amigable con el medio ambiente de la Ciudad Universitaria de Puebla.

Palabras clave: sustentable, confort, energía

ABSTRACT

Since several years ago, it has been very important to impulse the sustainable design in schools of Architecture, but, unfortunately, it has been so difficult to achieve it.

This work focuses on the enlargement of an administration building of the Direction of School of Architecture of the Benemerita Universidad Autonoma de Puebla, which proposes to contribute to reduce the energy levels to one third part of actual consumption in the lower plant of the same building. Also, it pretends to reduce the external noise levels to 50%, to increase three times the luminous level, through daylight and lamps 2 x 32 watts with a potency of 200 watts each one to reach adequate luminous level in the working area.

The objectives of this study were to reduce the noise and improve the luminous and thermal comfort levels, and so to avoid the excess of heat, the better option is to reject it, in order to not implement mechanisms to extract it. Then, the design offers certain resistance to solar radiation, besides, it also disposes of cross ventilation with air grills in the windward bottom part of walls to extract the air in the leeward top part of walls.

So, therefore, it is the first eco-friendly building located in Ciudad Universitaria of Puebla.

Keywords: sustainable, comfort, energy.

ANTECEDENTES

El 31 de Enero de 1969 se entregaron a la Universidad Autónoma de Puebla (UAP) las edificaciones de la Ciudad Universitaria, con instalaciones modernas y funcionales como las que se estaban haciendo en América Latina y desde luego en la capital del país; con lo cual se colocaba, a la Universidad poblana en los primeros planos de la educación nacional, en cuanto a instalaciones se refiere.

La participación de la iniciativa privada a través de la Fundación Mary Street Jenkins, fue fundamental para lograr la construcción de Ciudad Universitaria, pues no hay que olvidar que en los años sesenta, las universidades públicas no contaban con los recursos ni los subsidios suficientes como para pensar en construir instalaciones de tal envergadura. Tampoco el Estado contaba con el recurso ni quería dedicárselo a la educación superior y menos después del 68 (año de la matanza de Tlatelolco y año de las olimpiadas), que --es comprensible--, se habían llevado en su realización una gran parte del presupuesto nacional.

En Puebla se conjugaron varios aspectos: --a pesar de tratarse de una universidad contestataria, catalogada por el gobierno como de izquierda; por ende peligrosa para los intereses de la clase dominante y del propio Estado-- Se tuvo la intervención, por un lado, de esta fundación, que había decidido impulsar y apoyar la educación superior con la construcción y equipamiento de escuelas y universidades particulares y públicas como la Universidad Anáhuac, la Universidad Iberoamericana, el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, el Centro Cultural Universitario de la UNAM, la Universidad de Morelos, La Universidad de Tlaxcala, y por supuesto la Universidad Autónoma de Puebla; por otro lado, se contó con el apoyo y la decidida gestión del entonces gobernador del Estado, quien fue profesor y director de la Escuela de Ingeniería Química, de la UAP, el Ing. Aarón Merino Fernández, quien había sustituido, después de un movimiento universitario y popular en 1964, al depuesto gobernador Antonio Nava Castillo; así mismo, se contó con la decisión unánime de los universitarios, de construir una Ciudad Universitaria que diera albergue a la creciente población estudiantil en instalaciones funcionales de acuerdo con la pedagogía de los tiempos modernos.

Se aspiraba tener una Ciudad Universitaria moderna como la de Caracas (1944-1947), la de Bogotá (1936), la de Concepción en Chile (1919-1943), o como la propia Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México (1954-1957). Fue en el año de 1968, cuando se echaron a andar los trabajos de construcción, convirtiéndola en una de las primeras diez de Latino América. La Ciudad Universitaria de Puebla es contemporánea de la Ciudad Universitaria de Buenos Aires (1967), de la de Sao Paulo Brasil (de la década de los 60's), la de Medellín (1969) y de los dos centros universitarios de Tampico y Ciudad Victoria de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (1968).

Emulando un poco lo que se había hecho en la Ciudad Universitaria de la UNAM, el despacho Mastretta-Pavón, se encargó del “Plan Maestro” y de tres escuelas más. El diseño de las demás escuelas, fue encomendado a arquitectos jóvenes egresados de la Escuela de Arquitectura de la UAP. Se construyeron inicialmente 6 escuelas y las instalaciones deportivas.

El proyecto de la Escuela de Arquitectura, quedó a cargo de los arquitectos y ex directores de la propia escuela: Miguel Pavón Rivero, Director de 1956 a 1960 y Jorge Bélchez Landero, quien acababa de ser Director de 1964 a 1967; pareja que luego realizaría los proyectos de la Escuela de Derecho y Ciencias Sociales y de la Escuela de Administración de Empresas.

ARQUITECTURA MODERNA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA

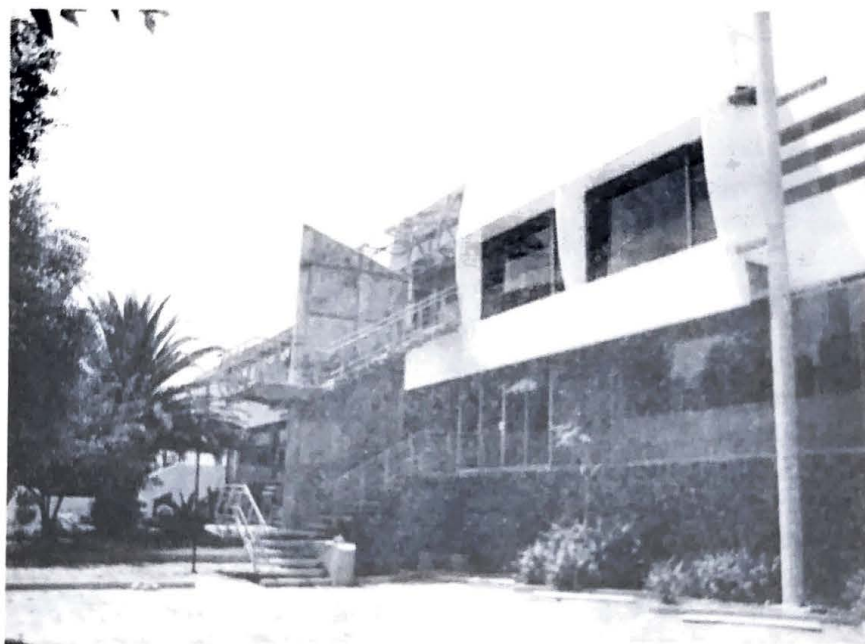


Imagen 2.- Edificio 113 de la Facultad de Arquitectura BUAP.
FOTO: Eduardo Carranza

Las aspiraciones de los arquitectos modernos de realizar grandes obras, con enormes volados y cubriendo grandes claros, en donde se pudiera hacer alarde de la tecnología y del uso de los materiales industrializados fabricados en serie, se pudo efectuar gracias a la construcción de la Ciudad Universitaria. Era la primera vez que se presentaba una oportunidad para los arquitectos poblanos egresados de la propia Escuela de Arquitectura y de los maestros fundadores de la misma, de demostrar que había la suficiente capacidad para responsabilizarse de una empresa de tal trascendencia. En sus cuidados edificios, de columnas ocultas o mimetizadas, remetidas de las fachadas para que no presidieran el diseño formal de los edificios, tuvieron la ocasión de ensayar novedosas cubiertas, estructuras y sistemas constructivos totalmente inéditos en la región. Se realizaron cubiertas de trabelosa o losa plegada, paraboloides hiperbólicos, paraguas, losas de casetones

de concreto armado y otras cubiertas, que Félix Candela había construido y puesto de moda en los años 50's.

La pasión por los paraboloides, cascarones, los paraguas y las bóvedas de cono, se hizo presente en la obra del arquitecto Pavón y sus colaboradores, al utilizarlas en las cubiertas de los distintos edificios que se construyeron en la primera etapa de la Ciudad Universitaria.

En la Escuela de Arquitectura, el edificio más emblemático es el conocido como "La Monja"; en cuyas losas de planta alta, para cubrir las cuatro salas audiovisuales, se utilizaron unos paraboloides hiperbólicos de concreto armado en forma de alas, para techar las cuatro salas audiovisuales. Estas cubiertas están apoyadas sobre dos gruesas columnas en los extremos centrales y luego en el lado que da al centro están sujetadas por un anillo de compresión que circunda el vestíbulo central donde se encontraban un par de escaleras semi helicoidales (hoy desaparecidas); sobre este espacio medular, hay una cúpula geodésica de media naranja a base de una malla triangular hecha con perfiles tubulares metálicos que reciben en sus vanos, en lugar de vidrios, láminas acrílicas triangulares.

El diseño de los paraboloides queda conformado por dos sistemas de líneas generatrices que permitían conseguir formas alabeadas muy plásticas, de inusitada belleza; para construirlas se coloca la cimbra de acuerdo con esas generatrices y sobre ellas, se cuela una losa de peralte tan pequeño que le llamarón "membrana de doble curvatura" la cual trabaja como una bóveda funicular que resiste esfuerzos de flexión y de excentricidad.

Uno de los alardes más significativos, según el arquitecto Jorge Bélchez, fue la creación de una losa volada hacia dos lados sobre un eje central que permanece en equilibrio, usada para techar el vestíbulo de entrada de la Escuela de Arquitectura, la cual mide 20 X 16 mts; presenta un solo eje central de apoyo, con columnas de concreto armado separados entre sí a una distancia de unos 4 mts aproximadamente y alcanza un claro de 8 mts de cada lado; esto se logra gracias a unas trabes que se colocaron por la parte superior a manera de tirantes o tímpanos, y que levantan ligeramente los extremos de la losa haciéndola lucir, por la parte de abajo, completamente "limpia" y ligera.

En la construcción de los talleres de diseño, composición o dibujo, se usaron cubiertas a base de vigas llamadas doble "T", prefabricadas y pretensadas con claros de poco más de 12 mts de largo. Estas trabes --como no se fabricaban en Puebla--, cuando llegaron a la ciudad, resultaron toda una sensación, pues un *tráiler* portaba una sola, en su paso por la avenida 25 poniente (una de las más importantes de esa época) desfilaron 128 *tráilers* en diferentes días, portando las colosales vigas doble "T"; la gente salía maravillada a verlas, pues sabían que eran para la construcción de la moderna Ciudad Universitaria.

Para la construcción de los edificios de aulas se realizó una estructura mixta, ideada para reducir los tiempos de construcción, que consiste en: cimentación de concreto armado, columnas metálicas prefabricadas con capitel y base, sobre las que se apoyan losas de casetones hechas con moldes de fibra de vidrio fácilmente transportables y desmoldables. En los muros se usaron tabiques prefabricados huecos (extruidos).

Sin proponérselo, este sistema constructivo, resultó térmico, tanto en las techumbres como en los muros. Hubo varias cosas que se implementaron, y que hoy sabemos, contribuyen al desarrollo durable del planeta, por ejemplo: no se utilizaron focos incandescentes, por lo tanto, no hubo emisiones considerables de CO2 al ambiente (se usaron lámparas fluorescentes); en aquel tiempo, no se usaban computadoras y no se usó energía para calentar o enfriar las aulas; es ahora que, debido al cambio climático, estamos requiriendo de ventiladores y calefactores en las áreas de trabajo, que antes no se necesitaban.

EL PROYECTO RESPONSABLE DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO "A"

Con las mismas características de los edificios de aulas, se construyó en 1967, la planta baja del Edificio de la Dirección y Administración Escolar, el cual tenía previsto desde sus orígenes, una segunda etapa en la planta alta, que nunca se realizó. Ante las necesidades de espacios que a últimas fechas se tenía para ubicar a los tutores y coordinadores de áreas o maestrías, se gestionaron los recursos y se aprobó la inversión. Se le encargó a la Facultad de Arquitectura de la BUAP que realizara, de acuerdo con las condiciones actuales, un nuevo proyecto de ampliación de la planta alta, con su cálculo y presupuesto respectivos, ante lo cual se convocó a un concurso interno para que respetando las características modernas de los años sesentas, se hiciera el diseño de la ampliación del edificio, que además de dejar la "planta libre", tomara en cuenta el ahorro energético y la cuestión medio ambiental.

EL CONCEPTO

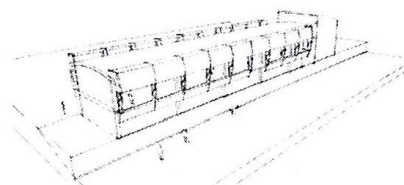
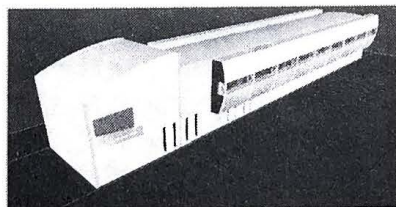
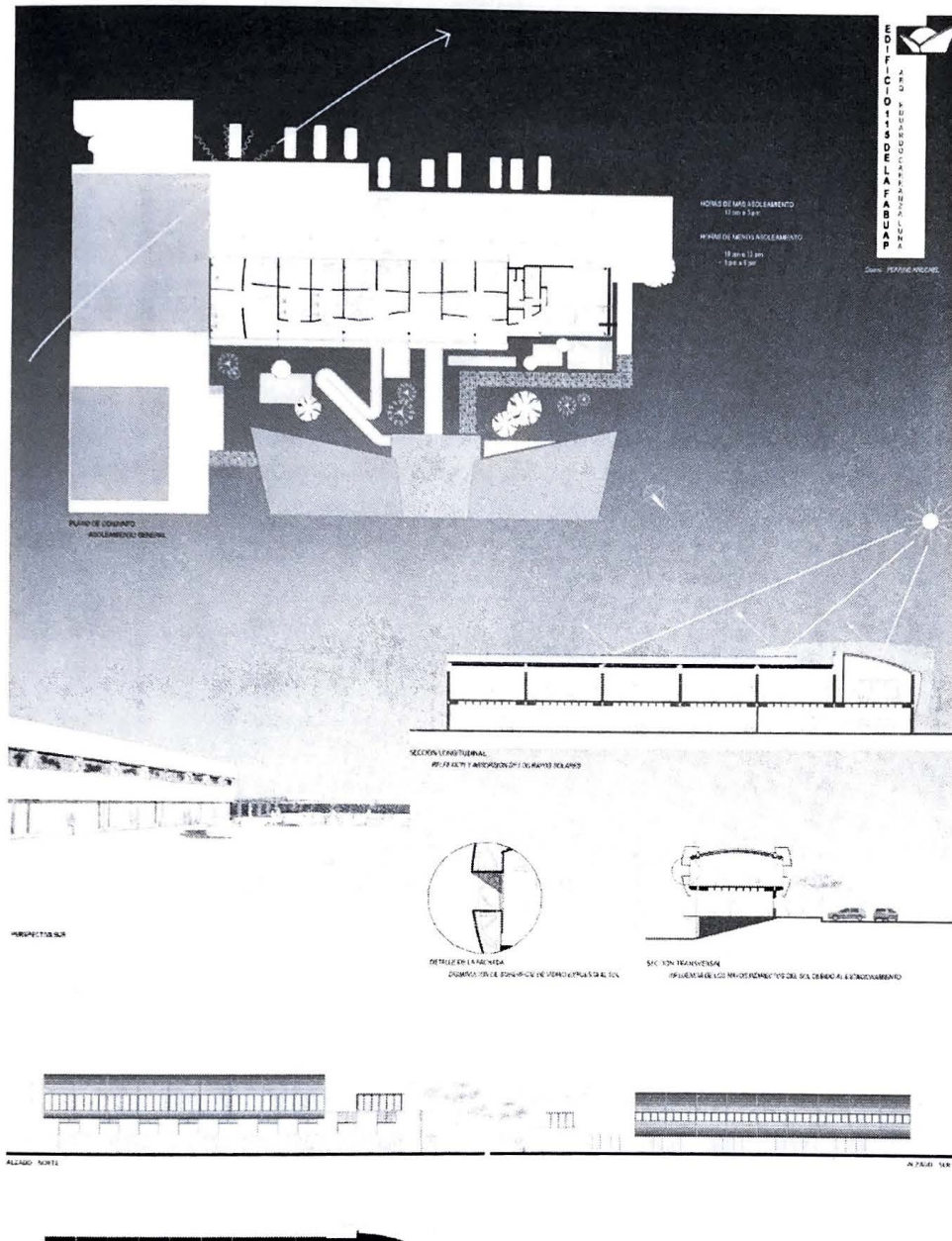


Imagen 3. Croquis del Edificio 113 de la Facultad de Arquitectura BUAP

Se trata de un edificio de doble revestimiento de diseño sostenible para el ahorro energético, en estilo neo moderno, de planta libre, anástilo; con un sistema constructivo mixto, congruente con la construcción preexistente, respetuoso de la ideología moderna de sus creadores y cuidadoso de los aspectos relativos con el medio ambiente como la iluminación, ventilación natural, acústica, el asoleamiento o la radiación solar.

CONFORT SOSTENIBLE

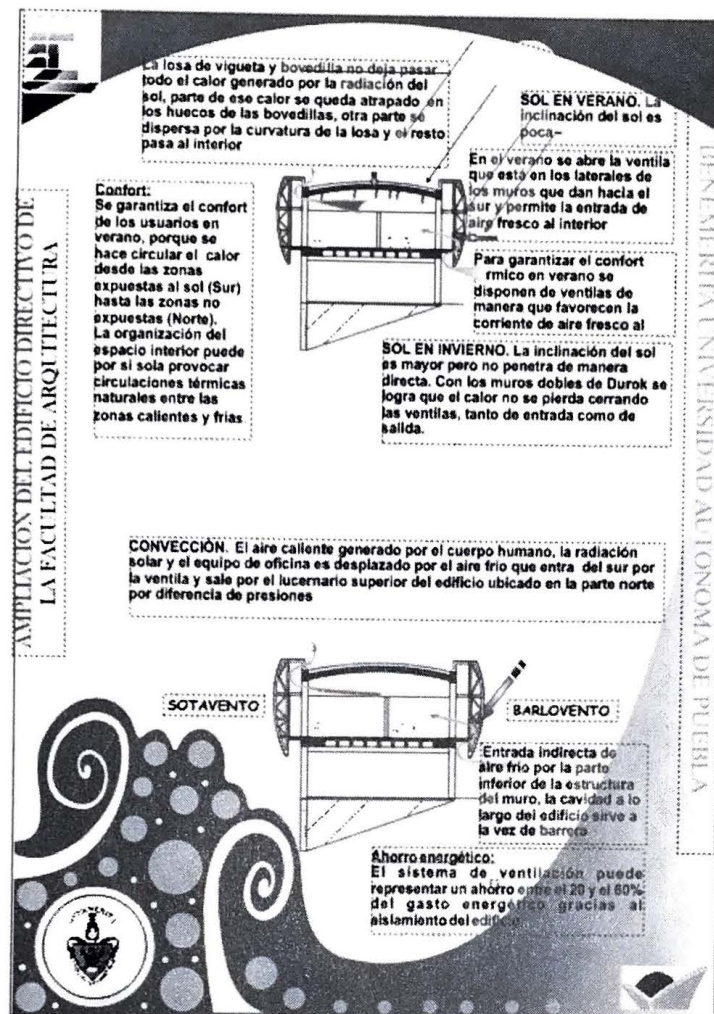


Gráfica 1. Confort Térmico

Dibujos: Perrine Knuche, Practicas profesionales, École nationale supérieure d'a architecture de Paris- Arquitectura BUAP 2008

Se realizó un edificio que abona respuestas concretas en el control medioambiental, con efectos significativos, identificables y calculables en términos de ahorro de energía, reducción del consumo de recursos naturales y energías no renovables, que demuestra nuestra ocupación y compromiso por el medioambiente y por el futuro; al mismo tiempo, pretende optimizar la inversión y el costo de funcionamiento a corto mediano y largo plazo.

CONFORT TÉRMICO



Gráfica 2 Confort Térmico

Dibujos: Mario Tobón Romero, Serv. Social Arquitectura BUAP 2008

El confort térmico no sólo consiste en mantenerse caliente en invierno y fresco en verano, sino que el concepto considera ahora, condiciones de trabajo, salud, higiene, productividad, tratamiento del aire y ahorro de energía, pensando en reducir la producción y consumo de calorías para lograr un desarrollo sostenido, por lo que habrá que evitar la radiación directa con pérdidas y ganancias de temperatura que se producen principalmente a través de los muros y cubiertas de los edificios. La geometría curva del techo representa de unos 10 a unos 15 grados centígrados, de menor ganancia de calor, ya que la absorción de calor por radiación solar es mayor en las techumbres planas. Se diseñaron muros térmicos contruidos con paneles que forman una doble capa produciendo una cámara térmica y acústica.

Se mejoraron las sensaciones de frío o calor dentro del inmueble mediante un diseño que responde a las condiciones climáticas del exterior de manera natural y asegura el confort ambiental y el control de intercambio de temperaturas, sin utilizar artefactos para la calefacción o la refrigeración.

Se tuvieron que considerar las condiciones bioclimáticas del sitio: microclima, vientos dominantes, horas de exposición al sol en diferentes épocas del año, entrada de luz y calor solar a través de las fachadas; el sobrecalentamiento provocado por las radiaciones de rayos infrarrojos y la reducción de temperatura por efectos de la lluvia.

CONFORT AMBIENTAL

Para lograr una corriente convectiva refrescante¹, que produzca una sensación de bienestar y disminuya la temperatura interior cuando así se requiera, se pensó en tener una ventilación cruzada, con techos altos para mantener las partes bajas frescas, además de rejillas controlables colocadas en la parte baja de la pared sur que da a barlovento, mismas que se accionan de manera manual; para la toma de aire fresco y gracias al efecto chimenea que se provoca por la diferencia de densidades, el aire caliente sale de manera natural por la parte alta de la pared norte que da a sotavento.

CONFORT VISUAL



Imagen 4. Interior del Edificio de la Facultad de Arquitectura BUAP.
FOTO: Eduardo Carranza

El concepto del diseño es un “Colector lumínico”, consistente en ganar luminosidad natural haciendo que penetren los rayos luminosos de manera indirecta, evitando el deslumbramiento excesivo provocado por la entrada de luz directa o reflejada en las superficies lisas o brillantes de los muros, evitando deslumbramiento en las pantallas de las com-

¹ La Convección es una de las tres formas de transferencia de calor y se caracteriza porque se produce por intermedio del aire

putadoras de los investigadores o del personal que labora en el edificio. Sabíamos que la luz incontrolada se debe modular o impedir; cualquier nivel de luminosidad directa ante la exposición solar, puede causar problemas de visión y concentración. Es bien conocido que las molestias visuales alteran el trabajo y provocan trastornos fisiológicos; por el contrario, una iluminación adecuada, aumenta el rendimiento en el trabajo.

El reto, era coleccionar con niveles óptimos de eficacia la entrada de luz, dado que los niveles luminosos varían de una hora a otra, de una estación a otra. Debido a los diferentes materiales utilizados, tanto para el acristalamiento, como para los filtros intrínsecos o pantallas utilizadas, se diseñaron a todo lo largo del inmueble dos pares de plafones reflejantes (colectores de iluminación natural) que se usan para evitar la entrada de la luz directa, aminorar sus impactos y tener ganancias considerables en los niveles lumínicos.

El diseño se adapta a las variaciones de la luz natural, garantiza el confort visual y prescinde de oscurecer ventanas, colocar pantallas, cortinas o persianas en las ventanas, o costosos sistemas automatizados de regulación de luz y, por supuesto reduce al máximo el número de horas de luz artificial con lo que se logran ahorros importantes en el consumo de energía eléctrica que se estima fluctúan, de un 10% a un 40%.

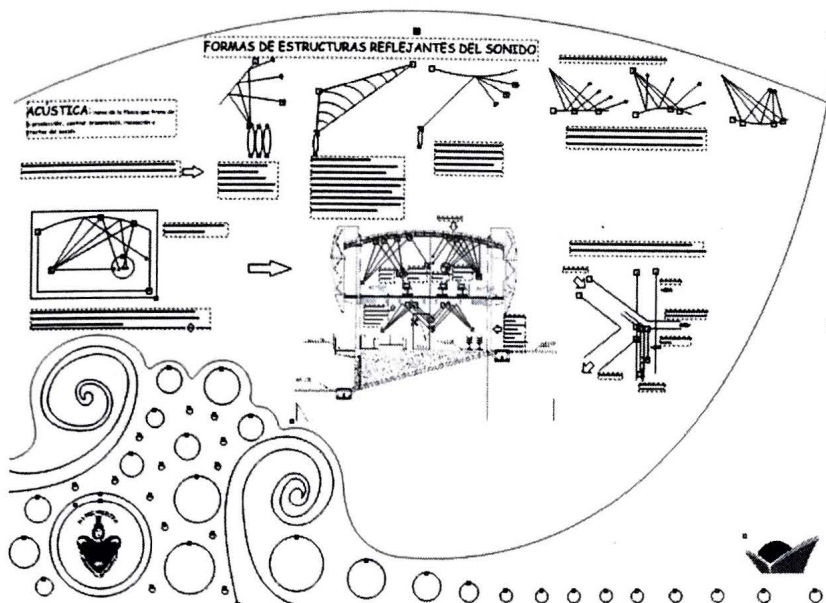
CONFORT ACÚSTICO

El sonido es controlado gracias a una cámara de aire que se forma entre las dos paredes o doble piel, de la envoltura de los muros y a que la primera capa es convexa o abombada exteriormente y hace que reboten y se difundan mejor los sonidos, logrando un importante grado de absorción o aislamiento para producir quietud, comodidad, tranquilidad y concentración para el trabajo, el estudio y la investigación, además el diseño del edificio consigue:

Obtener un nivel reducido de ruido al interior del inmueble, que oscila entre 35 y 50 decibeles (ruido común de la calle = 70 decibeles; ruido fuerte de la calle = 100 decibeles).

Reducir el impacto y el efecto diafragma sobre las ventanas, cuidando la masa del vidrio (espesor), la rigidez del vidrio (tintex 6mm) y el sistema de fijación del perfil tubular de aluminio sobre los bordes de las ventanas, cuidando el sellado y los empaques para evitar la transmisión de ruido por las juntas.

Evitar las sensaciones de tipo psicológico en el oído causadas por el timbre y el volumen del ruido que llega del exterior. (Timbre= frecuencia de agudos y graves; Volumen= Intensidad + frecuencia).



Gráfica 3 Control Acústico: En la transmisión, recepción y efectos del sonido
Dibujos: David Pérez Z., Serv. Soc. Arquitectura BUAP 2008

COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO

Aunque es notable la reducción de temperatura y de consumo de energía en el edificio, ahora que ya está en plena operación, se harán los registros que nos permitan conocer de manera fehaciente, cuántos grados de temperatura se reduce el medioambiente interno, en las horas de mayor radiación solar, con respecto al resto de los edificios ubicados en la misma zona de la Ciudad Universitaria; de igual manera se harán las pruebas en diferentes épocas del año para saber con certeza, cuántos grados, por ejemplo; se eleva la temperatura en diciembre y enero; en los días más fríos, gracias al confort térmico proporcionado por las cámaras de aire de los muros, y luego compararlos con mediciones constantes en otros inmuebles del entorno.

La ciudad de Puebla tiene un clima templado sub húmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual que varía de 17 a 19°C, una mínima promedio que varía de 4° a 8°C y una máxima que fluctúa entre unos 33 a 36°C. La humedad relativa varía del 53 al 76% en época de lluvias. La precipitación en el mes más seco es de 4.6 mm y en el más lluvioso rebasa los 800mm. (Ver tabla 1)

Este clima corresponde a la región centro del Estado, donde se encuentran los valles de Puebla- Tlaxcala y Atlixco, la vertiente meridional de la Sierra Norte de Puebla y la vertiente occidental de la Sierra Negra de Tehuacán. La temperatura media anual es de 16°C y la pluviosidad oscila entre los 600 y 800 mm anuales. La estación más lluviosa es el verano, con temperatura templada pero con mayor humedad. Estos datos abarcan un 40% de la superficie del territorio estatal.

Clima	Templado sub húmedo con lluvias en verano de humedad media
Vientos dominantes	De sur a norte 80 km. /hora (velocidad máxima) Vientos suroeste- noroeste, desde las primeras horas de la madrugada hasta las del medio día siguiente. La zona metropolitana queda bajo influencia de la corriente húmeda de los vientos alisios desde mediados de mayo hasta mediados de octubre, determinando la época de lluvias; de fines de octubre a mediados de mayo dominan los vientos secos y fuertes del oeste que descienden de las latitudes templadas en el oeste de los Estados Unidos y o del Océano Pacifico Norte.
Asoleamiento	Tomando en cuenta que la ciudad de Puebla se encuentra en una latitud cercana al Ecuador (dentro del trópico de cáncer) podemos empezar a definir de los cambios a lo largo del año no van a ser demasiado bruscos; la latitud nos va a indicar que el lugar va a tender a ser caliente, en este caso la latitud va a ser muy importante ya que cuanto más alto sea el lugar, contiene menos aire que contiene calor y va a tender a ser más frío. Insolación La época de mayor insolación se da en octubre a marzo con un promedio mensual de 246 horas, contra 178. En el periodo de menor insolación que se da de Junio a Septiembre.
Precipitación pluvial máxima	800mm/ hora. Los meses más lluviosos son mayo a octubre con una intensidad máxima de aguacero de hasta 40 mililitros en 24 horas.
Temperatura mínima	_3° C _2° C
Temperatura máxima	33° _36° C
Orientación	Sur

Tabla 1. Clima de la Ciudad de Puebla.

Fuente: TORRES, Morales José Edel (2006); "Tesis profesional: Vivienda Alternativa con Materiales Constructivos a partir del Reciclaje de Llantas Usadas", Facultad de Arquitectura BUAP

Los vientos dominantes provienen, durante el día, de suroeste a noroeste y durante la noche se invierten. Ésto es durante la mayor parte del año, con algunos cambios sobre todo durante el verano. La velocidad mínima es de 2 a 3 Km/hora y la máxima llega a 80 km/hora (Ver tabla 2)

Fuerza	0	1	2	3	4
Velocidad del viento (km/h)	menos de 2	de 2 a 6	de 7 a 11	de 12 a 19	de 20 a 29
Descripción	calma	brisa muy ligera	brisa ligera	brisa débil	brisa moderada

Fuerza	5	6	7	8
Velocidad del viento (km/h)	de 30 a 39	de 40 a 50	de 51 a 61	de 62 a 74

Descripción	brisa fresca	viento fresco	viento muy fresco	ráfaga de viento
Fuerza	9	10	11	12
Velocidad del viento (km/h)	de 75 a 87	de 88 a 101	de 102 a 120	más de 120
Descripción	fuerte ráfaga de viento	temporal	temporal intenso	huracán

Tabla 2: La Escala de Beaufort

Fuente: Guías del Conocimiento. "Para Comprender el Clima y el Medioambiente", publicaciones CITEM (2002)

APUNTES HACIA UNA METODOLOGIA DE DISEÑO SOSTENIBLE

Una vez clarificados los objetivos de diseño para lograr el confort térmico y el ahorro de energía, tanto en verano como en invierno, se procedió a utilizar una guía metodológica práctica de apoyo, para lograr una arquitectura ecológica sostenible y responsable que contemplara en el diseño, el uso de técnicas pasivas para la optimización de los recursos ambientales como el viento y el sol; aprovechar las condiciones climáticas del entorno, la orientación preestablecida, las variables atmosféricas y los niveles de luminosidad.

Por otro lado, se pretendía realizar un edificio que no representara un costo adicional, al implementar sistemas o equipos sofisticados para lograr espacios dignos, confortables y saludables, sino que más bien, el diseño debería tender a reducir los costos de operación y mantenimiento, mediante elementos pasivos, además de ofrecer las condiciones medio ambientales saludables donde el individuo realice el menor esfuerzo en sus actividades diarias y mantenga en óptimo funcionamiento todos sus órganos gracias a la percepción y confort ambiental, psicológico, lumínico, acústico, olfativo y/o térmico, indispensables para sustentar sus condiciones de equilibrio y bienestar.

En la metodología se recurrió a lo planteado por Ruiz (2007), con algunas adiciones que describimos más adelante, con el ánimo de contribuir en la construcción de una metodología para el diseño sostenible, el intercambio de información y de experiencias. Para que en todas las escuelas de arquitectura realicemos diseños ecológicamente responsables.

1 ESTUDIO PRELIMINAR

1a Información básica, determinación de las posibilidades respecto a la obra nueva/rehabilitación/demolición, estudios de caso, observación crítica de los sistemas naturales del entorno, fuentes de riesgo

(contaminación de aire, ruido) y medidas probables de atenuación mediante dispositivos arquitectónicos.

1b Estudio de Factibilidad, selección del sitio, análisis del sitio, orientaciones, determinación de posibles impactos ambientales, comprobación de sistemas de abastecimiento de energía, opciones de servicio, Análisis y estudios de impacto ambiental, disponibilidad de los recursos técnicos y financieros, dimensionamiento del problema a resolver.

1c Determinación de Objetivos, formulación de condicionantes volumétricas-altura y posición de cubiertas, superficie libre y construida, para lograr un microclima confortable, formulación de necesidades del usuario- temperatura, iluminación, formulación de las condiciones de uso- producción de humedad, generación de calor, formulación de valores de referencia y límites- para el consumo de energía y agua que permitan un bienestar termo higrométrico, identificación de problemas- alergias, contaminación atmosférica, (guías generales e internas, normatividad).

2 PROCESO DE DISEÑO

2a Conceptualización, Conceptualización de los espacios en el edificio, conceptualización de los sistemas de energía- determinación constructiva de los materiales de fachada y cubierta, preselección de los sistemas de energía y sistemas de control del edificio, simulación de consumo de energía por cálculo (herramientas complejas para analizar variantes generales en edificio, catálogo de componentes del edificio nivel macro)

2b Fase de Diseño, selección de un sistema constructivo y principales materiales de construcción, diseño de elementos de control del edificio, simulación de ciclo de vida, flujos de materiales y energía, costos (herramientas complejas para analizar variantes generales en el edificio, catálogo de componentes del edificio, programas de diseño para control de edificios).

3 PREPARACIÓN DE LA EJECUCIÓN

3a Preparación de la ejecución, Selección de materiales para superficies y acabados, estudios de calidad del aire al interior y niveles de confort de espacios particulares, para asegurar un microclima con índices de confort térmico satisfactorio y consideración de problemas especiales como el tipo de mantenimiento que debe ser casi nulo y de preferencia con materiales reciclados disponibles en la zona, (recomendaciones, niveles, certificaciones, criterios de exclusión de productos, herramientas para simular espacios, manuales ecológicos, catálogos de materiales de construcción, herramientas de optimización ambiental).

3b Descripción de Especificaciones, formular los requisitos y las especificaciones ecológicas para el sitio, equipamiento del sitio, los productos y niveles de calidad del proceso constructivo, reducción al máximo de los residuos de obra (especificaciones ecológicas y normatividad).

3c Elaboración de Ofertas Ambientales, examinar los riesgos para el ambiente y la salud debidos a los productos/procesos, selección de productos, saludables, procesos constructivos (incluido su transporte) ambientalmente amigables, (bases de datos, estudios de riesgos, estudios de seguridad, leyes y guías de trabajo, ambiente y salud, recomendaciones, niveles, certificaciones, criterios de exclusión de productos, etiquetas de productos y procesos).

3d Comparación/Ofrecimientos, comprobación de ofertas utilizando criterios ecológicos, comparación y comprobación de ofertas en cuanto a su compatibilidad física y técnica.

4 EJECUCIÓN

4a Preparación del sitio, organización de la protección ambiental y el cuidado de la salud, preparación de la separación de desechos varios.

4b Construcción, Garantizar el cumplimiento de los objetivos de protección ambiental y cuidado de la salud, autocontrol de calidad durante la ejecución (guías).

4c Control/Inspección, Chequeos de calidad (medición y control de procesos).

4d Documentación, Elaboración de los certificados de energía y consumo del edificio, elaboración del manual de uso de los sistemas de control del edificio, preparación de la organización y técnicas de control y consumo, identificación de objetivos principales, capacitación de operadores de los sistemas de control del edificio (certificación de edificios y herramientas para la certificación, certificación energética y herramientas para la certificación, certificación de sistemas y herramientas para generarla).

5 Uso

5a Uso, Control constante del consumo de recursos, cuantificación del costo de climatización, control constante del uso y el estado del edificio (listas de comprobación y guías de uso).

5b Mantenimiento, administración, ejecución y calidad del mantenimiento y renovaciones, mantenimiento periódico de los sistemas de control del edificio, uso de las mejores tecnologías disponibles, si es necesario reemplazar alguno de los elementos de control del edificio

(listas de comprobación y guías de mantenimiento, instructivo de uso y mantenimiento, documentación del edificio con la posibilidad de actualizarse).

6 DEMOLICIÓN Y DESMONTAJE

6a Diseño de la reutilización/desmонтаje, fundamentar la decisión de rehabilitar o demoler, selección de tecnología para desmontar partes (herramientas para simular escenarios).

6b Preparación del desmontaje, selección de empresas considerando aspectos ecológicos.

6c Desmontaje, ejecución del desmontaje y separación de elementos constructivos, desecho y reciclaje (prueba de desecho).

6d Desecho y Reciclaje, respetar el potencial de reciclaje de los diferentes elementos constructivos y materiales.

7 ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

7a Identificación del ruido ambiental, proveniente de fuentes diversas pero entre otras de las artificiales, como los automotores que son los que emiten mayor cantidad de ruido. El ruido originado en el entorno y aún en la propia calle, el comercio, la industria etc. (análisis de los niveles acústicos, considerando las deficiencias de los edificios existentes, que por diversos factores económicos, constructivos, de diseño, entre otros, se presentan).

7b Variaciones en el clima por procesos naturales tanto internos como externos (datos sobre los cambios de temperatura o calentamiento global a partir de mediciones de las estaciones meteorológicas locales o provenientes de satélites). Y finalmente, considerar desde el diseño, que el inmueble no utilice dispositivos que contribuyan a aumentar las emisiones antropogénicas de CO₂, (según las teorías de los gases invernadero por las actividades humanas).

CONCLUSIONES

La decisión de crear dentro de la Ciudad Universitaria un edificio ecológicamente responsable, inicia con la tarea de asegurarnos un futuro medioambiental más seguro y saludable.

Cuando se diseñó la Ciudad Universitaria en Puebla, al final de los años sesentas no se tenía idea de los severos problemas de contaminación atmosférica que actualmente estamos enfrentando, sin embargo, los edificios cuentan con todas las características necesarias para adap-

tarlos a situaciones de confort ambiental, de acuerdo con los nuevos requerimientos de ahorro energético.

La ampliación que se hizo a la planta alta del Edificio Administrativo de la Facultad de Arquitectura, donde se encuentra ubicada la Dirección de la misma, fue producto de un concurso interno, mediante el cual se dispusieron los requisitos que el proyecto debía contener, especialmente lo relativo a las características ecológicas y medioambientales, así como el hecho de que había que tener en cuenta y lograr, un respeto al patrimonio arquitectónico del siglo xx que hoy representan los edificios modernos emblemáticos de la Ciudad Universitaria de Puebla, la cual es de las primeras que se realizaron en el país.

Los empeños por obtener un edificio experimental con índices de confort térmico, que expresasen numéricamente las condiciones del medioambiente, el gasto energético y la comodidad de los usuarios, se han traducido en un laboratorio de pruebas: de control de ruidos, de medición del microclima y de los niveles de contaminación del aire; la condiciones de humedad, el nivel lumínico y el bienestar termo higrométrico conocido simplemente con el término de confort del personal que labora de manera cotidiana y por varias horas en dicho edificio.

El artículo que se presenta, aunque sólo describe de manera sucinta los pormenores del edificio, de sus logros y de sus características generales; lo que intenta en realidad, es abonar en la conciencia de los que trabajamos en la enseñanza de la nueva arquitectura, ahora más responsable ecológicamente hablando y más comprometida con el desarrollo durable de nuestro país y del planeta.

El desarrollo sostenible depende en gran medida de cómo fabriquemos la arquitectura, la cual por definición es insustentable, es decir; que para construir 1m² de cualquier edificio, se necesita extraer del suelo recursos naturales tales como la arena, la grava, la piedra, los minerales ferrosos, las cales, el *clinker*, la madera y todos los derivados del petróleo, lo que supone que tenemos que hacer grandes esfuerzos para reducir el uso de esos materiales, optimizarlos, de tal suerte que podamos tener un desarrollo de la industria de la construcción durable.

Uno de los caminos, que se proponen en este artículo, es reflexionar sobre cómo se adaptan las construcciones a las condiciones climáticas locales para lograr un comportamiento térmico de los edificios con importantes ahorros de energía en su acondicionamiento.

El proyecto que se presenta es algo sumamente fácil de lograr pues el edificio no presenta requisitos bioclimáticos de alta exigencia, ya que el clima de la ciudad de Puebla no tiene mucha variación y es suficiente con pensar en ecotécnicas pasivas para satisfacer las necesidades medioambientales.

Si por otro lado, sometemos a estudios rigurosos los logros alcanzados estaremos en posibilidades de ofrecer guías, especificaciones y recomendaciones medioambientales para su aplicación práctica en el diseño de los edificios.

FUENTES DE CONSULTA

BIBLIOGRAFÍA

1. ASENSIO, Paco, (1999), *Ecological Architecture, Tendencias Bioclimáticas y Arquitectura del Paisaje en el Año 2000*, Barcelona, Edit. Loft Publications.
2. BEHLING, Sophia & Stefan (2002), *Sol Power. La Evolución de la Arquitectura Sostenible*, Barcelona, Edit. Gustavo Gili.
3. BLANES, Octavio, (1993), *Manual de instalaciones de ventilación y climatización*, Barcelona, Edit. CEAC.
4. CORRADO, Maurizio (1999), *La Casa Ecológica. Manual de Arquitectura Bioclimática*, Barcelona, Edit. De Vecchi.
5. DEFFIS, Caso Armando (1988), *La Casa Ecológica Autosuficiente*, Edit. Editor, S.A. de C.V.
6. GAUZIN-MÜLLER, Dominique (2002), *Arquitectura Ecológica. 29 Ejemplos Europeos*, Barcelona, Edit. Gustavo Gili.
7. KOOLHAS, Rem (2006), *La Ciudad Genérica*, Edit., Gustavo Gili, Barcelona.
8. OLGYAY, Víctor (1998), *Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*, Barcelona, Edit. Gustavo Gili.
9. ROGERS, Richard & GUMUCHDJIAN, Phillip (2001), *Ciudades para un Pequeño Planeta*, Barcelona, Edit. Gustavo Gili.
10. RUANO, Miguel (1998), *Eco urbanismo. Entornos humanos sostenible: 60 Proyectos*, Barcelona, Edit. Gustavo Gili.
11. TRUEBLOOD, Beatrice (1988), *Fundación Mary Street Jenkins*, México, Edit. Studio Beatrice Trueblood.
12. WESTON, Richard (2003), *Materiales, Forma y Arquitectura*, Barcelona, Edit. Blume.
13. ZABLUDOSVKY, Abraham (1995), *Arquitectura Contemporánea Mexicana*, México, Edit. LIMUSA, Centro de Publicaciones S.A.

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

1. CAMACHO Ortuño, José Porfirio (1998), "Desarrollo Sustentable y la Enseñanza de la Arquitectura. Depredación sin Conciencia. El Saber y su Compromiso Social" en *Revista ESENCIA y ESPACIO*, Diciembre de 1997 – Enero de 1998
2. Disponible en: Hemeroteca virtual ANUIES <http://www.hemerodigital.unam.mx/ANUIES>
3. TUDELA, Fernando (1993), "La sustentabilidad: Un Concepto y su Posible Uso Práctico", Disponible en: <http://www.laneta.apc.org/pasos/ftudel2.htm>

4. US Green Council Building (Consejo estadounidense de la construcción verde) (1996), "Sustainable Building Technical Manual" (Manual Técnico de Construcción Sostenible) - Green Building Design, Construction and Operations (Diseño y Construcción Ecológica) – Public Transport Inc (Compañía de Transporte Público),
5. [Http://www2.csostenible.net/es_es/tclave/energia/sistemas/Pages/ventilacionatural.aspx](http://www2.csostenible.net/es_es/tclave/energia/sistemas/Pages/ventilacionatural.aspx)

OTRAS CONSULTAS

1. BATIGNE, Stéphane et alt (2002), "Para Comprender el Clima y el Medio Ambiente" en *Enciclopedia Guías para el Conocimiento*, México, Edit. Publicaciones CITEM.
2. CUELLO, Josep et alt (2002), "Atlas Mundial del Medio Ambiente Preservación de la Naturaleza" Textos: c. en *Enciclopedia de Ecología y Medio Ambiente*, Madrid, Edit. Cultural S.A.
3. LOPEZ López, Víctor M. (2003), "Construcción Sustentable para un Mejor Futuro" en *Revista OBRAS*, Edición 367, Julio de 2003.

TESIS

1. RUIZ Vázquez, Nely (2007), "*Propuesta de Diseño para la Transición Hacia la Vivienda Sostenible en la Ciudad de Puebla*", Tesis de Maestría en Diseño Arquitectónico, Facultad de Arquitectura, BUAP.
2. RODRIGUEZ Navarro, Luis Ángel (2008), "*Evolución Histórica de los Parques Nacionales*", Tesis profesional, Facultad de Arquitectura BUAP, Puebla. (En Proceso)
3. TORRES Morales, José Edel (2006), "*Vivienda Alternativa Con Materiales Constructivos a partir del Reciclaje de Llantas Usadas*", Tesis Profesional, Facultad de Arquitectura, BUAP, Puebla.