

Ecología ambiental o técnica

Sistemas de enfriamiento pasivo

Casos de estudio

Espacio abiertos Exposición Universal 1992



Pabellón de Kuwait, Expo 92
Santiago Calatrava



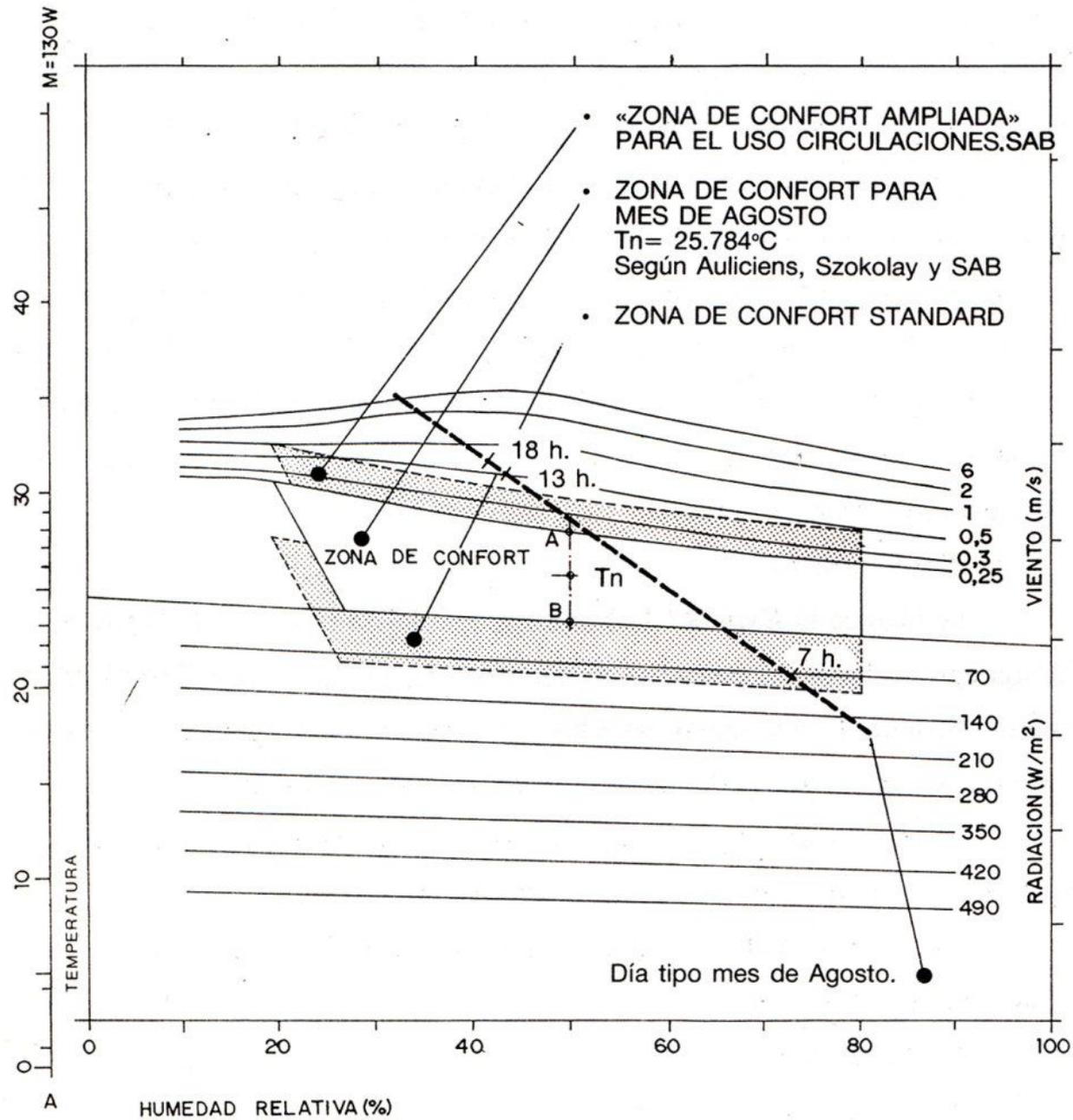
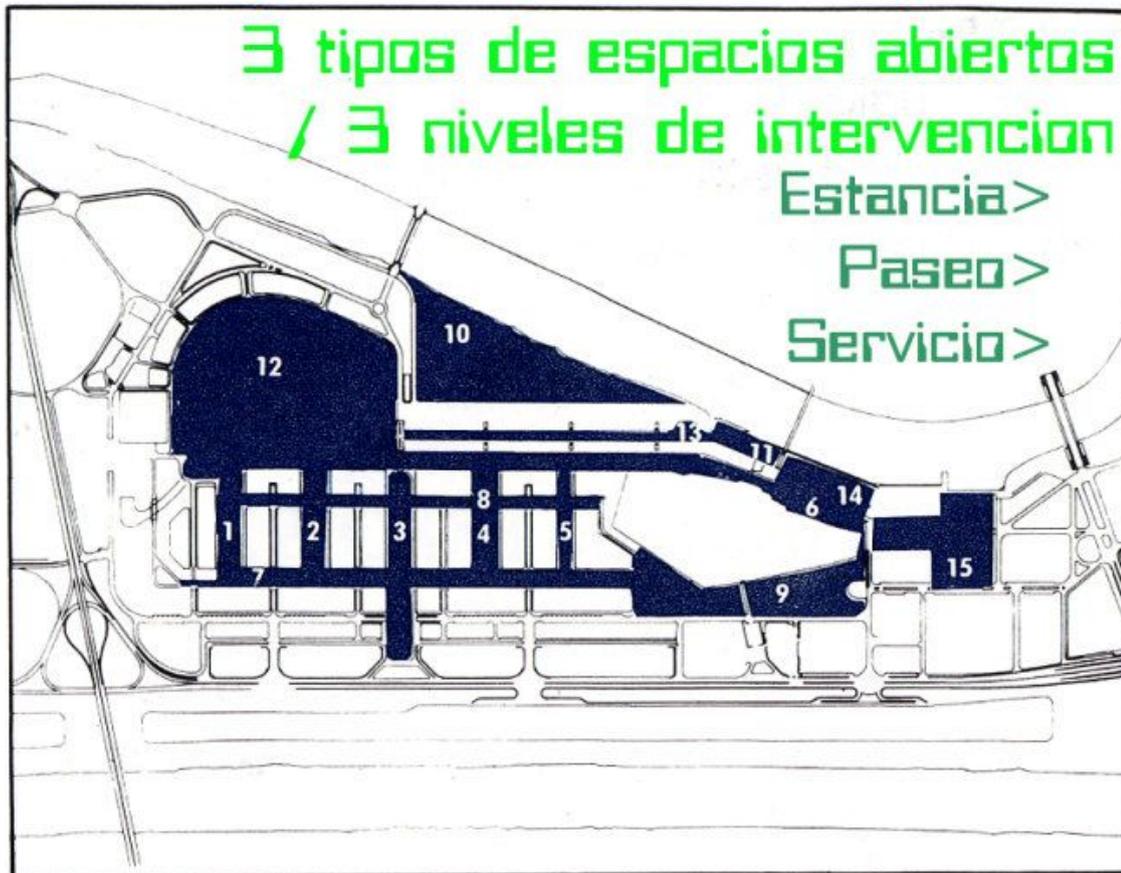


Diagrama de propuesta de condiciones de confort en la isla de la Cartuja. Expo '92.

(Olgay & Arens & alter)



1. Avenida del Agua.
2. Avenida de Europa.
3. Avenida de las Palmeras.
4. Avenida de Ombú.
5. Avenida de los Arces.
6. Camino de los Descubrimientos.
7. Paseo de las Acacias.
8. Paseo de los Naranjos.
9. Jardines de Afuera.
10. Jardín del Guadalquivir.
11. Jardín Americano.
12. Lago de España.
13. Canal.
14. Puerto de Indias.
15. Zona Sur.

Figura 2. Espacios abiertos.

Exposición Universal Sevilla 1992 Planta esquemática de los espacios abiertos
Niveles de intervención medioambiental en el espacio abierto 1/ estancia; 2/ paseo; 3/ servicio

**Propuesta de estrategias de control ambiental (verano)
para los espacios abiertos de la Expo 92
Producción de un microclima**

Análisis climático y del lugar; del programa de actividades/ usos

Vegetación

Sombra (protección solar)

Ventilación

Enfriamiento evaporativo

Sistemas semienterrados

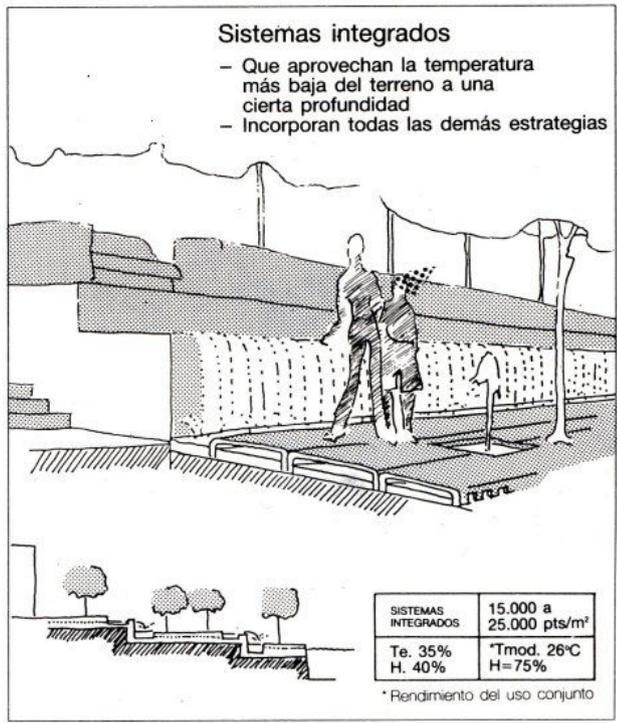
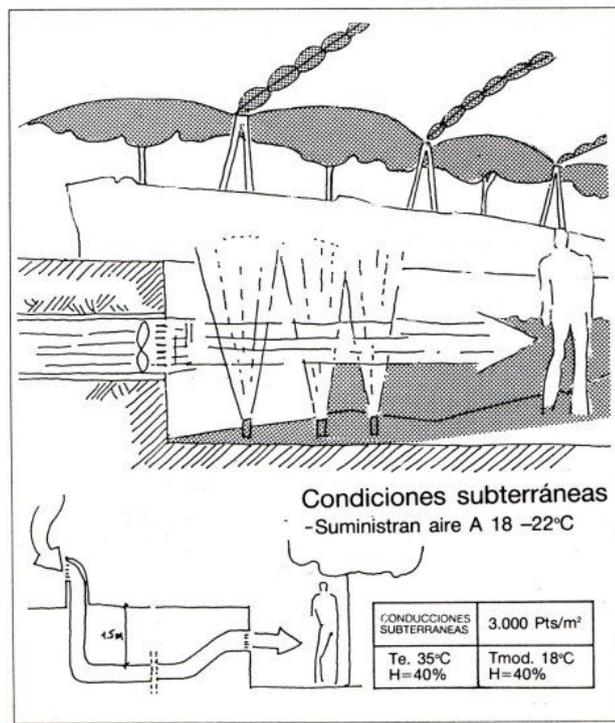
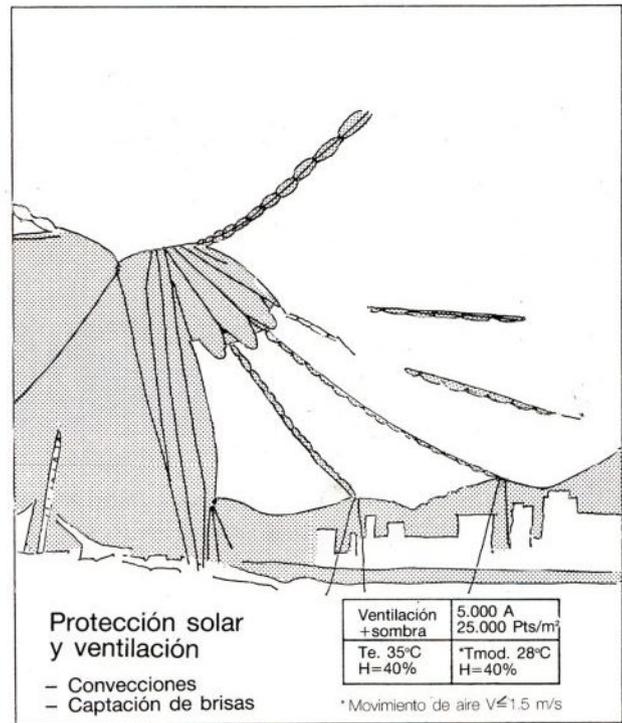
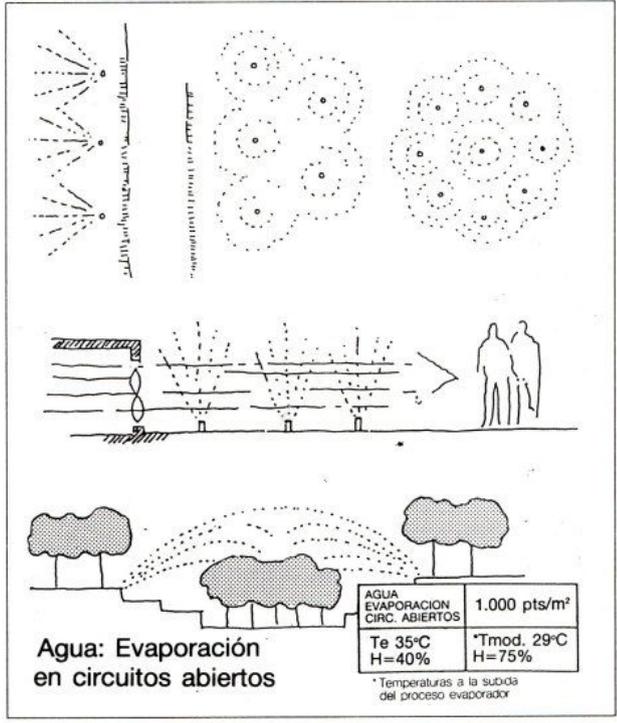
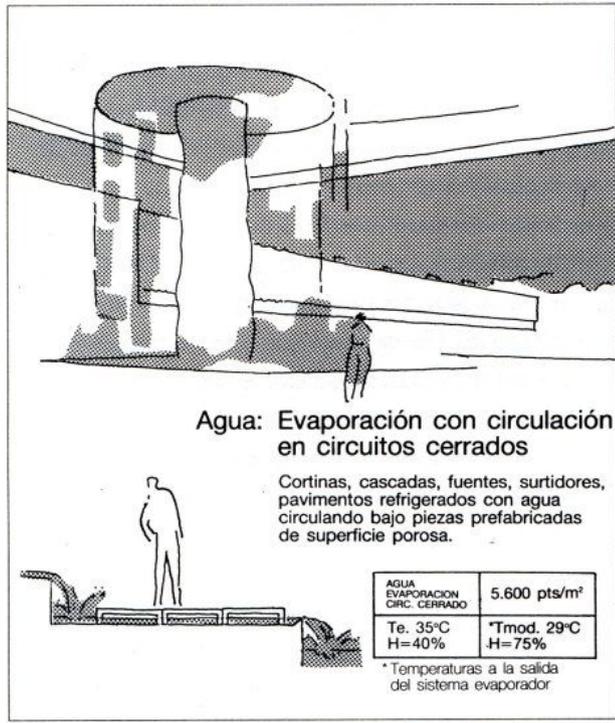
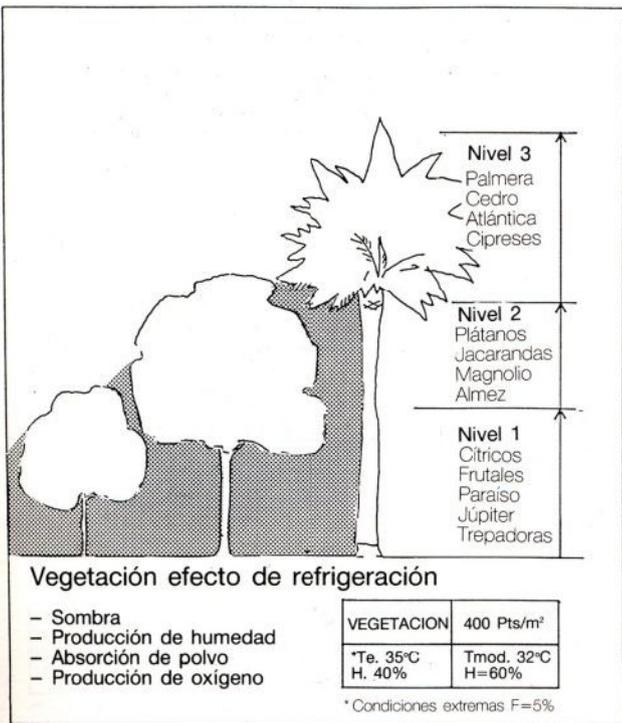
Integración de sistemas

Estudio sobre superficies (pavimentos)

Prototipado; sistemas de cálculo; recomendaciones de diseño

Concepto y 1º Fase: Seminario de Arquitectura Bioclimática para
la Sociedad Estatal para la Exposición Universal Sevilla 1992 (1987)

Jaime López de Asiaín, José Pérez de Lama y colaboradores



Los rendimientos teóricos de las principales alternativas refrigeradoras, aplicados a las condiciones que se estiman como base son los siguientes:

<i>Condiciones exteriores a la sombra frecuencia < 5%</i>		<i>tseca= 35° C. H= 40%</i>
<i>Condiciones modificadas</i>		<i>Temperatura de sensación</i>
Vegetación	tseca = 33° C. H= 65%	33° C
Ventilación v aire = 1,5 m/s	tseca = 35° C. H= 40%	27° C.
Evaporación hasta H= 80 %*	tseca = 26° C. H= 80%	26,5 ° C
Caudal de aire subterráneo **	tseca = 18° C. H= 40 %	18° C.

* Condiciones del aire en el punto de evaporación.

** Condiciones de aire a la salida de los conductos subterráneos.

El uso de espacios semiacondicionados como filtros sucesivos perimetrales a las zonas de acondicionamiento más intenso proporcionaría una reducción de temperaturas inicial, evaluable entre 1 y 3 ° C.

La combinación de las alternativas básicas expuesta junto al uso de espacios semienterrados y de la

integración de masas de agua garantizará que se consiga la reducción del 30% estimada.

Conclusiones

Por medio de estas estrategias y diseños se puede conseguir el acondicionamiento climático natural, hasta alcanzar los niveles de confort en los núcleos de la *EXPO* donde se desarrollarán las actividades más intensas.

Es conveniente considerar que no se trata tan solo de conseguir un ahorro económico respecto al acondicionamiento con sistemas activos de estos espacios, sino, fundamentalmente, poner en valor una IMAGEN que se asocia a las inquietudes y tendencias de nuestra cultura, con visión de futuro. Uso de tecnologías blandas, reencuentro del hombre con la naturaleza, equilibrio ecológico, búsqueda de verdadera calidad de vida, etc.

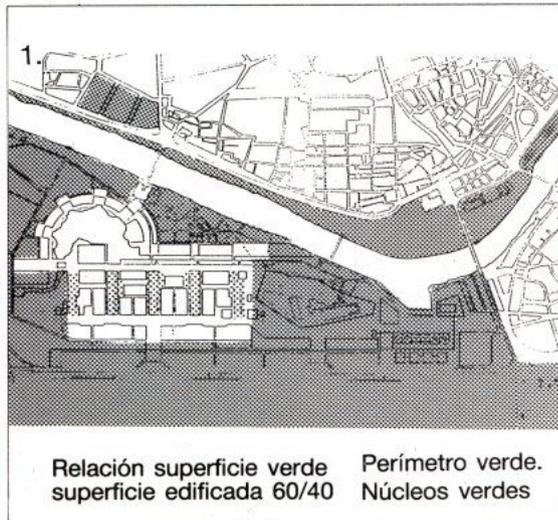
Consideramos, por otra parte, que esta experiencia entronca directamente con la vanguardia del urbanismo y de las ideas para la creación del nuevo hábitat humano.

El trabajo completo se ha desarrollado en el Anexo del Plan Director, titulado "ACONDICIONAMIENTO BIOCLIMATICO DE LOS ESPACIOS ABIERTOS",

1. VEGETACION.

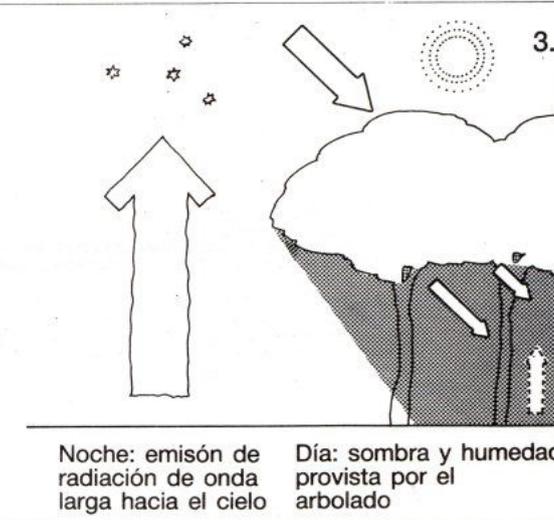
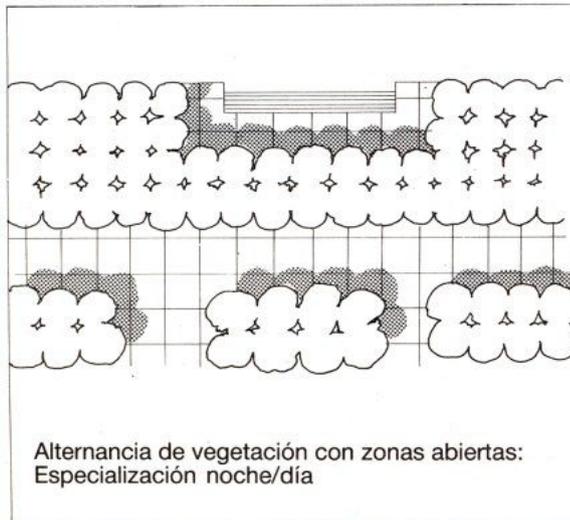
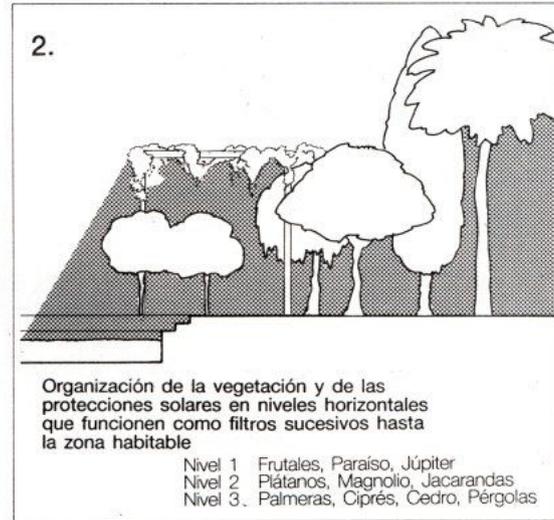
Vegetación. Recomendaciones.

1. El SAB propone una proporción 60/40 de superficie arbolada verde respecto a la superficie edificada. En el recinto de exposición las zonas de vegetación idealmente deben estar integradas con las edificadas. Una distribución interesante de las grandes masas verdes desde el punto de vista bioclimático es la de un perímetro verde y un corazón verde con el sector intermedio edificado.



2. En las zonas interiores, la vegetación de bajo y medio porte puede, parcialmente, estar situada debajo de los sistemas de sombra. El conjunto funcionaría entonces como un sistema de filtros horizontales hasta el estrato que nos interesa acondicionar, de la cota 2 m. hacia abajo.

3. Las zonas de vegetación en el interior deben estar alternadas con zonas abiertas más eficaces radiando por la noche calor hacia el cielo abierto, una vez retirados los toldos.



4. Las áreas de servicio que apoyan a los pabellones deberían ser ideadas como pulmones verdes, ya que en ellas se concentrarán los focos de emisión de calor de los pabellones hacia el ambiente: sistemas activos de refrigeración, cocinas y máquinas.

5. El arbolado hacia poniente debe proyectarse en pantallas que canalicen las brisas frescas del SO al interior del recinto.

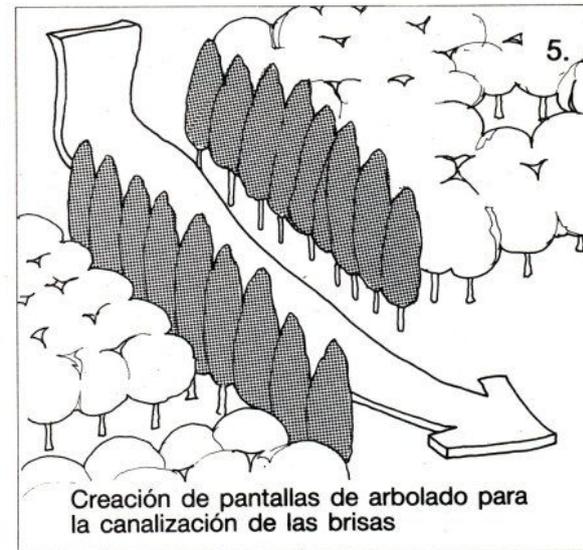
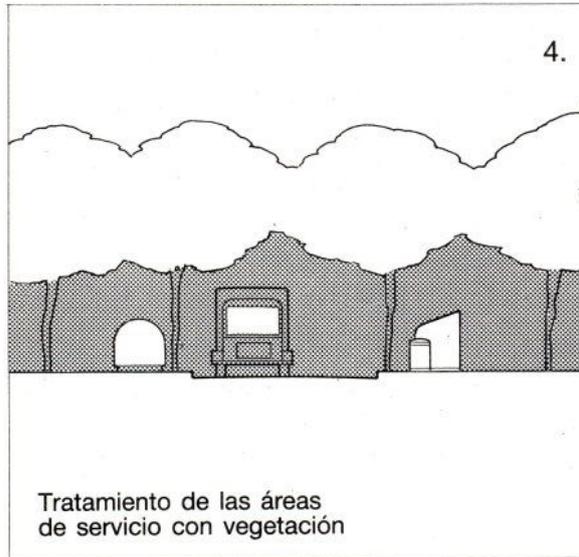
Vegetación y Refrigeración.

El efecto de refrigeración de la vegetación consiste en:

1. Suavización de las temperaturas.

- 2. Reducción de la radiación solar.
- 3. Incremento de la humedad relativa.
- 4. Suavización y dirección de los vientos.

"La diferencia más significativa entre los efectos refrigeradores de las plantas y de las estructuras construidas por el hombre es que la estructura está hecha de un material no viviente o muerto y por eso tiene una capacidad refrigeradora limitada, determinada por las características térmicas del material; mientras que una planta que es un organismo vivo se situará y arreglará su copa y sus hojas para aprovechar al máximo los rayos de sol, maximizando así su efecto de protección solar". (A. Bowen).



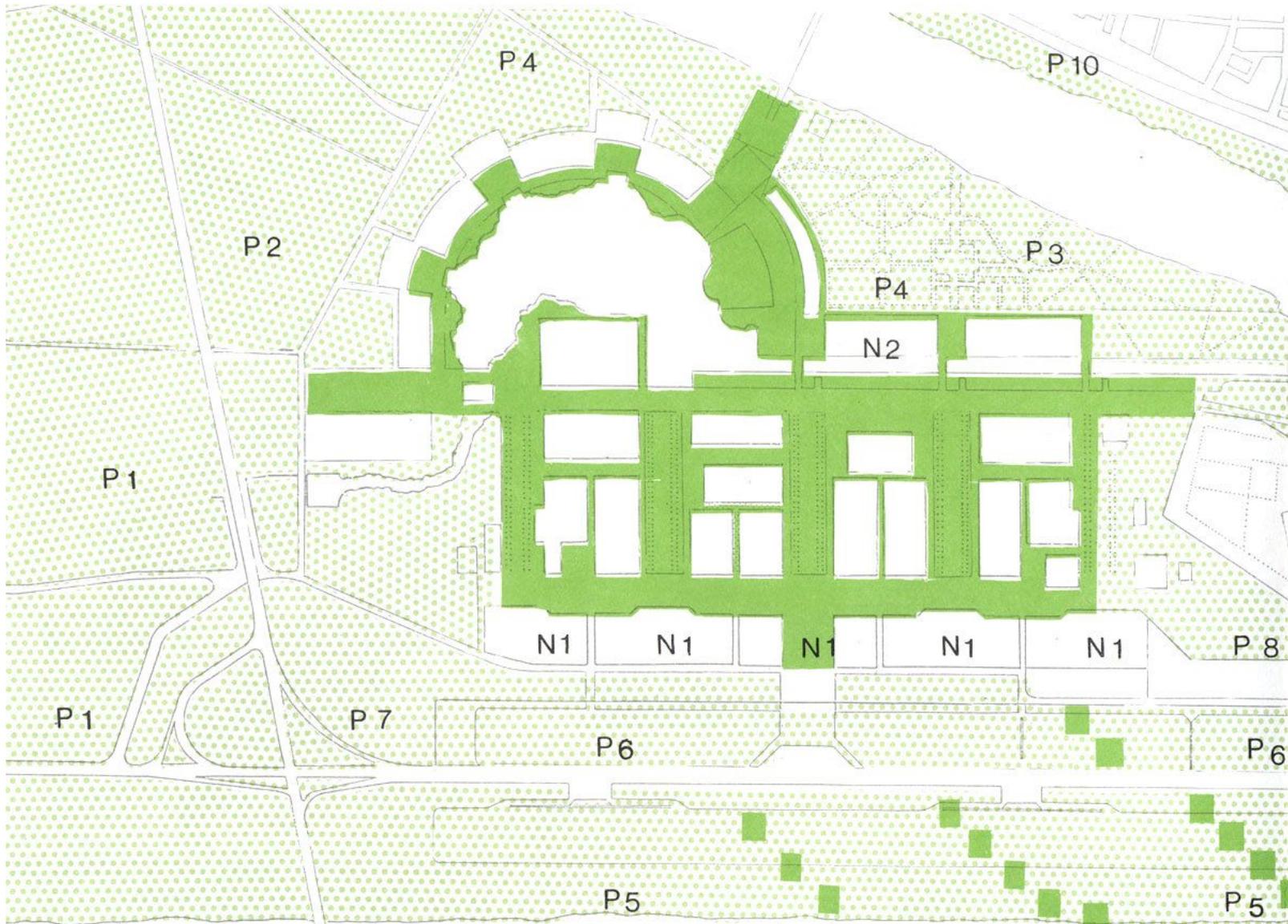
RENDIMIENTOS ENERGETICOS

CONDICIONES EXTERIORES	CONDIC. MODIFICADAS	TEMPERAT. DE SENSACION	REDUCCION (%)
Tseca = 35°C H = 40%	Tseca = 33 + 32°C *H = 70%	33°C	5%

*Vegetación tipo bosque 250 a 800 árboles/Ha

COSTES

- REPERCUSION ARBOLADA EN LA ZONA DE TRATAMIENTO MICROCLIMATICO INTENSO 400 pts/m2
- PRECIO/m2 ZONA VERDE INCLUYENDO CAMINOS 2.500 pts/m2.



ZONIFICACION DE LA VEGETACION



2. SOMBRA Y VENTILACION.

Recomendaciones. Sombra.

Las zonas exteriores de estancia y de circulación de visitantes deben, desde el punto de vista bioclimático, estar sombreados. Dados los plazos, hay que recordar que la aportación de sombra por parte del arbolado será mínima. Los sistemas de sombra, probablemente sobre superestructuras, deberán considerarse según las orientaciones.

Los sistemas tienen que ser retirables durante la noche para hacer posible la disipación de calor por radiación de onda larga hacia el cielo.

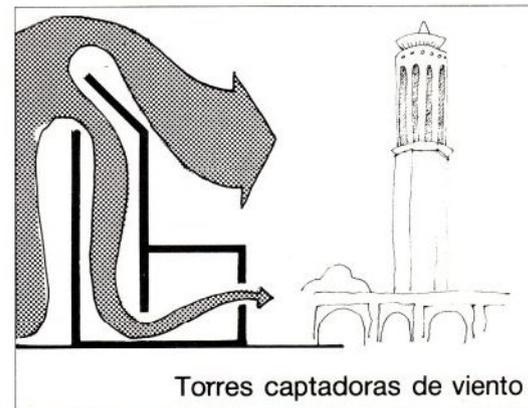
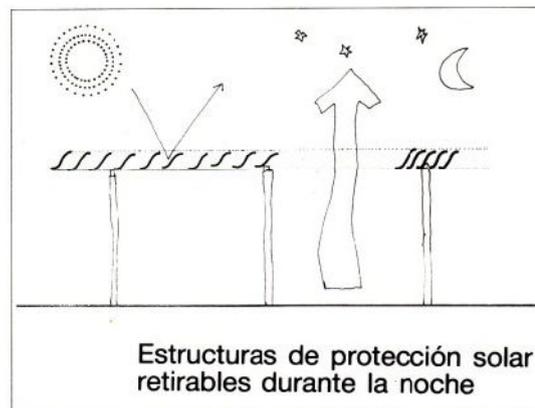
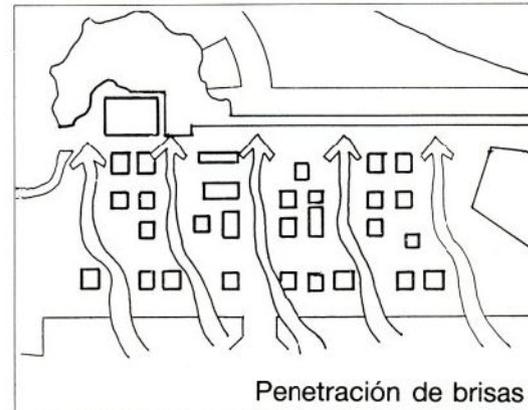
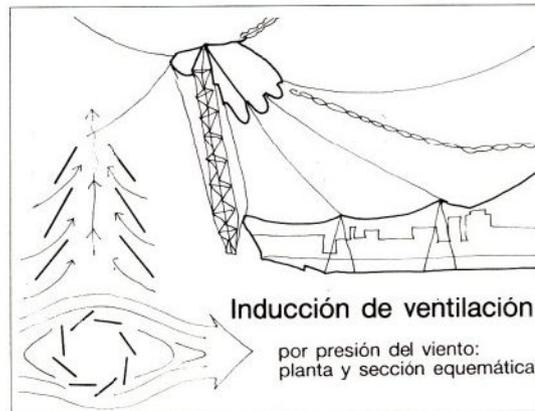
Los sistemas de sombra tienen que posibilitar y promover la ventilación en los dos modos en que podemos producir: por presión de viento y diferencia de temperatura.

El diseño de sistemas de sombra de estas características es compatible con un óptimo control lumínico y con una gran transparencia en la visión del paisaje, el cielo y los propios pabellones.

Los espacios descubiertos deben considerar las orientaciones. Orientaciones Norte son adecuadas para el verano. Hacia el Sur es fácil proveer protección solar mediante dispositivos sencillos y/o vegetación. En las orientaciones Este y, especialmente, Oeste, las protecciones solares, verticales, adquieren gran importancia en verano.

Los materiales y sistemas adecuados para la protección solar pueden ser de 4 tipos:

a) Vegetales.



b) Pesados, que aprovechan su inercia como en los zocos árabes.

c) Ligeros, con la menor masa térmica posible, máxima reflectancia a la radiación solar, opacidad según nivel lumínico deseado y posibilidad de ventilación.

d) Cubiertas dobles que presentan las características óptimas para cada uno de sus haces y ventilación a través de la cámara.

Ventilación.

La ventilación es la base de la refrigeración pasiva en el espacio abierto: para el bienestar biofísico y para la refrigeración estructural.

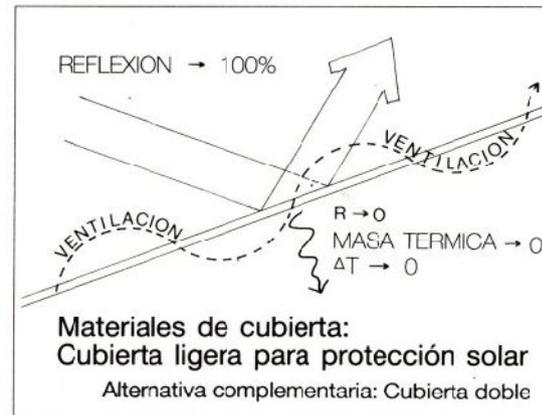
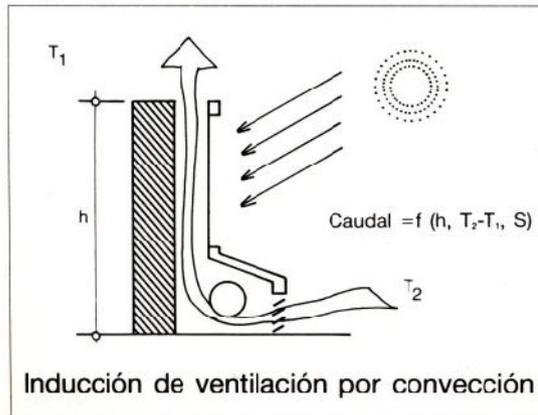
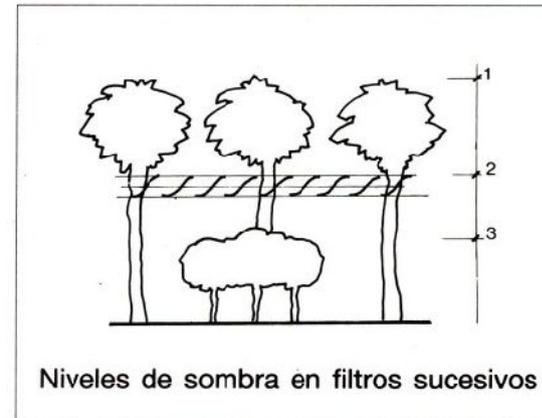
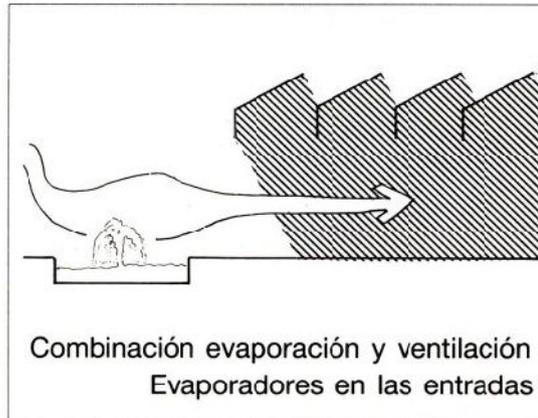
Para conseguir los objetivos propuestos hay que producir una velocidad del aire constante de 1,5 m/s. suave para no producir ningún tipo de molestia y adecuada para alcanzar los niveles de confort.

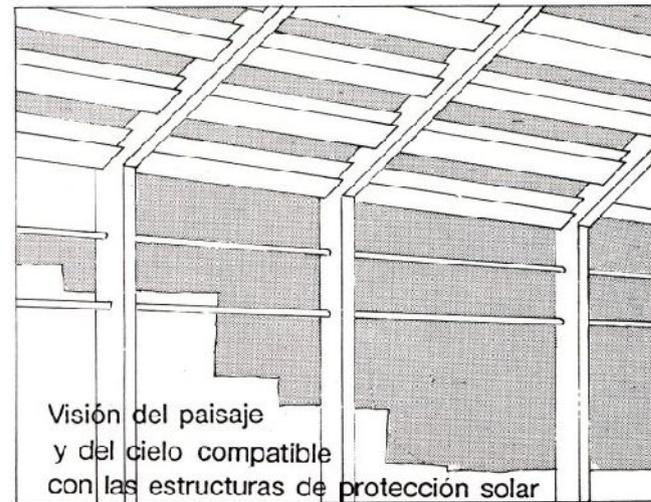
Es imprescindible diseñar los espacios públicos y las protecciones solares de forma que usen los recursos naturales a nuestra disposición: viento y convecciones. Los elementos a diseñar deben aprovechar cualquier brisa especialmente las del SO. y potenciar la ventilación anabática.

Las ordenaciones deben organizarse haciendo posible la penetración del viento del SO., al interior del recinto de la Exposición de forma que sea canalizado hacia las calles y los espacios públicos principales.

El uso de grandes ventiladores auxiliares (activados por energía solar) garantizará un movimiento de aire constante.

El uso de la refrigeración por evaporación ha de estar combinado necesariamente con ventilación para evitar el exceso de humedad en el ambiente.





RENDIMIENTOS ENERGETICOS

CONDICIONES EXTERIORES AL SOL	CONDIC. EXTER. A LA SOMBRA	CONDIC. MODIFICADAS VENTILACION	TEMPERATURA DE SENSACION	REDUCCION %
Tseca >> 40° C H << 40%	Tseca = 35° C. H = 40%	Tseca = 35° C. H = 40% Vaire = 1,5 m/s	27° C.	23%

COSTES

ESTRUCTURAS PARA SOMBRA TECNOLOGIAS TRADICIONALES	5.000 pts/m ² .
GRANDES ESTRUCTURAS TENSILES	8.000 a 25.000 pts/m ² .

3. USO DEL AGUA

La utilización del agua como elemento urbano es recomendable por motivos diversos. Desde el punto de vista bioclimático el agua colabora en la creación de un microclima más fresco de dos maneras:

A) Por el efecto de la inercia térmica de las masas de agua.

B) Por evaporación.

A) En el uso de masas de agua como láminas, lagos y canales, se deberá aprovechar su capacidad de suavización del clima. Esto puede ser conseguido con pequeñas masas a través de un diseño adecuado, reteniendo y maximizando los efectos locales: ① se debe reducir, con sombra más evaporación el calentamiento diurno y ② se deben favorecer las pérdidas por evaporación y por radiación nocturna hacia el cielo.

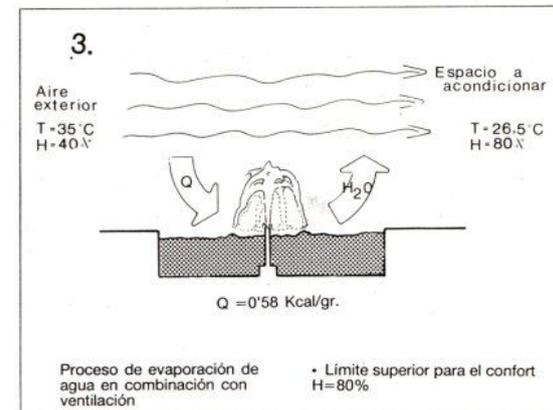
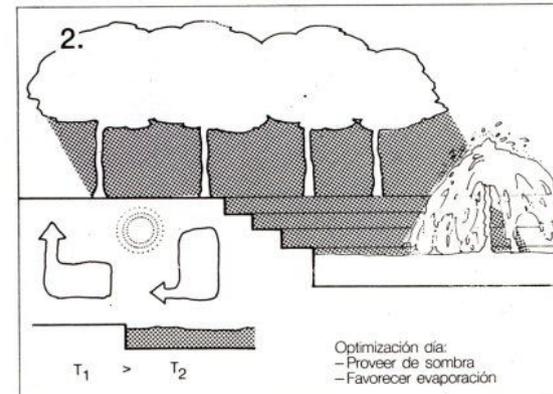
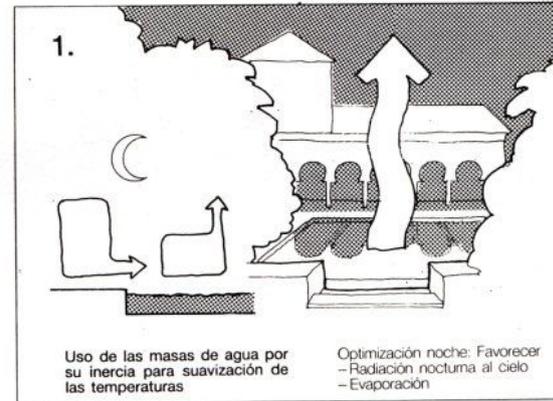
El dimensionado de la relación masa-superficie que optimice la eficacia refrigeradora debe ser objeto de un estudio especial.

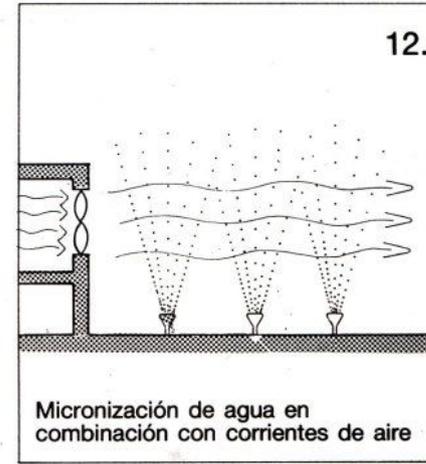
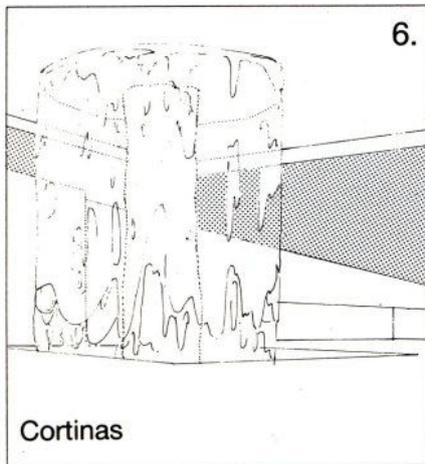
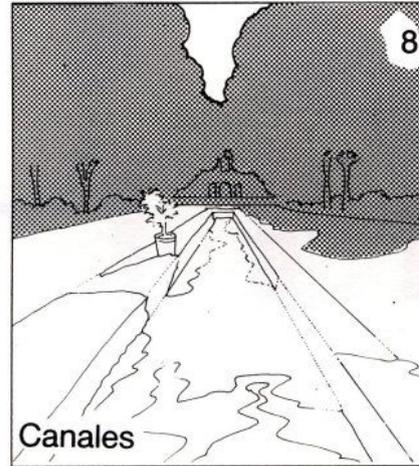
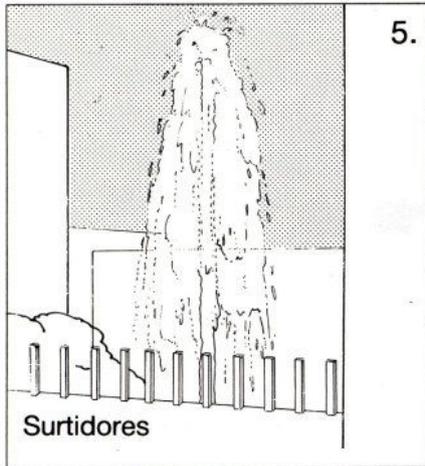
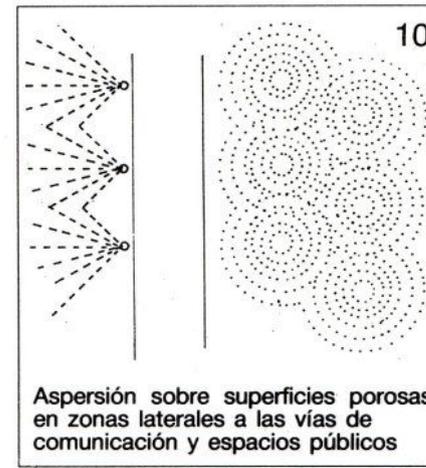
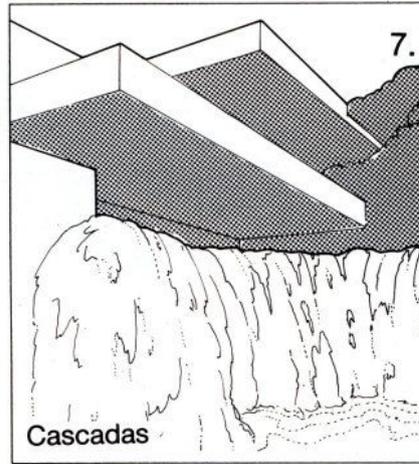
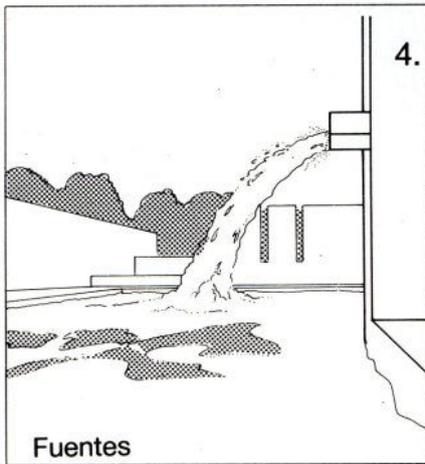
B) La evaporación se combinará con ventilación, con el fin de controlar el grado de humedad y así mantener la capacidad evaporadora del aire para hacer posible 1) el estado de bienestar biofísico y 2) el desarrollo continuo del proceso.

La evaporación es proporcional a la superficie de agua en contacto con el aire. Sistemas que la aumenten, tales como ④ a ⑨ fuentes, surtidores, cascadas, cortinas, circulación de agua en canales y bajo la pavimentación (en circuitos cerrados), más ⑩ a ⑫ riego, aspersión y micronización, son aconsejados. El rumor del agua corriente tiene además efectos psicológicos de frescor y de control acústico aconsejables.

Cuando el proceso de evaporación se produce en la sombra obtenemos aire a más baja temperatura. Los sistemas como surtidores, fuentes, cascadas..., deben ser operados en la sombra. Los sistemas de aspersión y pulverización deben operarse en zonas con radiación directa.

Los sistemas evaporadores se colocarán próximos a los usuarios y en las tomas de aire de los espacios que se deseen acondicionar naturalmente: calles que acceden a ellos, zonas verdes perimetrales.

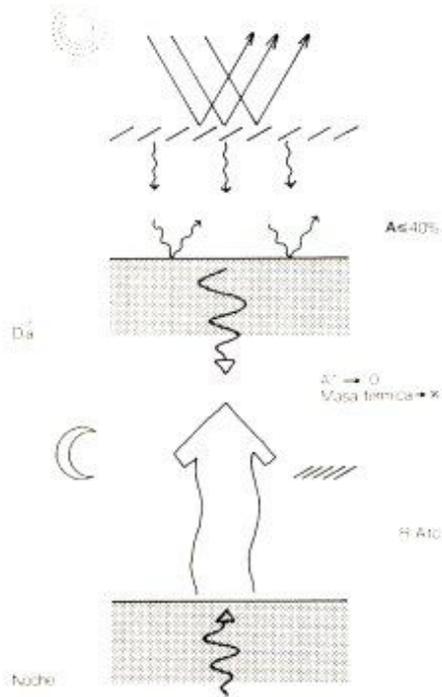




**A. Zonas en sombra durante el día
Abiertas al cielo durante la noche**

Su temperatura debe subir lo menos posible durante el día y bajar por ventilación y por radiación durante la noche

- Características recomendadas:
- Alta emisividad en onda larga
 - Alta capacidad térmica
 - Albedo medio



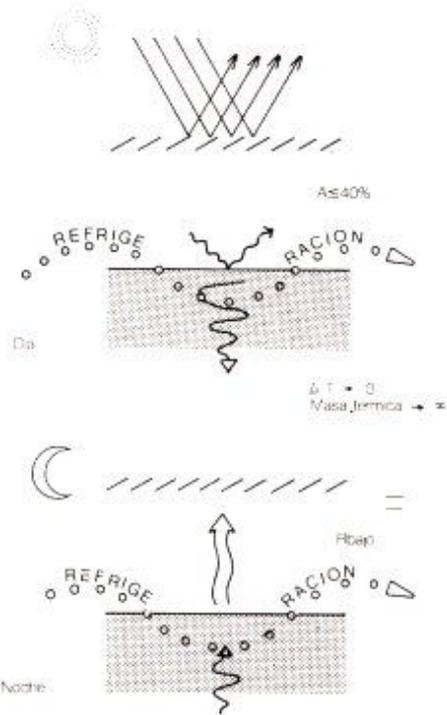
Materiales recomendados:

- Hormigones
- Cerámicos
- Gravas
- Piedra

**B. Zonas en sombra durante el día
Cubiertas durante la noche**

Su temperatura debe subir lo mínimo durante el día refrigerando durante día y noche con ventilación y/o agua

- Características recomendadas:
- Pavimentos refrigerados - Porosidad
 - Alta capacidad térmica combinada con refrigeración nocturna
 - Albedo medio



Materiales recomendados:

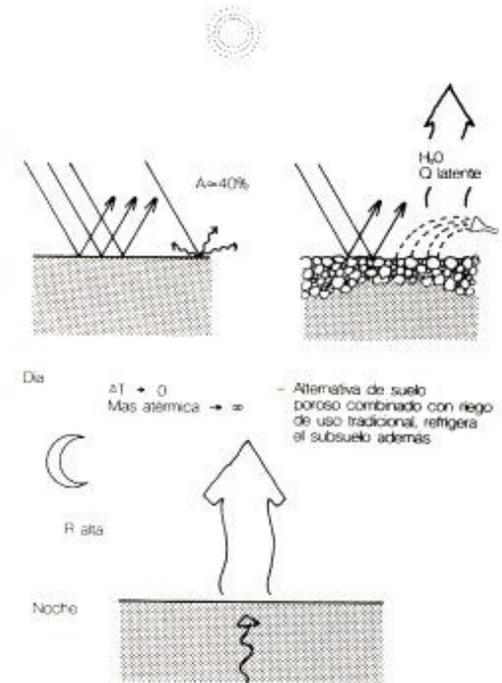
- Piezas prefabricadas de materiales porosos con circulación inferior de agua
- Hormigón piedra, cerámicos con superficies rugosas, canales y conductos de agua
- Gravas

C. Zonas abiertas

- Recibiendo radiación directa durante el día
- Abiertas al cielo durante la noche

Deben adquirir la más baja temperatura durante el día y enfriarse durante la noche

- Características recomendadas:
- Alta capacidad térmica
 - Alta emisividad en onda larga
 - Baja absorción en onda corta
 - Albedo medio
 - Superficies porosas



- Alternativa de suelo poroso combinado con riego de uso tradicional, refrigerará el subsuelo además

Materiales:

- (1) Superficies pesadas/
Colores medios
- Hormigones
 - Piedra/Gravas
 - Albero
 - Cerámicos
 - Terreno vegetal

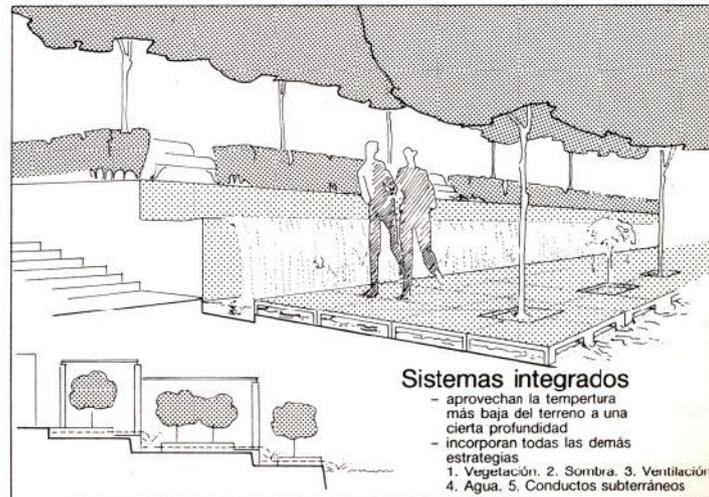
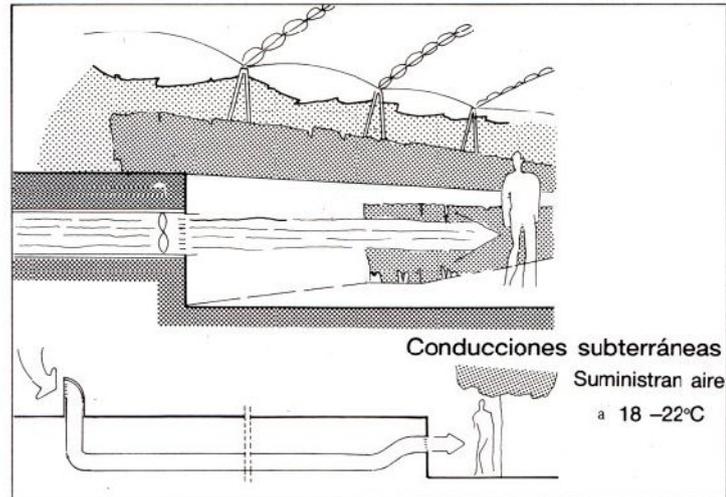
- (2) Porosas/Riego
- Albero en grano
 - Gravas

5. ZONIFICACION DEL TRATAMIENTO BIOCLIMATICO

Zonificación y tratamiento bioclimático

El sistema de circulación debe ser de gran economía espacial, con jerarquías y relaciones sencillas de modo que los espacios a acondicionar se reduzcan al mínimo.

El sistema de circulaciones fuertemente recomendado por el Seminario de Arquitectura Bioclimática es el representado en los esquemas: organizado en bancadas paralelas descendentes hacia los ejes de los viales o de las plazas. Estos sistemas semienterrados aprovechan el potencial frío del terreno y



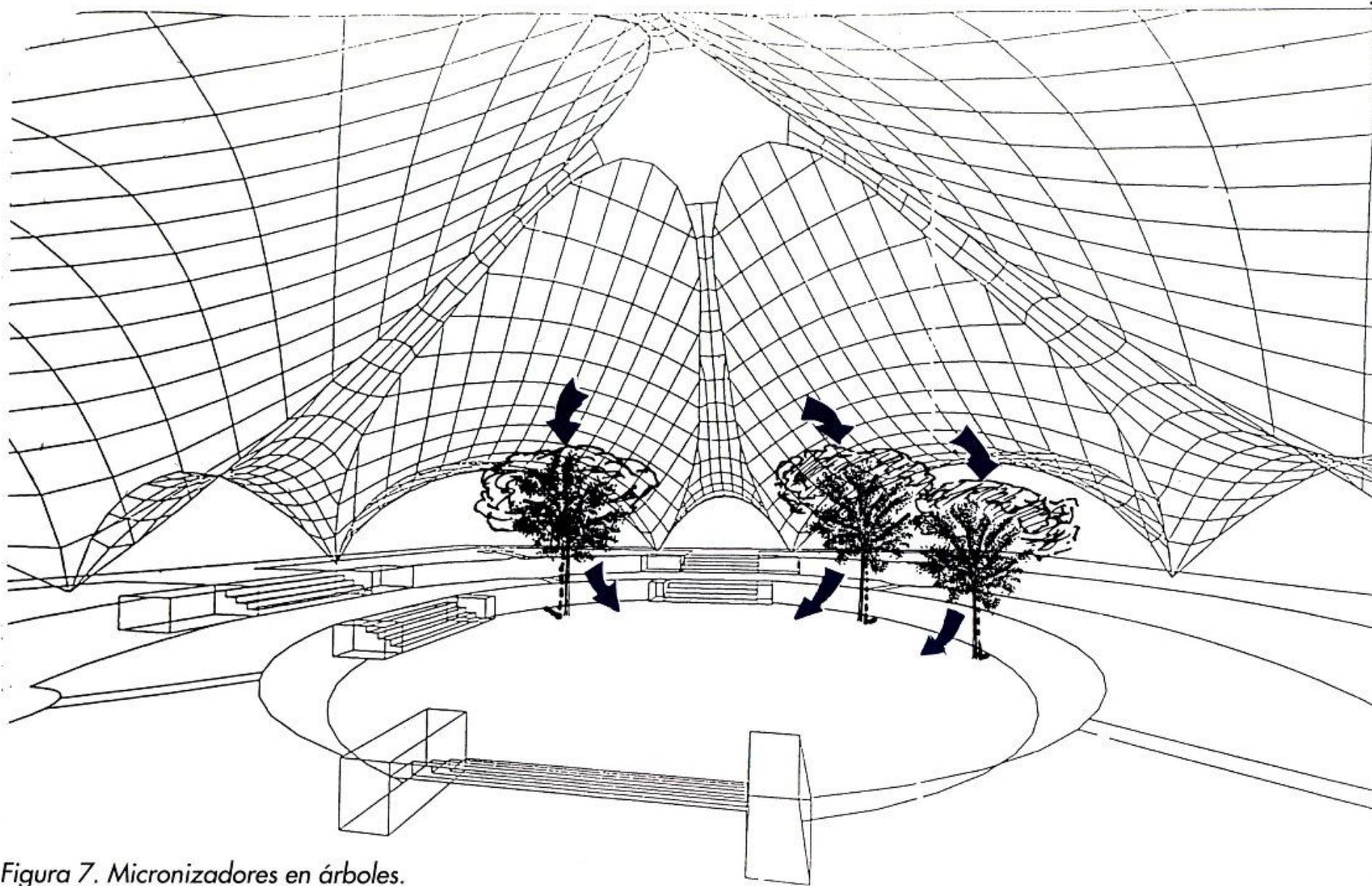


Figura 7. Micronizadores en árboles.

**Construcción y monitorización de prototipos; “Rotonda Bioclimática”
con ETSII, 1988-89 (actual Gerencia de Urbanismo)**

Tabla 2.

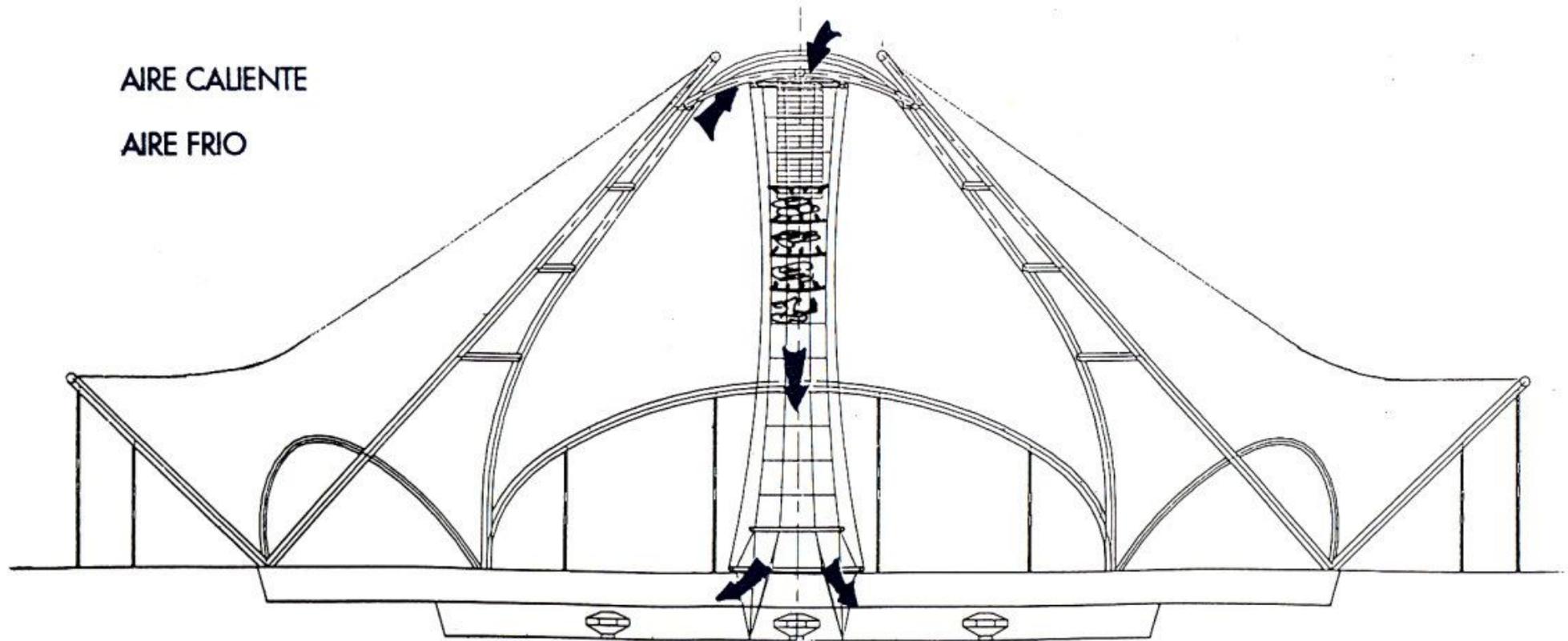
	Componente del Balance	Cuantía (W)	Porcentaje	Controlabilidad Externa
Ganancias sobre el Ocupante	1. Metabolismo	60	24	No controlable
	2. Radiación total (directa + difusa + reflejada)	135	55	Controlable
	3. Intercambio radiante de larga	35	14	Controlable y susceptible de ser negativa
	4. Convección	15	7	Controlable y susceptible de ser negativa
	Total Ganancias	245	100	
Pérdidas del Ocupante	5. Intercambio con la bóveda celeste	25		
	6. Sudoración	220		Controlable su efectividad real
	Total Pérdidas	245	100	

Fuente: Servando Álvarez

Tabla 3

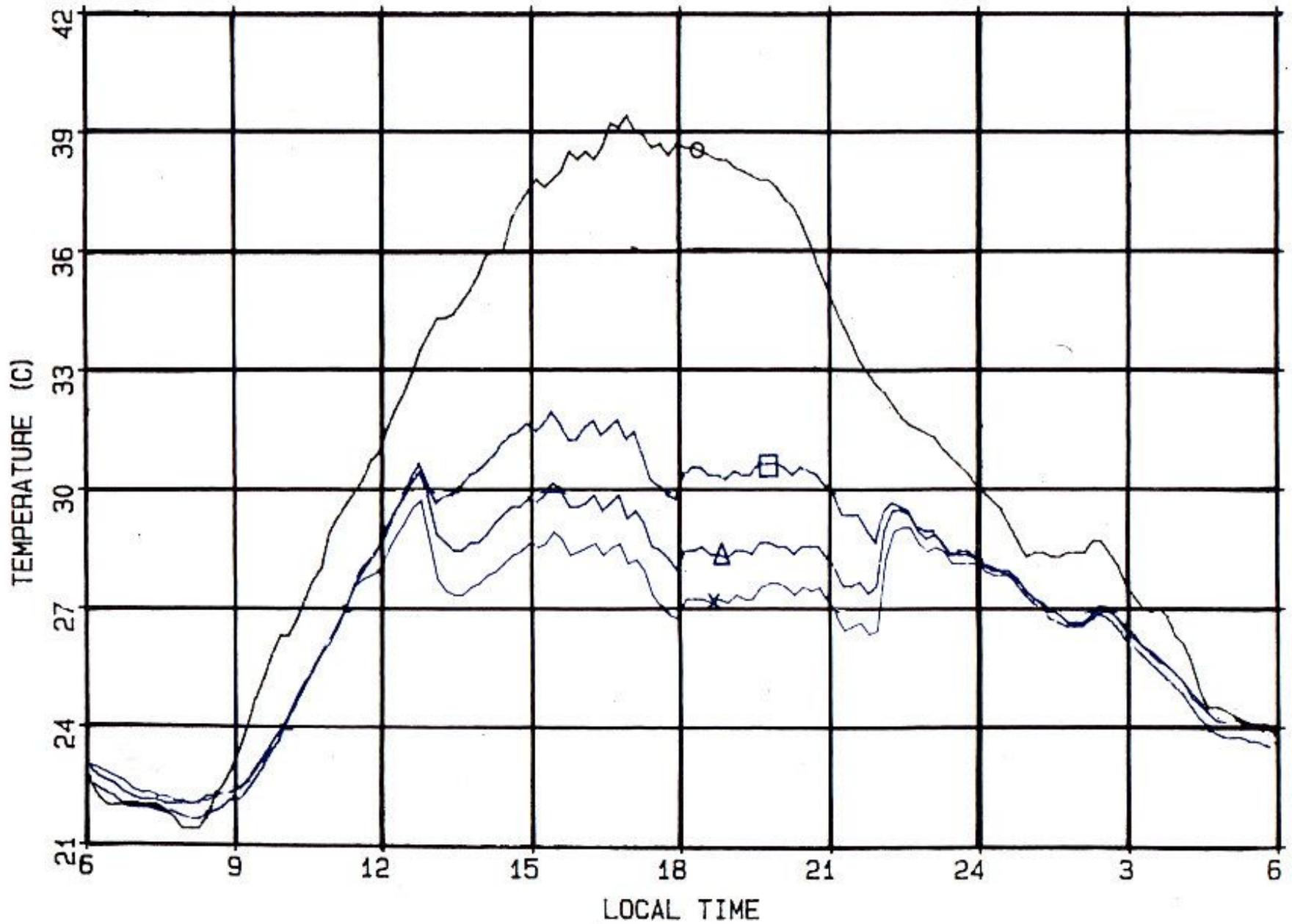
Medidas	Actuaciones genéricas	Reducciones típicas en ganancias (W)	Técnicas específicas
Reducción de la radiación solar	Obstrucción de la radiación directa y difusa	40 a 70	- Coberturas
	Obstrucción de la radiación reflejada	25 a 50	- Confinamiento - Tratamiento de superficies adyacentes
Reducción o inversión intercambio radiante de larga longitud de onda	Reducción temperaturas de superficies circundantes	20 a 50	- Suelos: pavimentos fríos, láminas de agua - Coberturas: riego, láminas de agua - Sup. vertical: cascadas, cortinas de agua
Reducción o inversión intercambio convectivo	Reducción temperaturas del aire <i>H?</i> Movimiento de aire enfriado	15 a 50	- Confinamiento - Enfriamiento sensible - Enfriamiento latente - Encauzamiento brisas - Chorros de agua

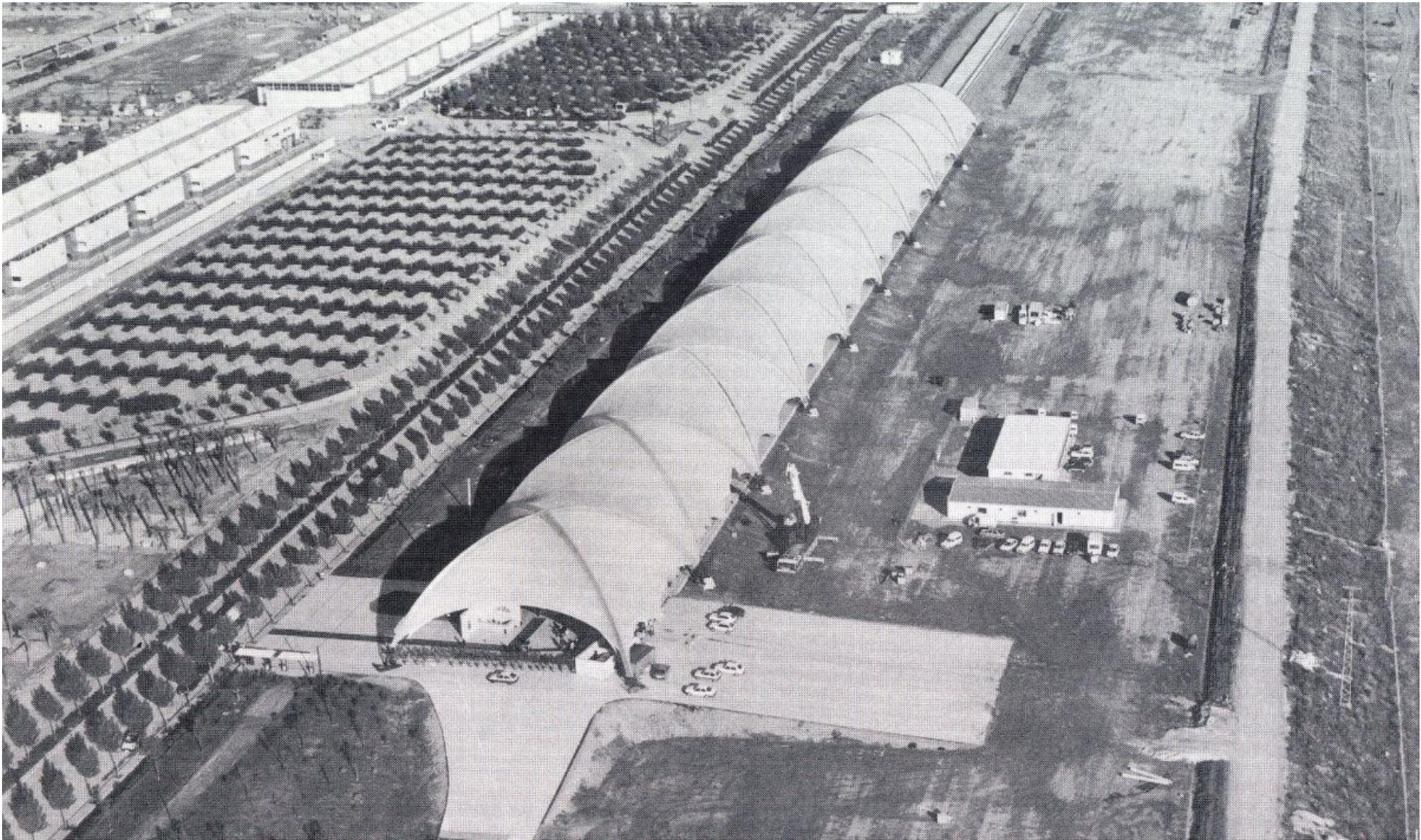
Figura 8. Micronizadores en torre.



FIRST DAY: SA 11 AUGUST 90

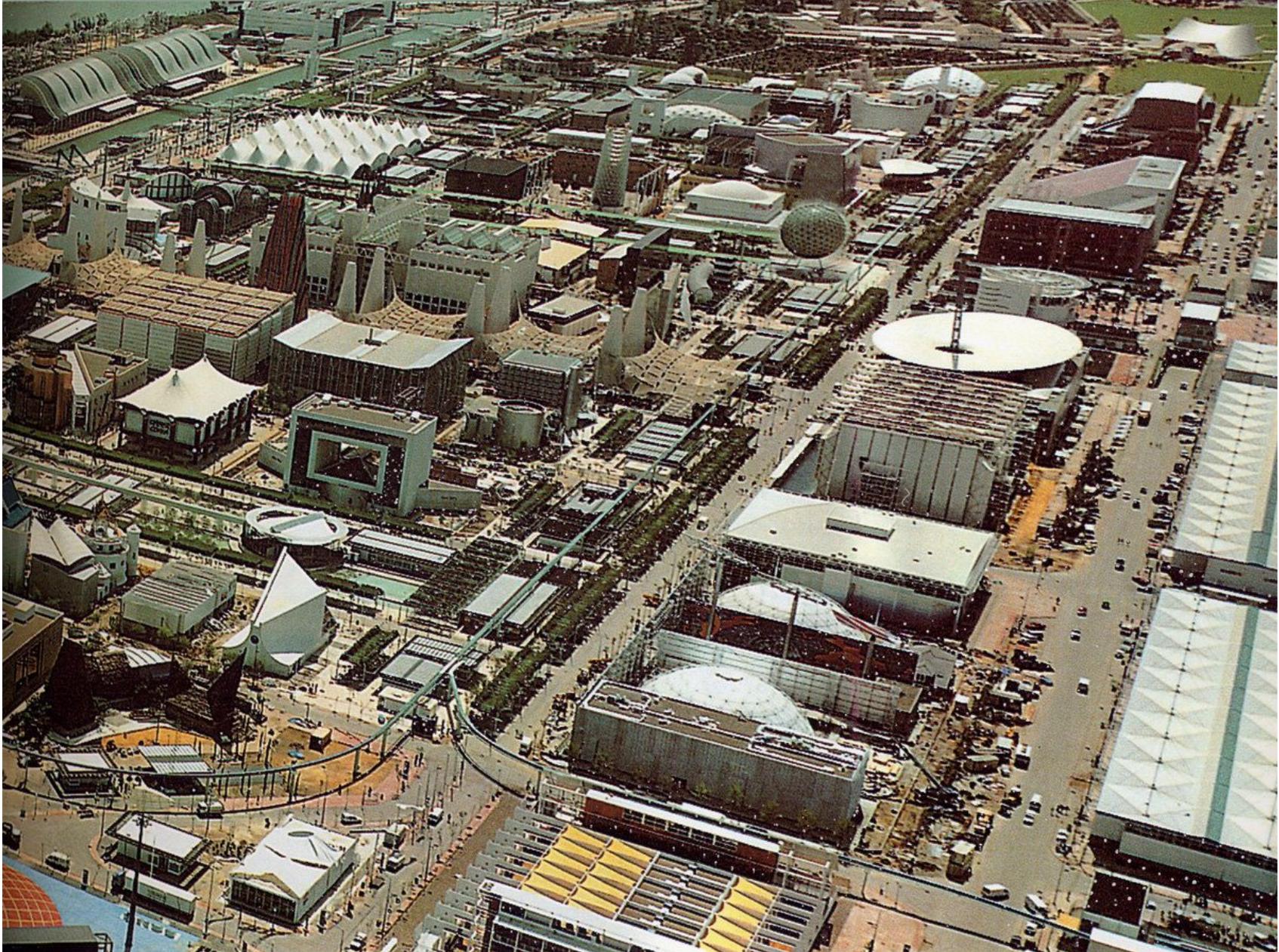
- ROTUNDA AIR TEMP. 1.5 m
- △ ROTUNDA AIR TEMP. 1.0 m
- X ROTUNDA AIR TEMP. 0.5 m
- WEATHER STATION TEMP.





Estación temporal AVE y aparcamientos Oeste
Sombra y ventilación; vegetación y pavimentos
ca. 1992

Expo 92 Sevilla
vista aerea 1992





Espacios abiertos durante la Expo 92: pérgolas; vegetación, sombra, evaporación



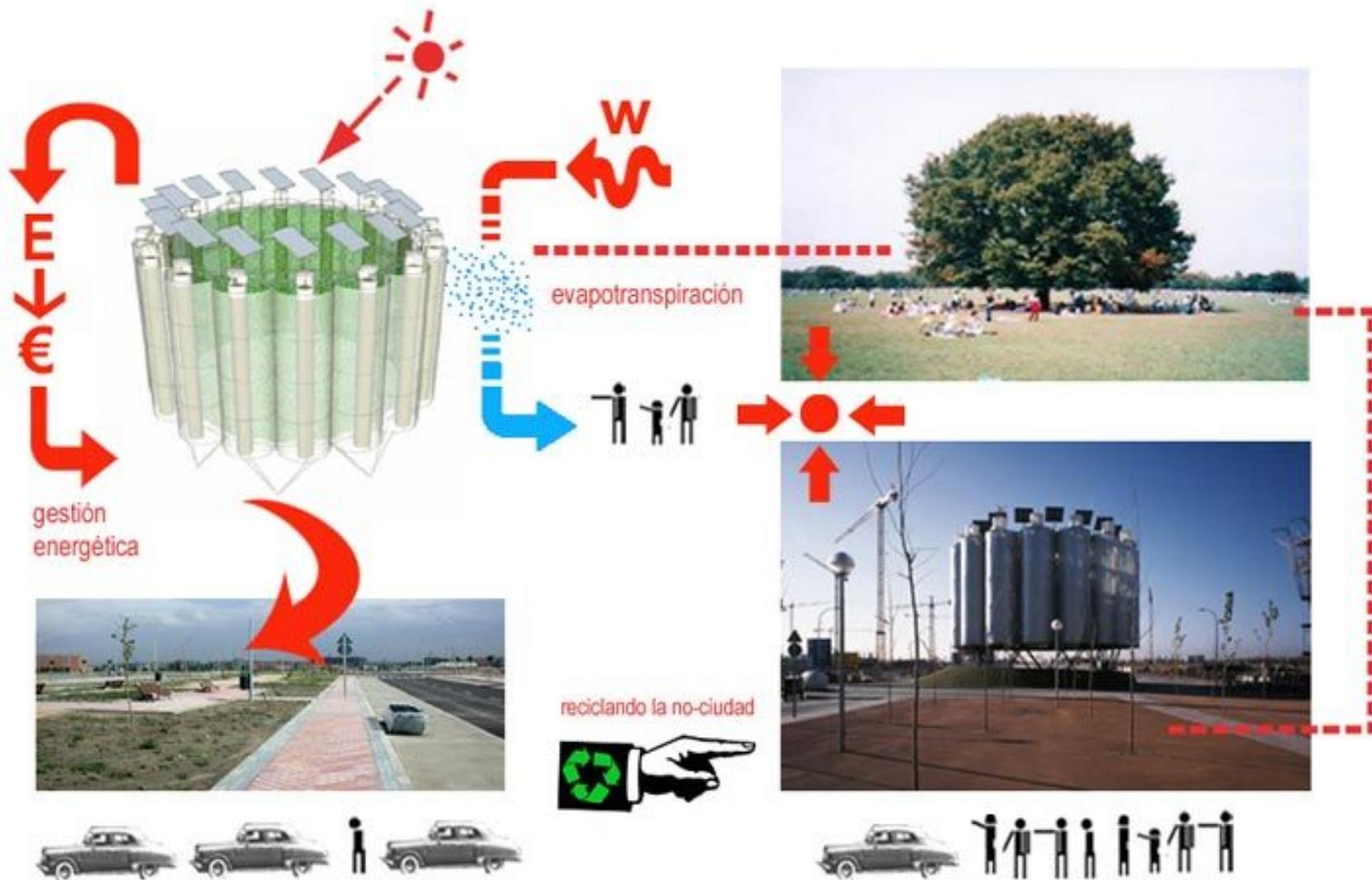
Espacios abiertos durante la Expo 92: umbráculos; vegetación, sombra, evaporación



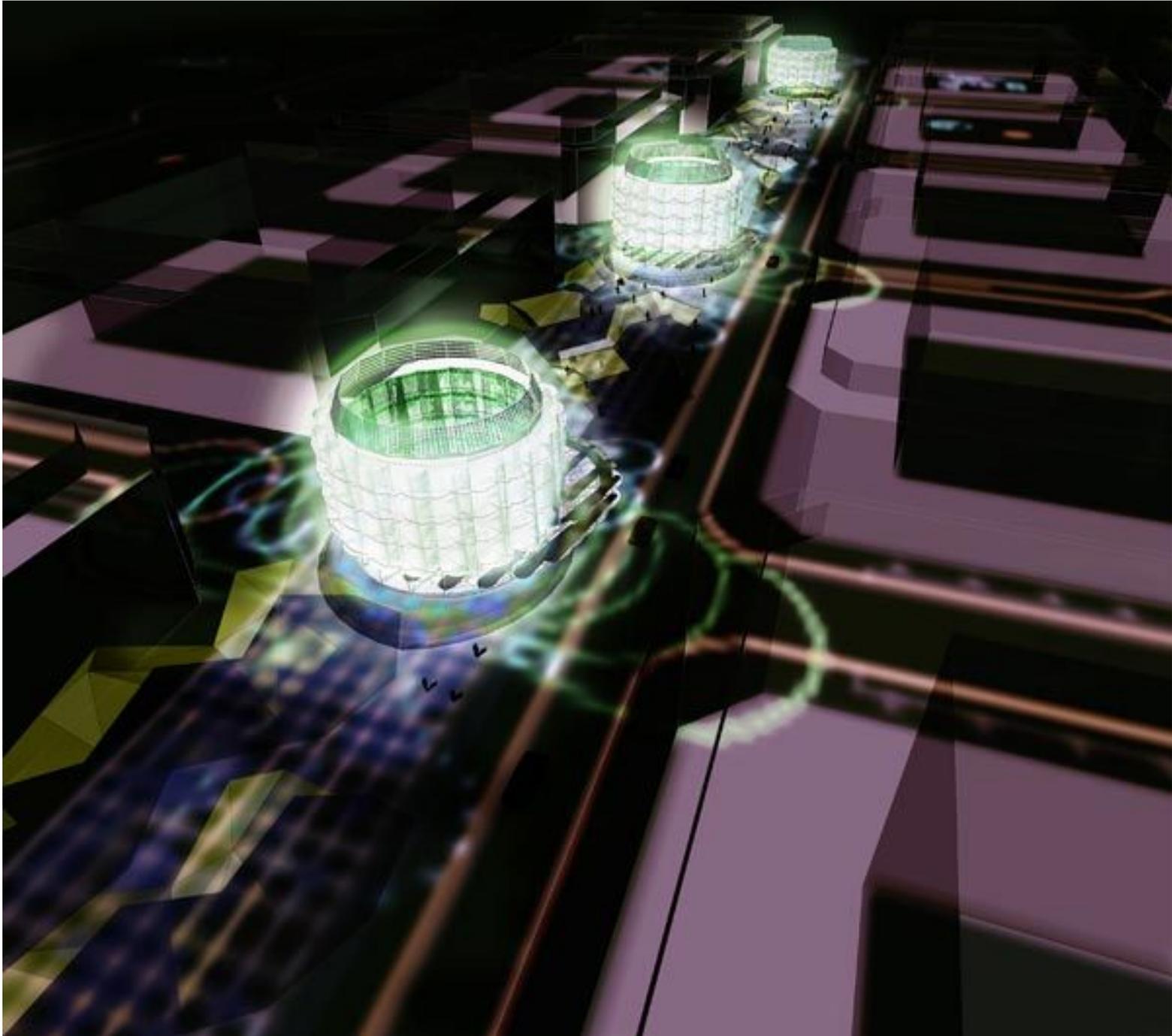
Espacios abiertos durante la Expo 92, Avda Europa: torres evaporativas; vegetación, sombra, evaporación

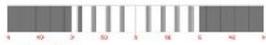


Isla de la Cartuja: vista aérea reciente con Parque del Alamillo en primer plano

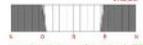


Ecosistema urbano, 2006
Torres evaporativas en Vallecas
 realizadas a partir de la tecnología desarrollada para la Expo 92

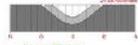




superficie 100m²
 aislamiento de superficie 40%
 superficie de vidrio 20%



100m² superficie superior cubierta 12,3%



superficie 100m²
 aislamiento de vidrio 100%



1 **paredes de exterior**
 doble de aislamiento
 doble línea de vidrio
 aislamiento exterior: 100% (12,3%)
 aislamiento interior: 100% (7,7%)
 aislamiento de vidrio: 100% (80%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (2%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (17%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (8%)



2 **ventanas**
 aislamiento exterior: 100% (12,3%)
 aislamiento interior: 100% (7,7%)
 aislamiento de vidrio: 100% (80%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (2%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (17%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (8%)



3 **paredes de interior**
 doble de aislamiento
 aislamiento exterior: 100% (12,3%)
 aislamiento interior: 100% (7,7%)
 aislamiento de vidrio: 100% (80%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (2%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (17%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (8%)



4 **paredes de exterior**
 aislamiento exterior: 100% (12,3%)
 aislamiento interior: 100% (7,7%)
 aislamiento de vidrio: 100% (80%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (2%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (17%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (8%)



5 **paredes de exterior**
 aislamiento exterior: 100% (12,3%)
 aislamiento interior: 100% (7,7%)
 aislamiento de vidrio: 100% (80%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (2%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (17%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (8%)



6 **paredes de exterior**
 aislamiento exterior: 100% (12,3%)
 aislamiento interior: 100% (7,7%)
 aislamiento de vidrio: 100% (80%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (2%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (17%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (8%)



7 **paredes de exterior**
 aislamiento exterior: 100% (12,3%)
 aislamiento interior: 100% (7,7%)
 aislamiento de vidrio: 100% (80%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (2%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (17%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (8%)



8 **paredes de exterior**
 aislamiento exterior: 100% (12,3%)
 aislamiento interior: 100% (7,7%)
 aislamiento de vidrio: 100% (80%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (2%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (17%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (8%)



9 **paredes de exterior**
 aislamiento exterior: 100% (12,3%)
 aislamiento interior: 100% (7,7%)
 aislamiento de vidrio: 100% (80%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (2%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (17%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (8%)

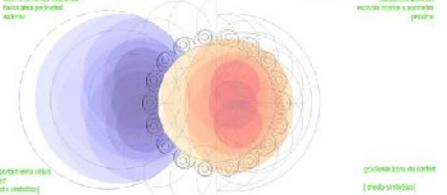


10 **paredes de exterior**
 aislamiento exterior: 100% (12,3%)
 aislamiento interior: 100% (7,7%)
 aislamiento de vidrio: 100% (80%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (2%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (17%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (8%)

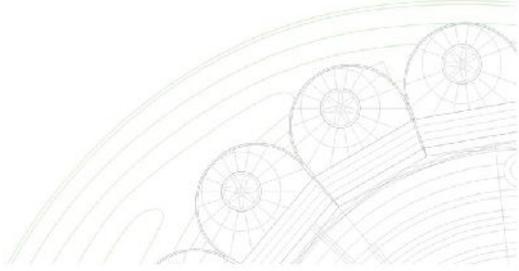
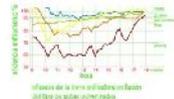
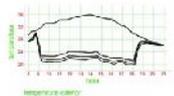
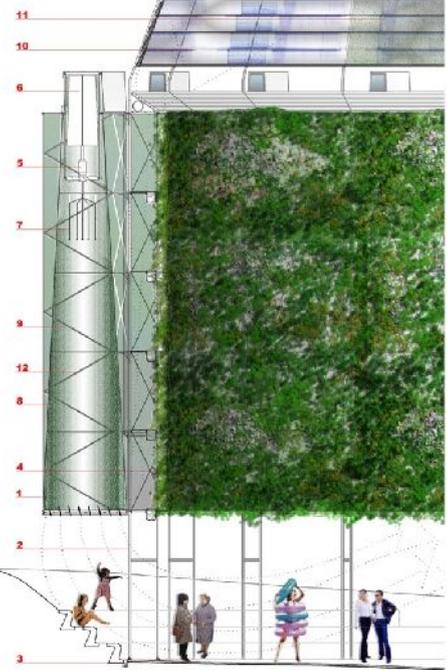


11 **paredes de exterior**
 aislamiento exterior: 100% (12,3%)
 aislamiento interior: 100% (7,7%)
 aislamiento de vidrio: 100% (80%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (2%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (17%)
 aislamiento de aislamiento: 100% (8%)

VERANO ESPACIO ESTROVERTIDO



INVIERNO ESPACIO INTROVERTIDO



Algunas características de interés:

**Generación de energía
(fotovoltaica)**

Generación microclima verano

**Materiales industriales, de
catálogo**

Desmontable

Materiales reciclados

Propuesta de gestión vecinal

**Uso visual-formal de los
elementos medioambientales**



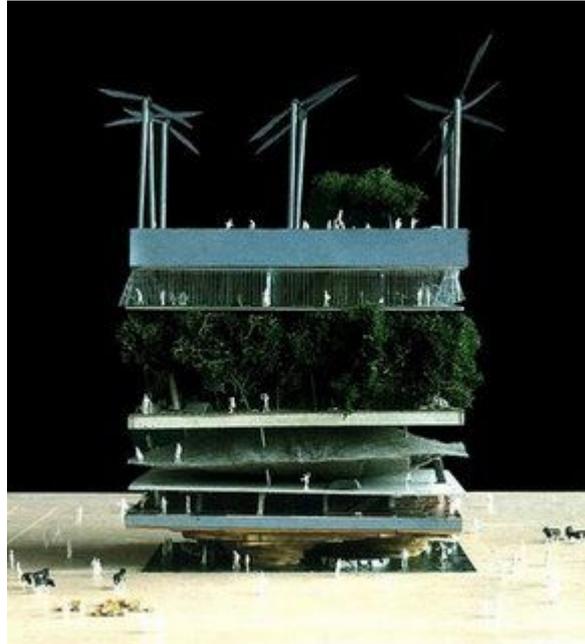


Bibliografía

José Pérez de Lama, Jaime López de Asiaín et ali, 1987, Estudio Bioclimático Espacios Abiertos. Plan Director Exposición Universal Sevilla 1992,, Cuaderno Número 5, Sociedad Estatal para la Exposición Universal Sevilla 1992, Sevilla

Jaime López de Asiaín (Seminario de Arquitectura y Medio Ambiente), 1997, Expo 92. Espacios abiertos, ETSAS, Sevilla

Servando Álvarez et ali, sf, *Monitorización y evaluación sistemas de enfriamiento pasivo Expo 92, ...*, Sevilla



MVRDV, pabellón expo Hannover 2000

**Arquitectura y Medio Ambiente curso 2008/2009 Grupos D y F
Escuela Técnica Superior de Arquitectura
Universidad de Sevilla**

Clase 09 (para el grupo F)

Profesor: José Pérez de Lama

<http://htca.us.es/blogs/ama0809df>

Licencia del documento: Creative Commons atribución distribuir-igual 3.0 

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

De las imágenes: sus autores