

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE: DISEÑO Y CÁLCULO

Índice

- La sostenibilidad y el bioclimatismo (3 h)
 - ¿Qué es la sostenibilidad?
 - El bienestar y la salud mediante técnicas bioclimáticas
 - La base de la arquitectura bioclimática: la arquitectura popular
 - Herramientas de diseño: climogramas de bienestar
 - Herramientas de diseño: máscaras de sombra
- Diseño arquitectónico (5 h)
 - Condiciones de invierno
 - Condiciones de verano
 - Masa e inercia térmica
 - Dimensionado y caracterización de los materiales y componentes
- Construcción del espacio urbano: diseño de espacios exteriores (1 h)
 - Factores del ambiente exterior
 - Intercambios energéticos
 - Diseño del espacio y estrategias
- Ejemplo de aplicación (2 h)
 - Solar Decathlon
- Herramientas informáticas de apoyo (1 h)
 - Condiciones climáticas
 - Condiciones de bienestar
 - Materiales

1. LA SOSTENIBILIDAD Y EL BIOCLIMATISMO

¿Qué es la sostenibilidad?

El desarrollo que permite cubrir nuestras necesidades pero sin poner en riesgo las necesidades de las generaciones futuras



...promueve cambios...

¿Qué es la arquitectura sostenible?

¿Es lo mismo que arquitectura bioclimática?

Originalmente:

Interpretación bioclimática (efectos del clima sobre el hombre) de la arquitectura.

Arquitectura popular evolucionada y adaptada

Arquitectura sostenible bioclimática

- Arquitectura de alta eficacia energética
- Arquitectura pasiva
- Arquitectura sana
- Arquitectura ecológica
- Arquitectura integrada
- Arquitectura ecoconstruida

La arquitectura bioclimática, con vocación de universalidad, es la **síntesis** de todo ello

Objetivos

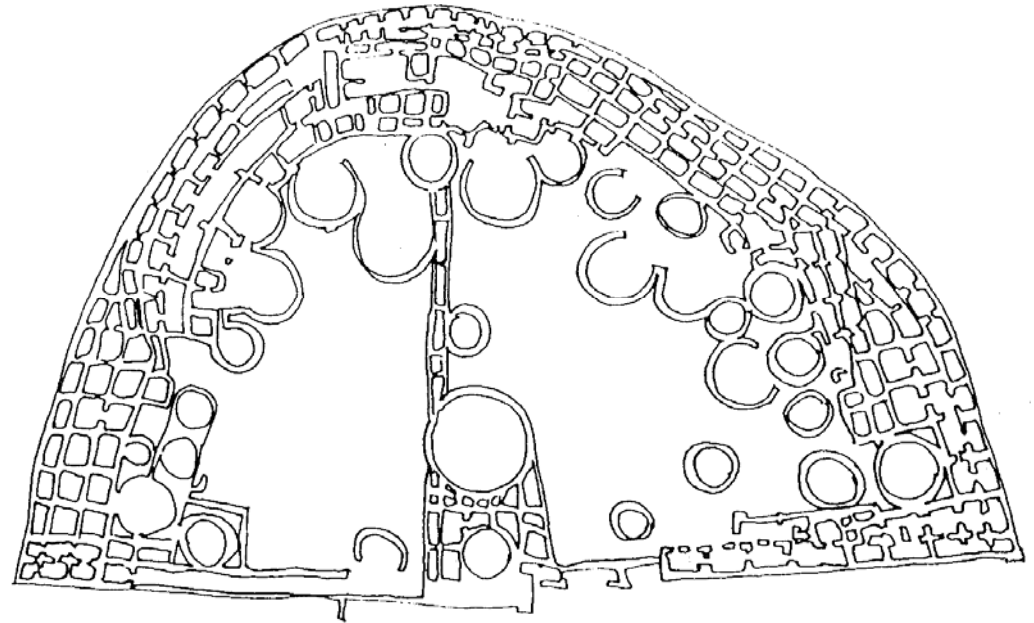
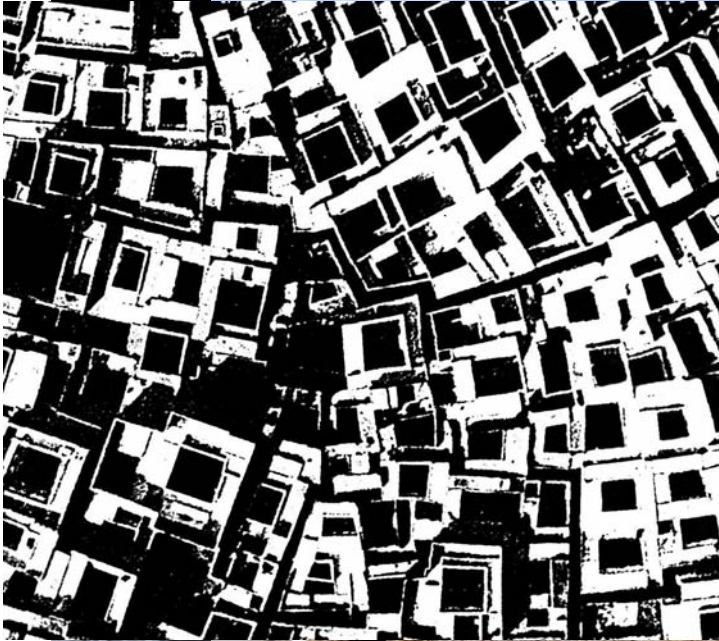
1. La integración del edificio con un alto grado de respeto a la naturaleza y a la construcción vernácula o existente.
2. La explotación de los recursos naturales del lugar por debajo de su capacidad de renovación.
3. El uso del territorio de acuerdo a su capacidad de acogida.
4. La incorporación de materiales y energía al medio por debajo de su capacidad de asimilación.



Arquitectura bioclimática y urbanismo sostenible

La arquitectura bioclimática es **imposible** sin el contexto del urbanismo sostenible

La **relación** de la arquitectura y el medio, natural o construido, ha sido siempre un **hecho natural** en la arquitectura vernácula



Conjuntos de estrategias bioclimáticas en el contexto urbano

1. Reconstruir la naturaleza destruida con actuaciones de renaturalización.
2. Aprender de las formas, materiales y conceptos constructivos del entorno para asumirlos como propios en sus aspectos más significativos.
3. Reducir la contaminación reduciendo los consumos y la dependencia energética.
4. Controlar los residuos urbanos sólidos y líquidos mediante el reciclado y la reutilización.
5. Emplear materiales poco contaminantes en cualquiera de las fases de su vida: fabricación, transporte, empleo y destrucción.

ACV



EL BIENESTAR Y LA SALUD

El bienestar como fenómeno complejo

ESTÍMULO		SENTIDO		ÓRGANO RECEPTOR		ÓRGANO TRANSMISOR	RESPUESTA	
CALOR	→	Sentido criostésic o	→	Corpúsculos de Krauss (frío) y de Ruffini (calor)	→	Nervio sensitivo		SENSACIÓN
LUZ	→	Sentido de la vista	→	Ojo	→	Nervio óptico		
SONIDO	→	Sentido del oído	→	Tímpano	→	Nervio auditivo		
OLOR	→	Sentido del olfato	→	Cavidad olfativa	→	Nervio sensitivo		

$$B_{\text{GLOBAL}} = f(B_{\text{HT}}, B_{\text{LUM}}, B_{\text{ACU}}, B_{\text{OLF}})$$

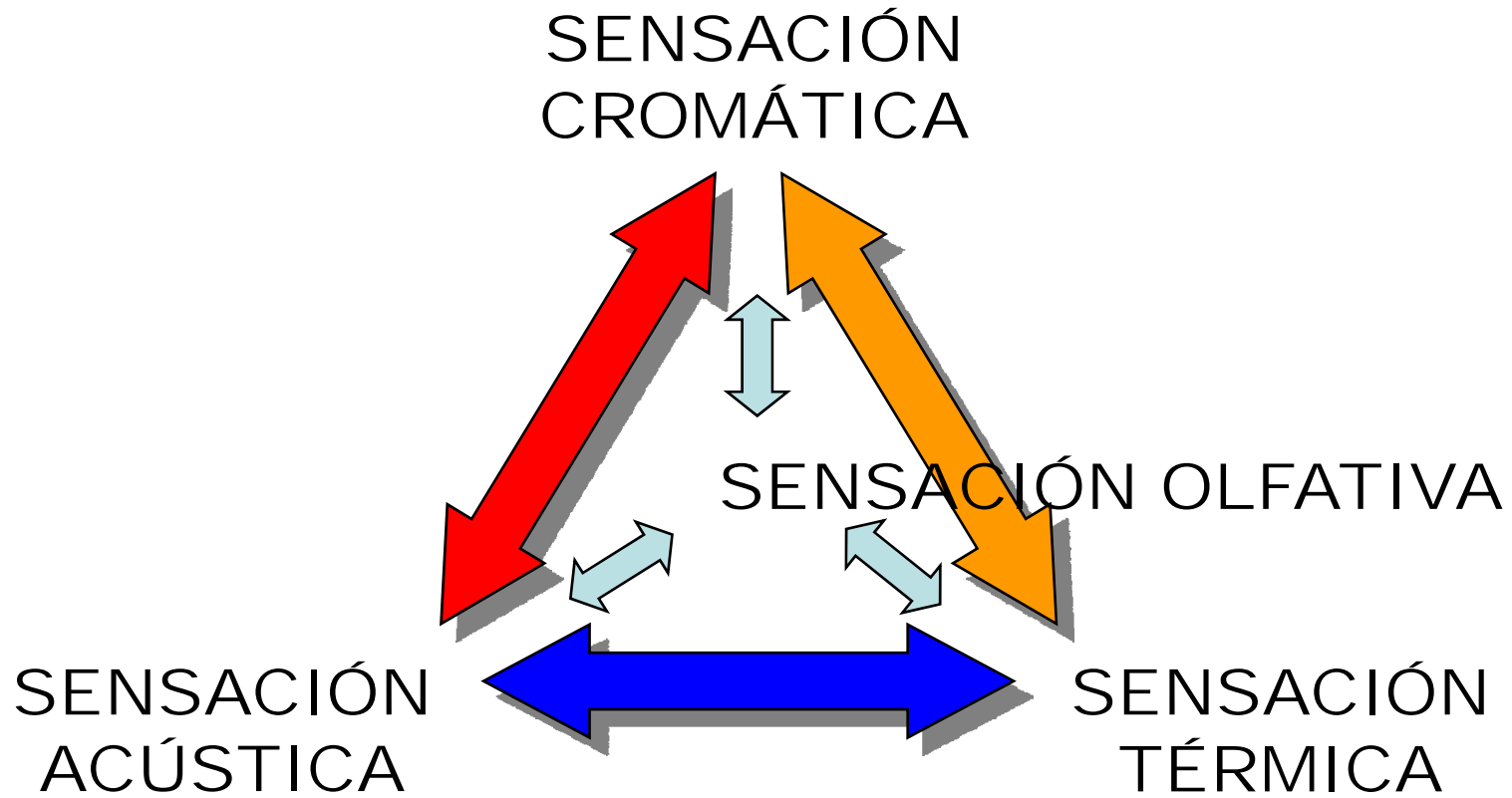
El bienestar como fenómeno complejo

El bienestar es el resultado de un conjunto de factores intrínsecos y extrínsecos difíciles de determinar y evaluar individualmente

La sinestesia

Alteración, generalmente subjetiva, de la percepción de un estímulo provocada por la estimulación aplicada en otra parte del cuerpo diferente

La sinestesia

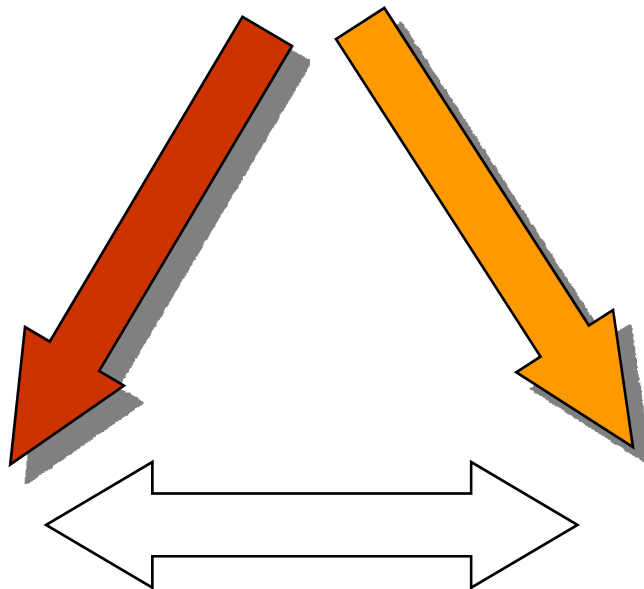


La sinestesia

COLORES
CÁLIDOS

MENOR
SENSACIÓN DE
REVERBERACIÓN
MAYOR
SENSACIÓN DE
RUIDO DE FONDO

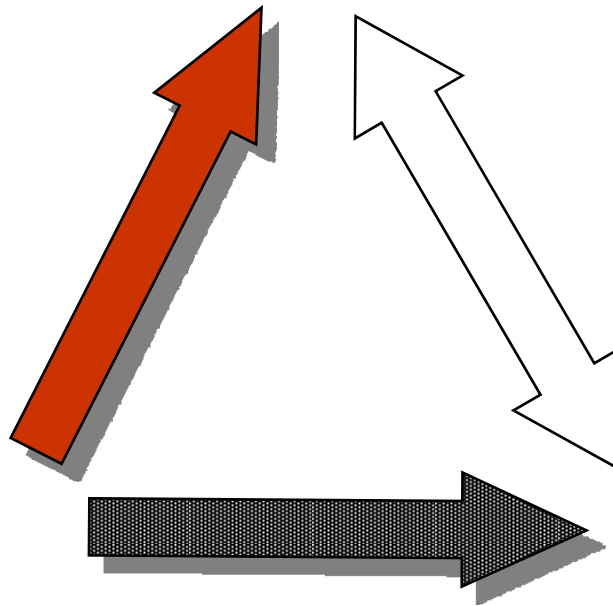
MAYOR
SENSACIÓN
DE CALOR



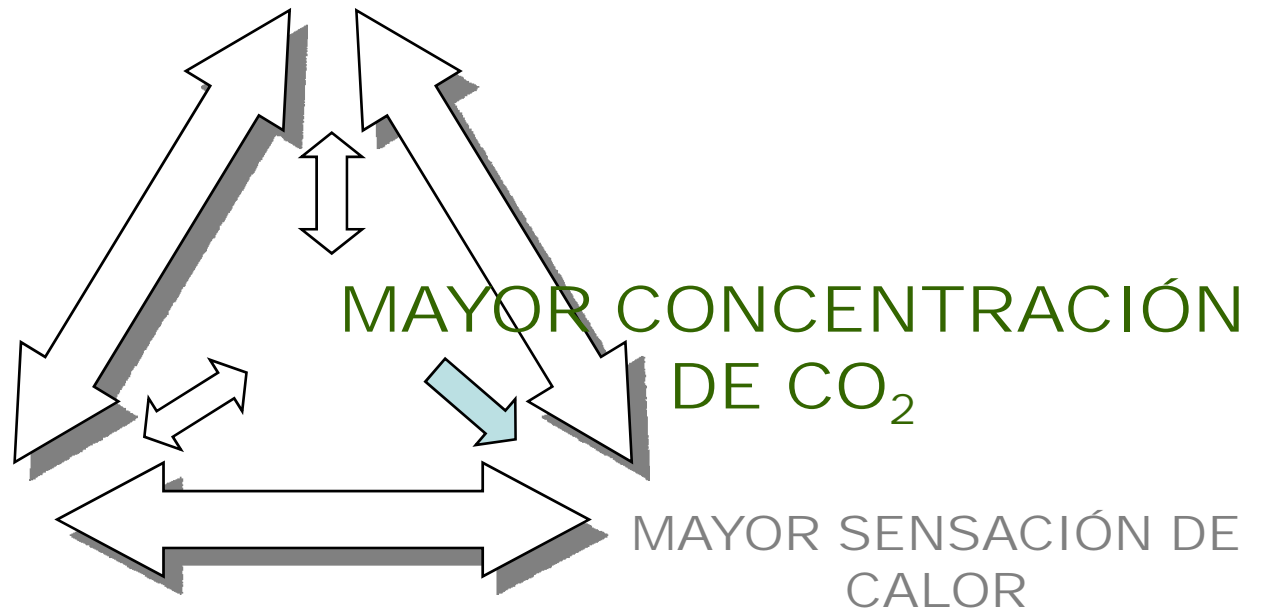
La sinestesia

MENOR SENSIBILIDAD AL
ROJO
MAYOR SENSIBILIDAD AL
VERDE

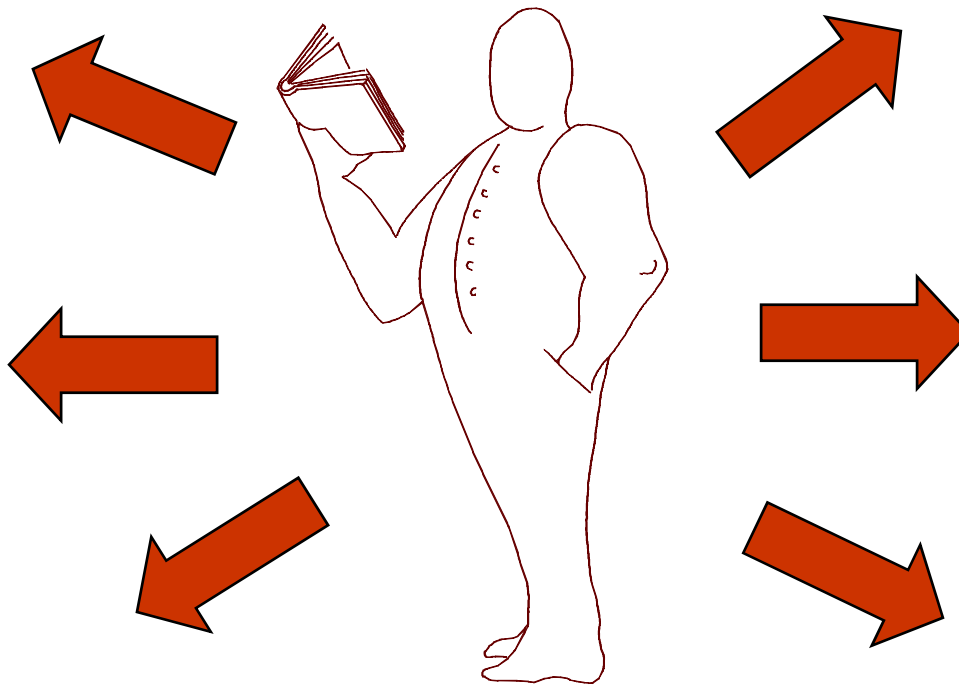
SONIDOS
ALTOS



La sinestesia

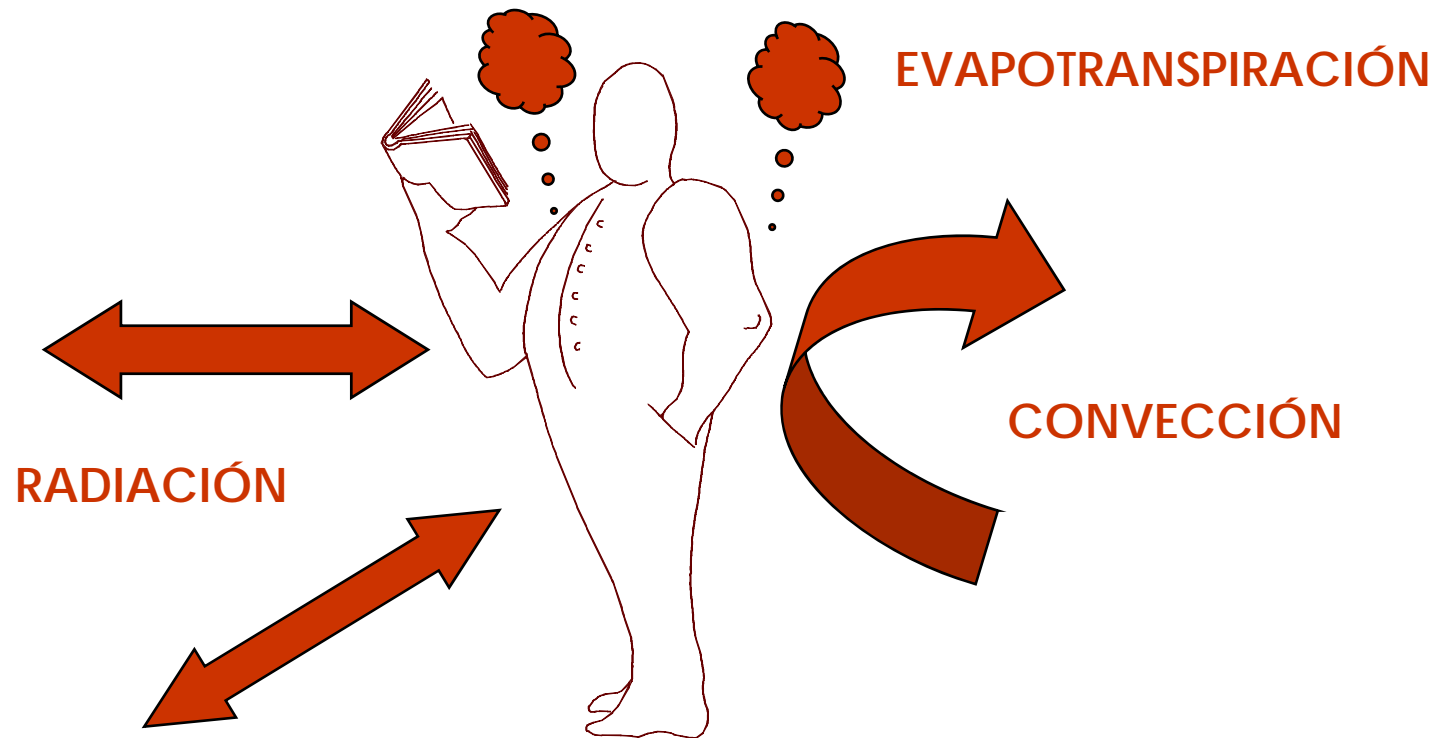


El bienestar higrotérmico



$$M - W = \pm CV \pm R \pm CC \pm RS + EV + D + A$$

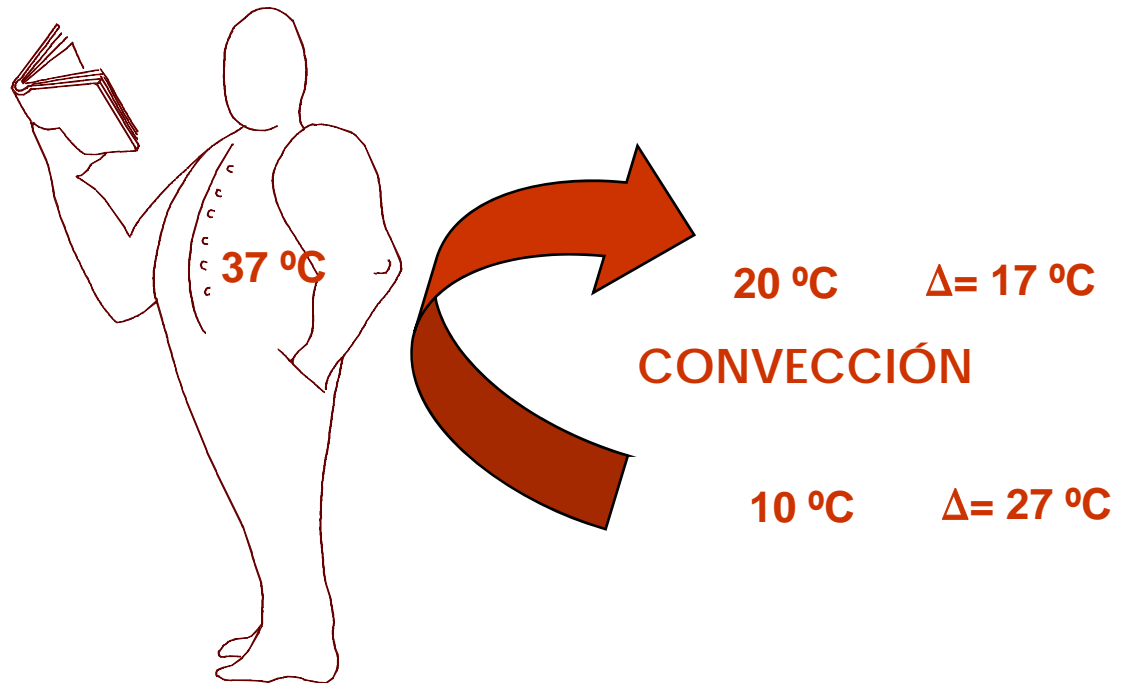
El bienestar higrotérmico



El bienestar higrotérmico

Intercambios con el aire

- Temperatura del aire
- Velocidad del aire
- Humedad del aire



$$\updownarrow CV \Leftrightarrow \frac{\downarrow A \cdot \Delta T \uparrow}{R \uparrow}$$

El bienestar higrotérmico



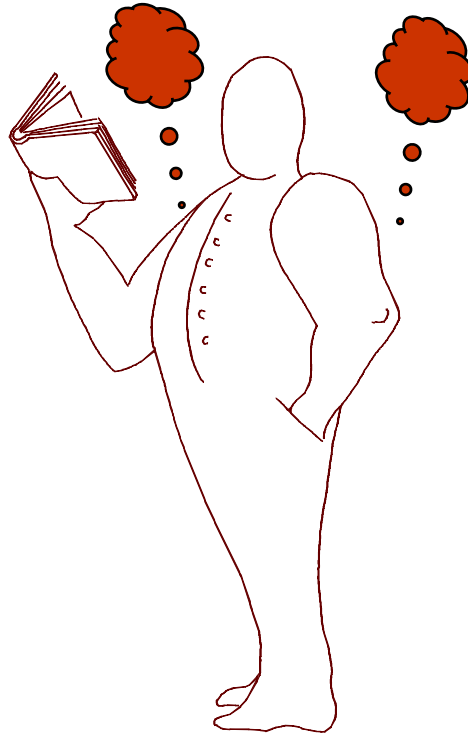
Intercambios
con otras
superficies
radiantes

- Temperatura de los paramentos
- Bóveda celeste
- Radiación solar

El bienestar higrotérmico

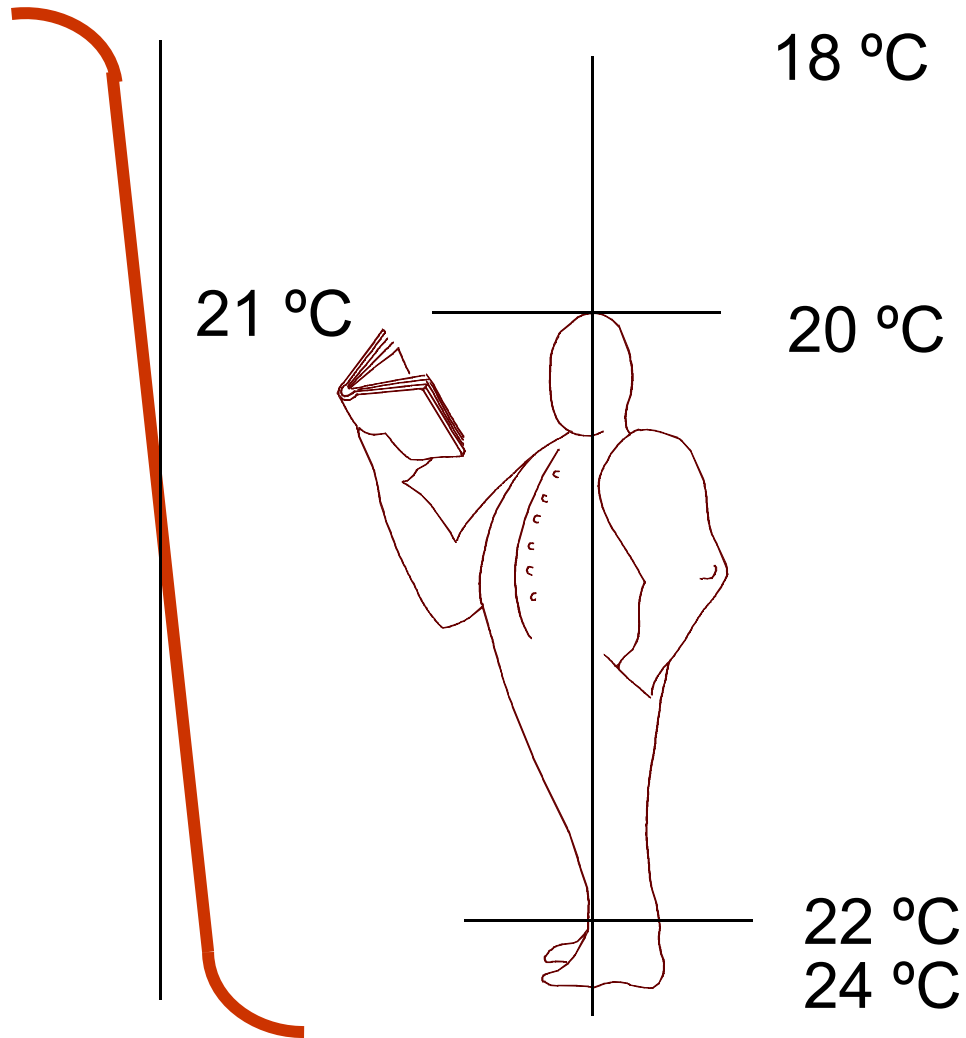
Intercambios
evaporativos

- Humedad del
aire
- Velocidad del
aire



EVAPOTRANSPIRACIÓN

Gradiente vertical de temperaturas



Parámetros de bienestar

Parámetros geográficos	Latitud
	Altitud
Parámetros ambientales generales	Temperatura
	Humedad
	Movimiento del aire
	Radiación solar
	Radiación emitida por los paramentos
Parámetros personales	Actividad
	Arropamiento
	Edad
	Sexo
Parámetros del espacio interior	Tiempo de ocupación
	Gradiente vertical de temperatura
	Radiación de onda larga emitida por los paramentos interiores
	Variación periódica de la temperatura
	Asimetría radiante entre paramentos

La arquitectura popular y los climas

Clima cálido-seco

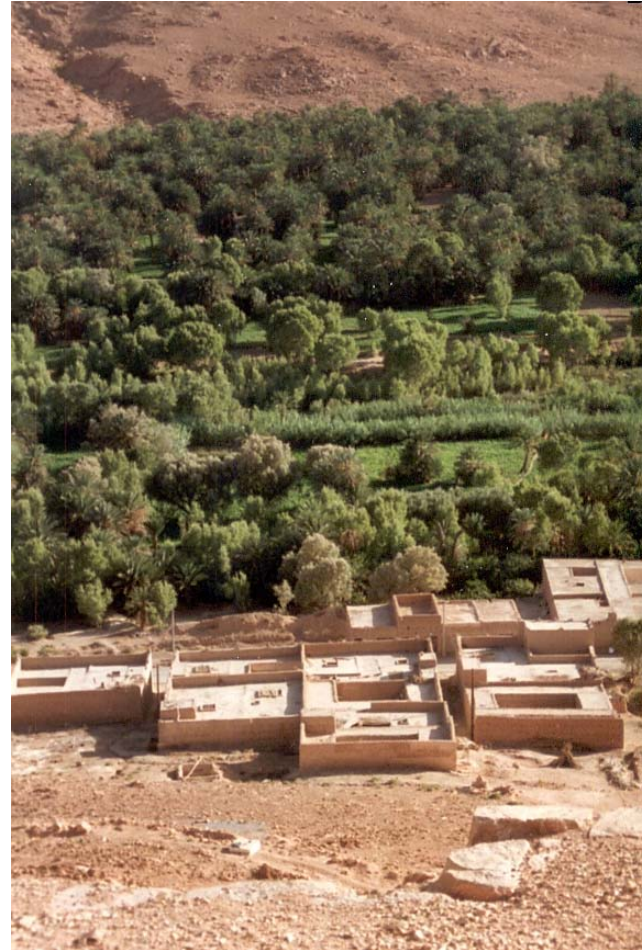
INVARIANTES BÁSICOS

- Protección de la radiación solar
- Incorporación de mucha masa térmica
- Enfriamiento evaporativo
- Enfriamiento radiante

Clima cálido-seco

ESTRATEGIAS DE CARÁCTER URBANO

- La presencia de patios autosombreados por el edificio
- Calles estrechas autosombreadas por los edificios que las conforman y por los complementos (toldos, cañizos, celosías, etc.) que se coloquen sobre ellas
- Voladizos que sombreen las calles
- Calles con un trazado irregular que dificulte la circulación del aire diurno caliente
- Presencia de vegetación que permita el enfriamiento evaporativo



Clima cálido-seco

ESTRATEGIAS EDIFICATORIAS

- Voladizos que sombreen los huecos y las fachadas
- Huecos pequeños y protegidos con celosías, contraventanas, cortinajes, etc.
- Colores de las fachadas claros para reflejar la radiación solar
- Muros gruesos y pesados para dotar al edificio de mucha masa térmica y asegurar en el interior una temperatura estable cercana a la media del día
- Presencia de patios que permitan la presencia de vegetación (enfriamiento evaporativo) y la reirradiación nocturna (enfriamiento radiante)
- Presencia de agua en forma de fuentes, estanques, recipientes, aljibes, etc.



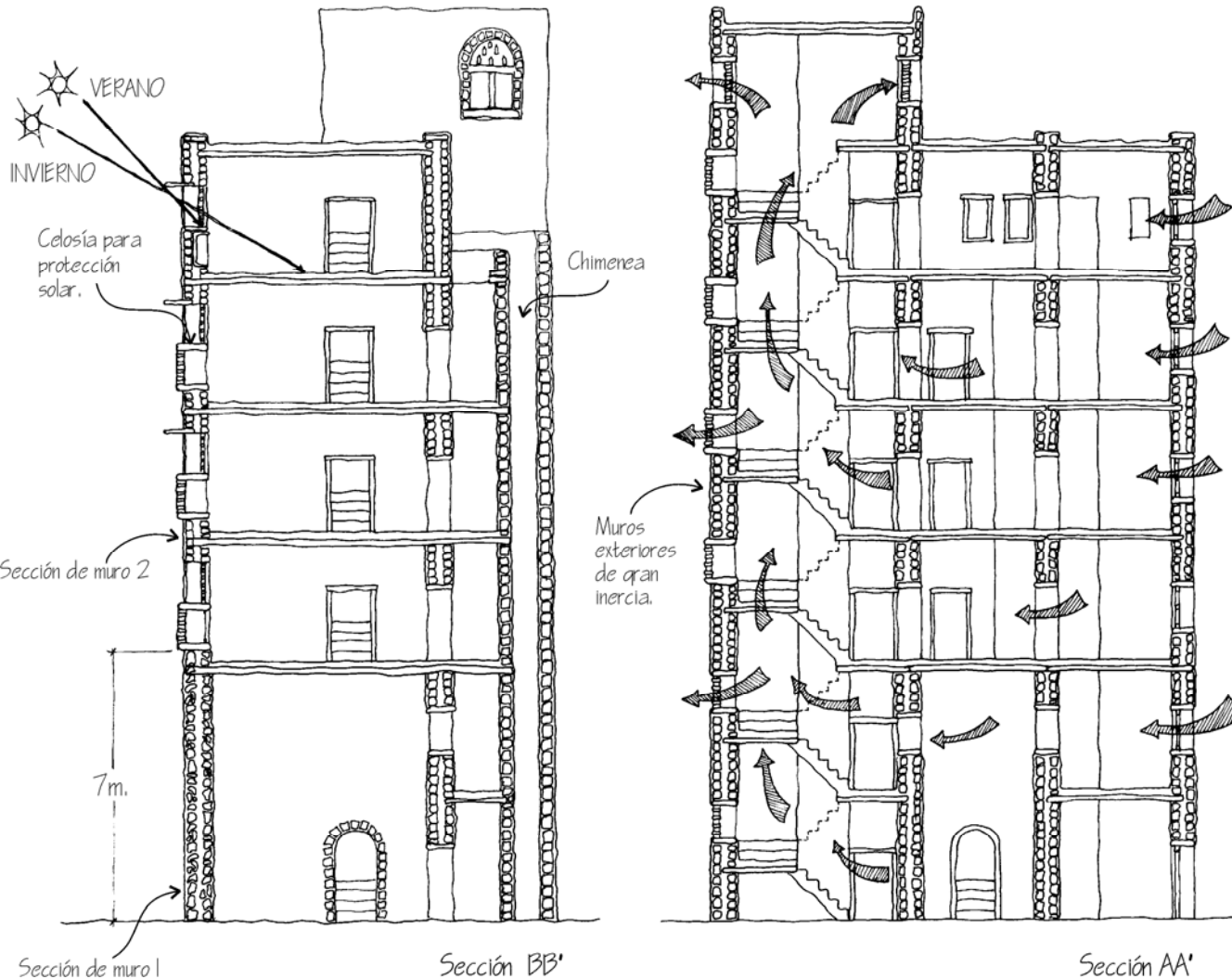
Clima cálido-seco

Las casas-torre del Yemen



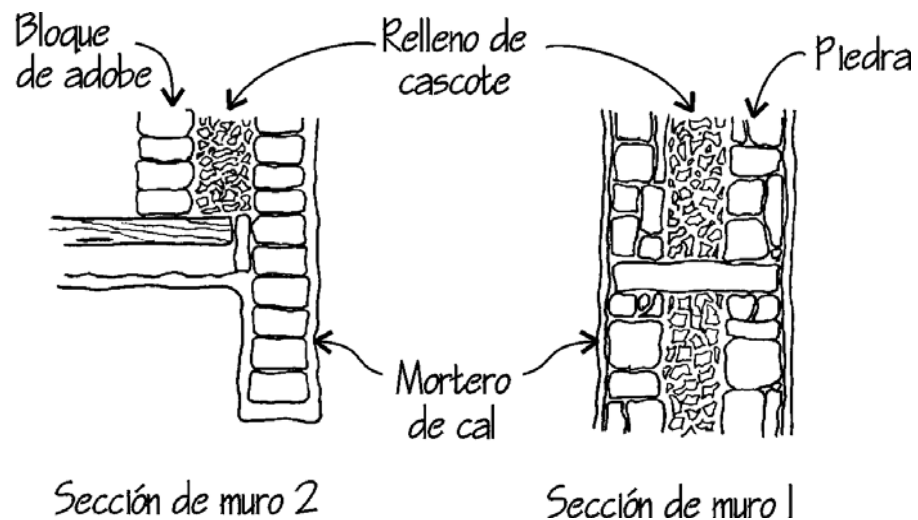
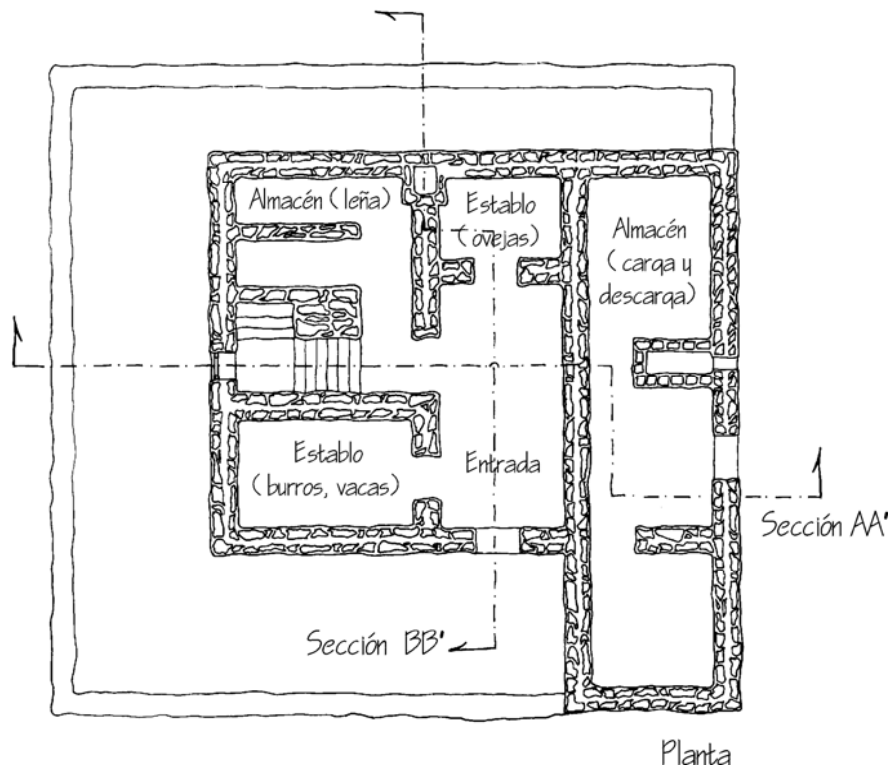
Clima cálido-seco

Las casas-torre del Yemen



Clima cálido-seco

Las casas-torre del Yemen



Clima cálido-húmedo

ESTRATEGIAS DE CARÁCTER URBANO

- Espacios entre edificios amplios para facilitar la ventilación
- Calles con un trazado regular que facilite la circulación del aire
- Presencia de vegetación que sombree el espacio público



Clima cálido-húmedo

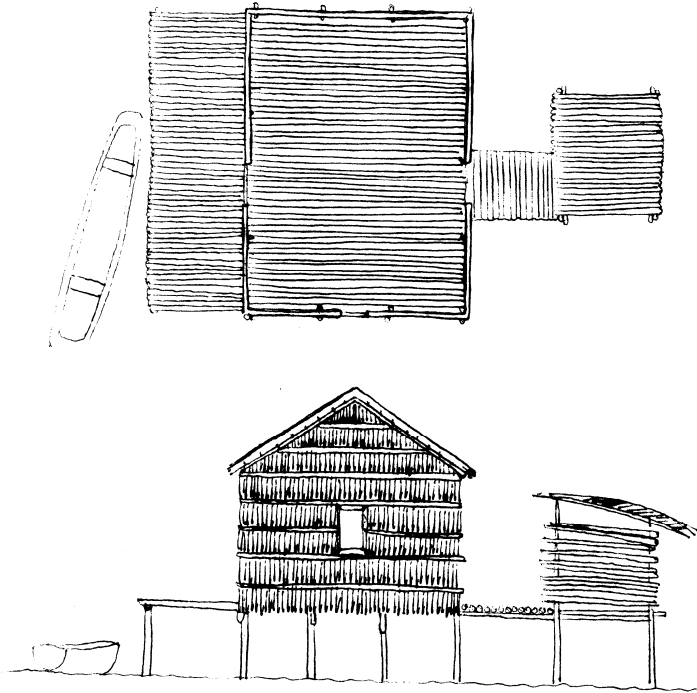
ESTRATEGIAS EDIFICATORIAS

- Espacios exteriores en torno a la vivienda para realizar parte de la vida en ellos
- Voladizos que sombreen los espacios exteriores
- Huecos grandes para facilitar la ventilación, protegidos con celosías, contraventanas, cortinajes, etc, para dificultar la entrada de la radiación solar.
- Colores de las fachadas claros para reflejar la radiación solar
- Muros y cubiertas ligeros que faciliten la autoventilación
- Construcciones sobreelevadas para facilitar la ventilación por debajo el edificio y evitar la entrada de la humedad el suelo



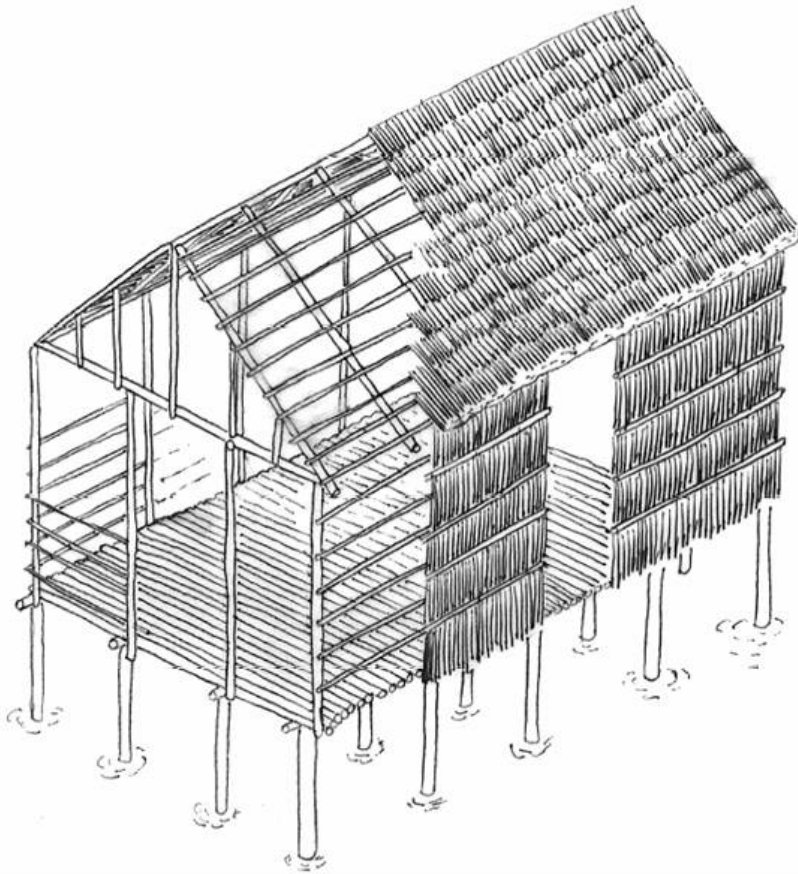
Clima cálido-húmedo

Palafitos en Venezuela



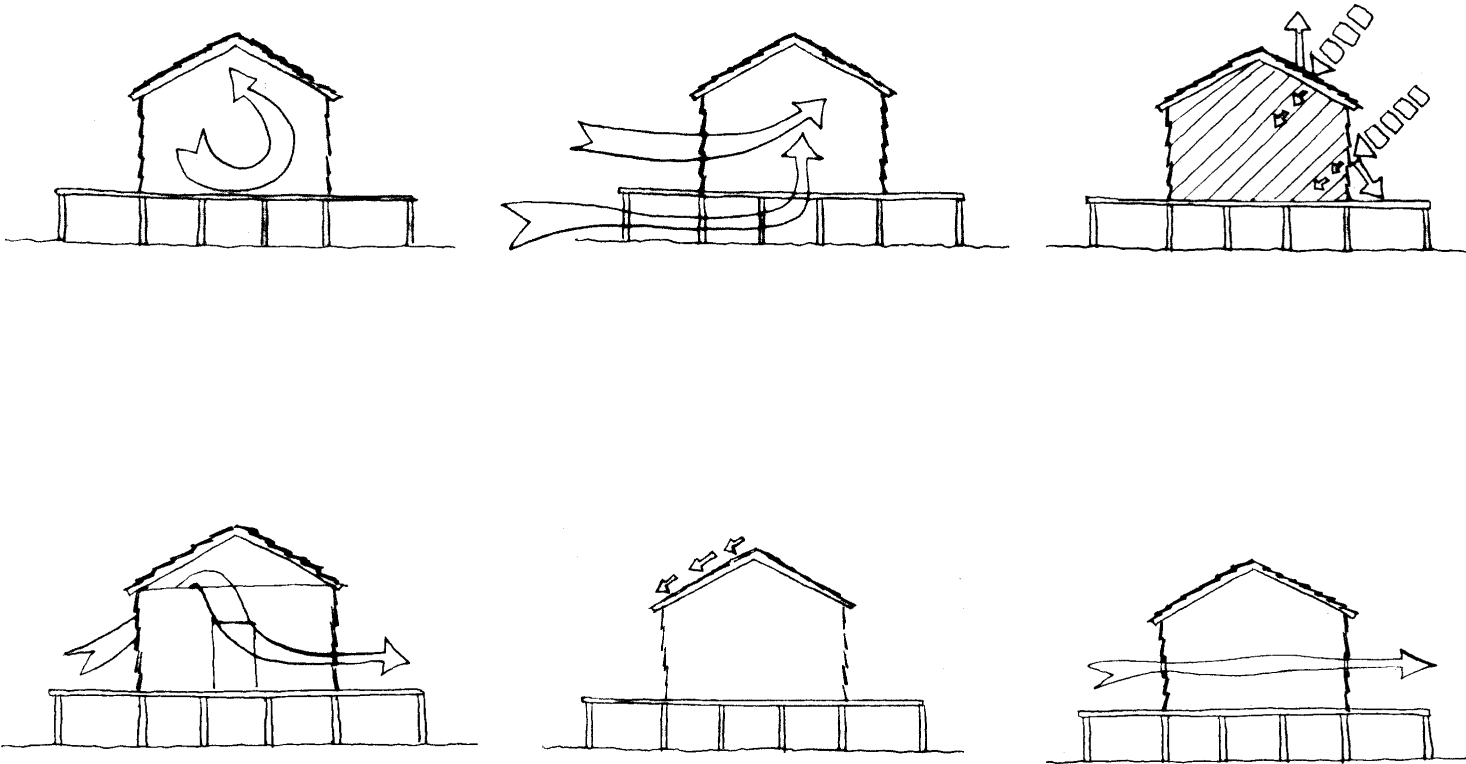
Clima cálido-húmedo

Palafitos en Venezuela



Clima cálido-húmedo

Palafitos en Venezuela



Clima templado

INVARIANTES BÁSICOS

- Flexibilidad ante la radiación solar (captación/protección)
- Flexibilidad en el diseño de los cerramientos (masa térmica/aislamiento térmico)
- Enfriamiento evaporativo
- Enfriamiento radiante
- Ventilación

Clima templado

ESTRATEGIAS EDIFICATORIAS

- Espacios públicos soleados, pero con soportales para protegerse del sol del verano y de la lluvia
- La presencia de patios autosombreados por el edificio y donde se pueda producir el enfriamiento radiante o evaporativo
- Voladizos que protejan del sol y de la lluvia las fachadas
- Huecos protegidos con elementos que puedan abrirse o cerrarse según la época del año
- Muros gruesos y pesados para dotar al edificio de mucha masa térmica
- Incorporación de materiales aislantes térmicos (paja, madera, cámaras de aire, piedras porosas, etc.)
- Edificios enterrados o semienterrados para incrementar el efecto de la masa y del aislamiento térmicos
- Ventilación cruzada entre fachadas, o entre fachadas y cubierta



Clima templado

El rancho marismeño



Clima frío de latitudes altas

INVARIANTES BÁSICOS

- Aislamiento térmico y conservación de la energía
- Empleo de materiales de acabado interior de calentamiento lento
- Ventilación para eliminar el exceso de humedad

Clima frío de latitudes altas

ESTRATEGIAS EDIFICATORIAS

- Formas muy compactas y con factores de forma bajos
- Muros gruesos
- Empleo de la madera, tanto en los cerramientos como en los acabados interior
- Huecos pequeños
- Ventilación a través de las chimeneas
- Cubiertas con aislamiento en forma de vegetación



Clima frío de montaña

INVARIANTES BÁSICOS

- Aislamiento térmico y conservación de la energía
- Inercia térmica
- Captación solar

Clima frío de montaña

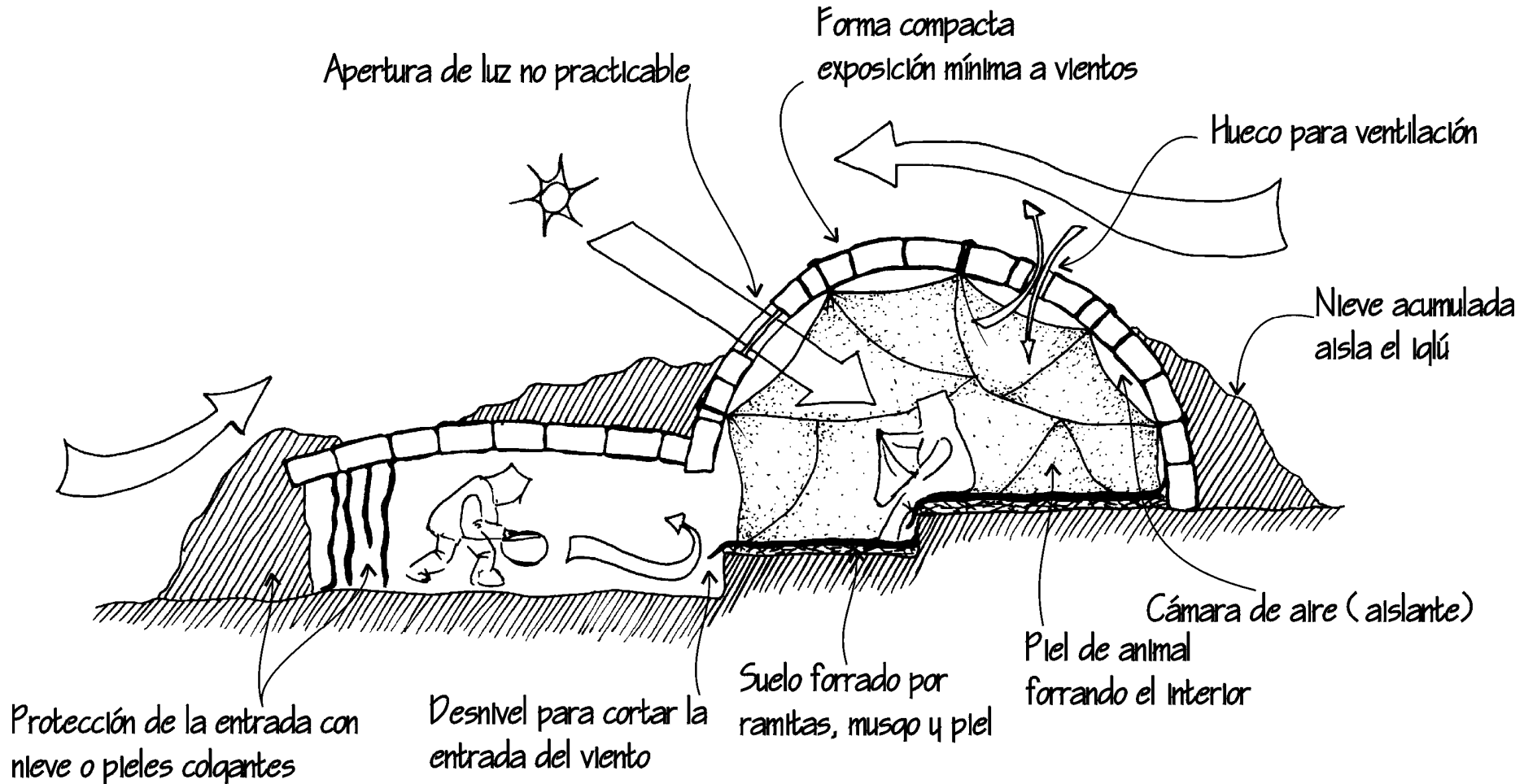
ESTRATEGIAS EDIFICATORIAS

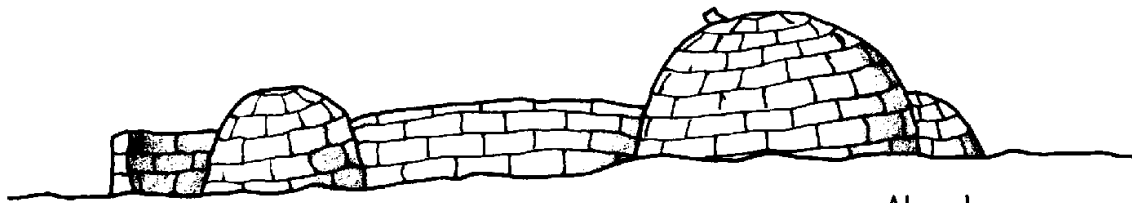
- Formas muy compactas y con factores de forma bajos
- Muros gruesos
- Empleo de piedra en los cerramientos
- Huecos medianos pero protegidos



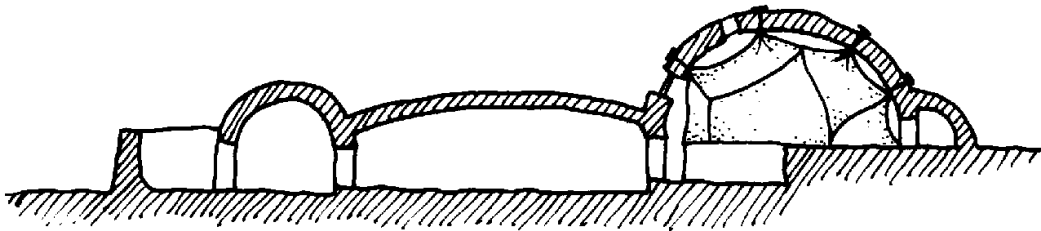
Clima frío

El iglú

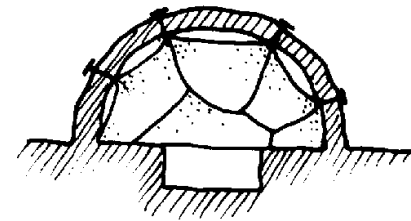




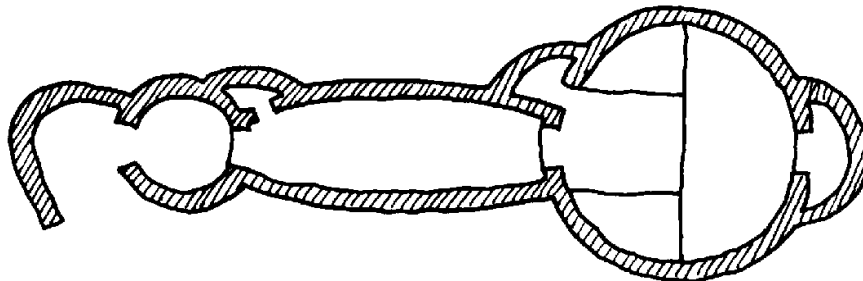
Alzado



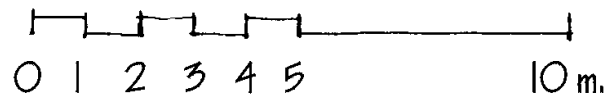
Sección longitudinal



Sección Transversal

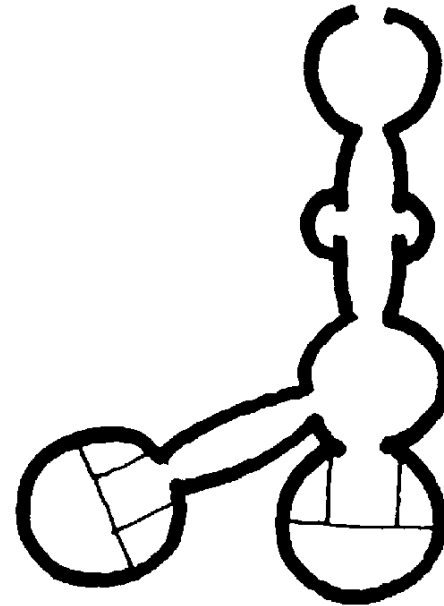
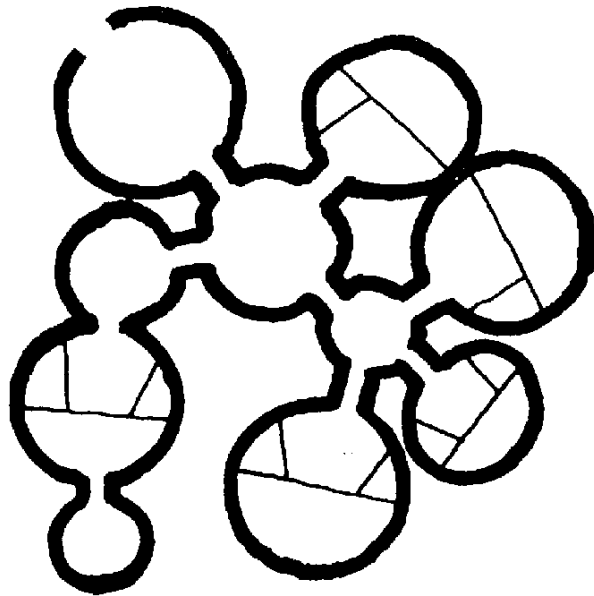


Planta

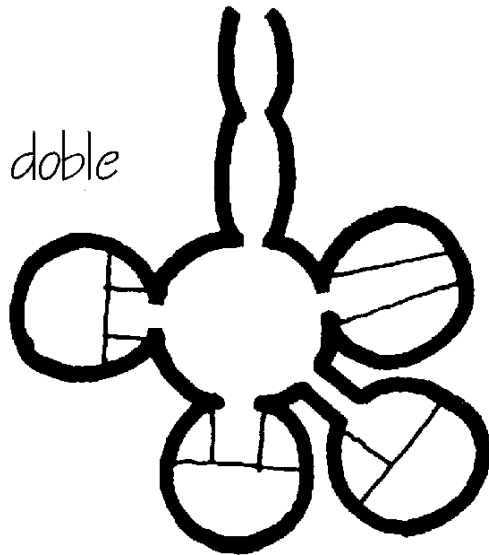


lqlulik

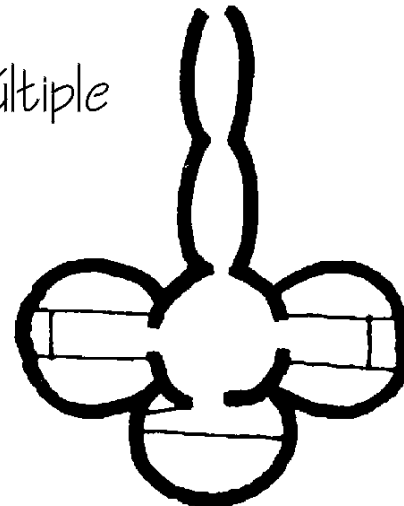
... .. Bahía de Hudson



lqlú doble



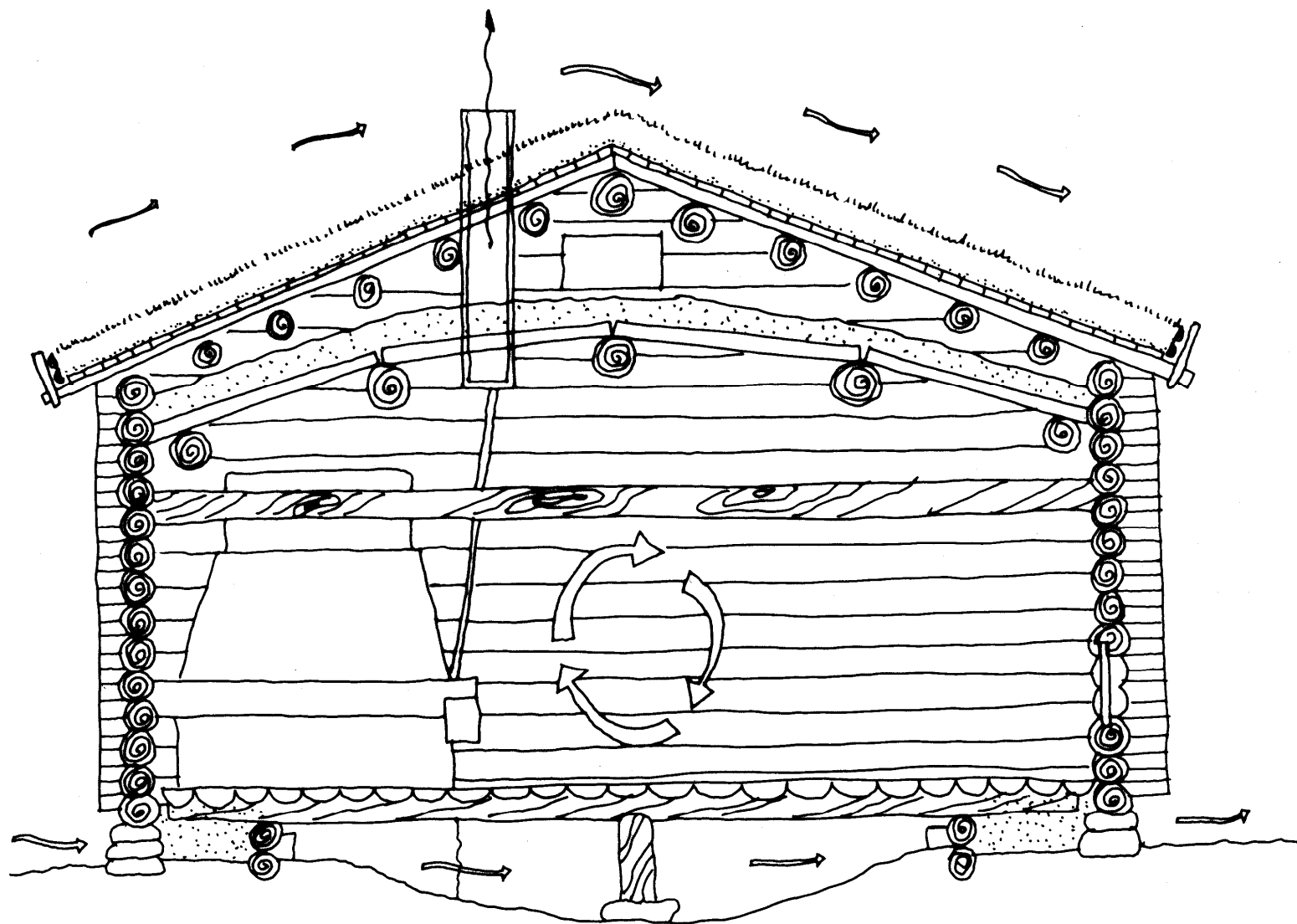
lqlú múltiple



Clima frío

Vivienda noruega





Clima frío

La yurta mongola



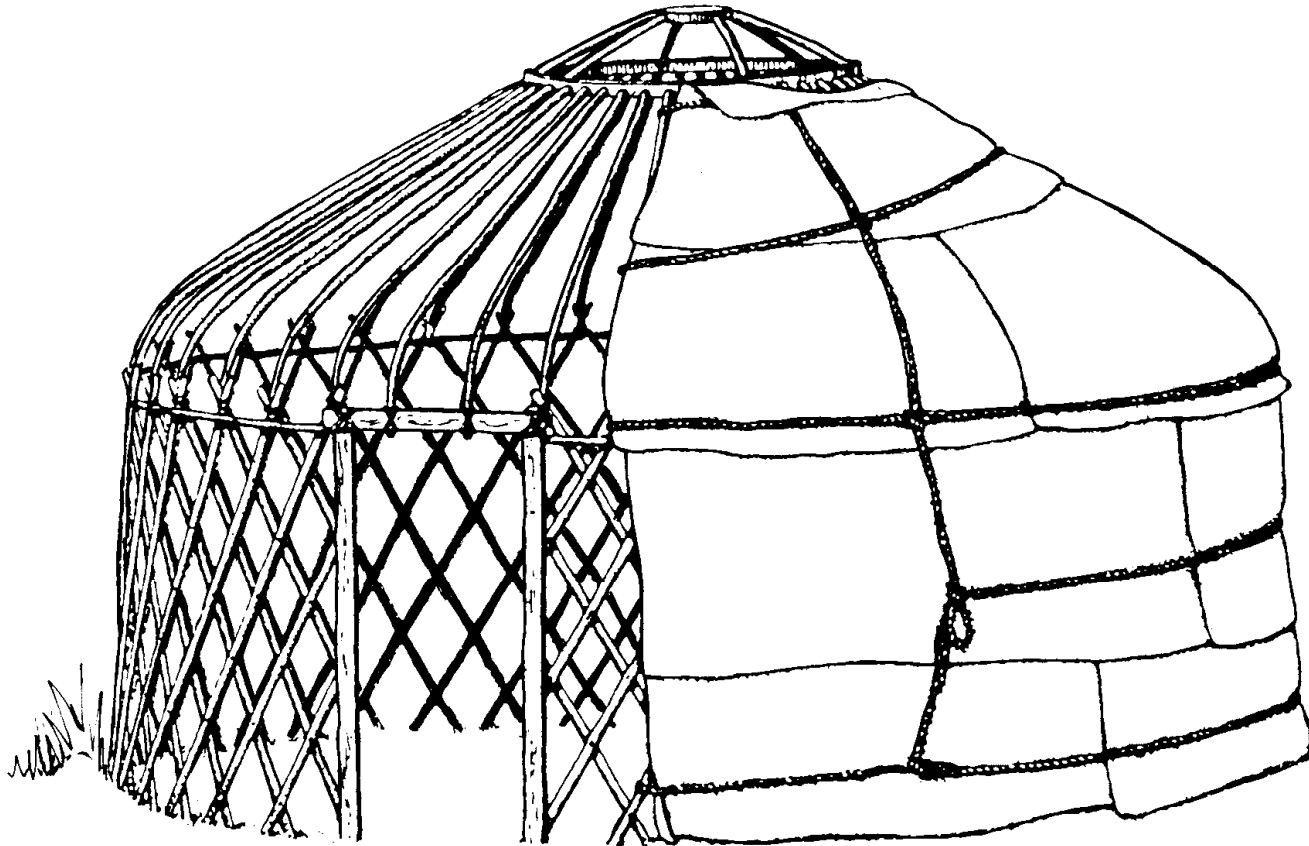
Clima frío

La yurta mongola



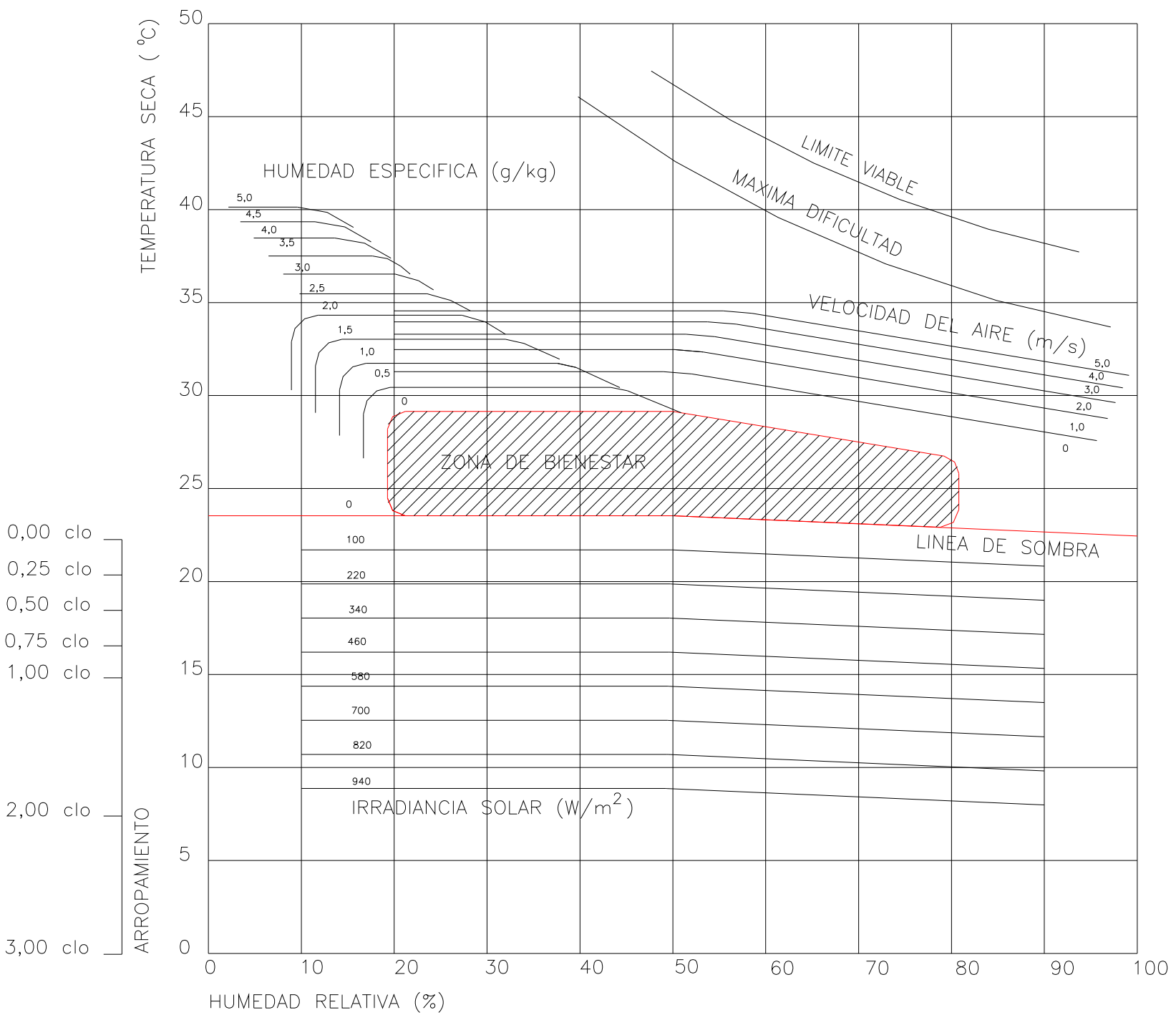
Clima frío

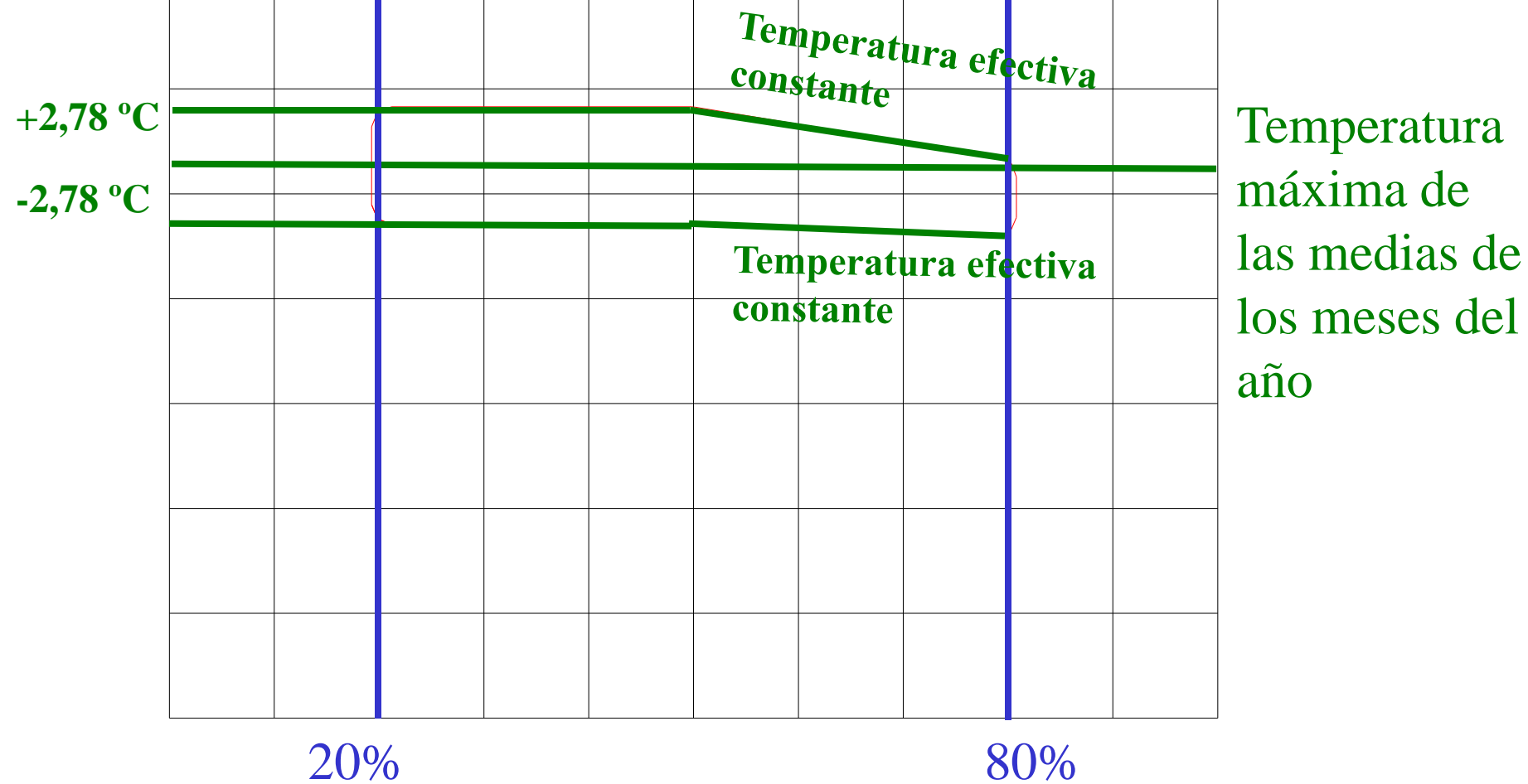
La yurta mongola

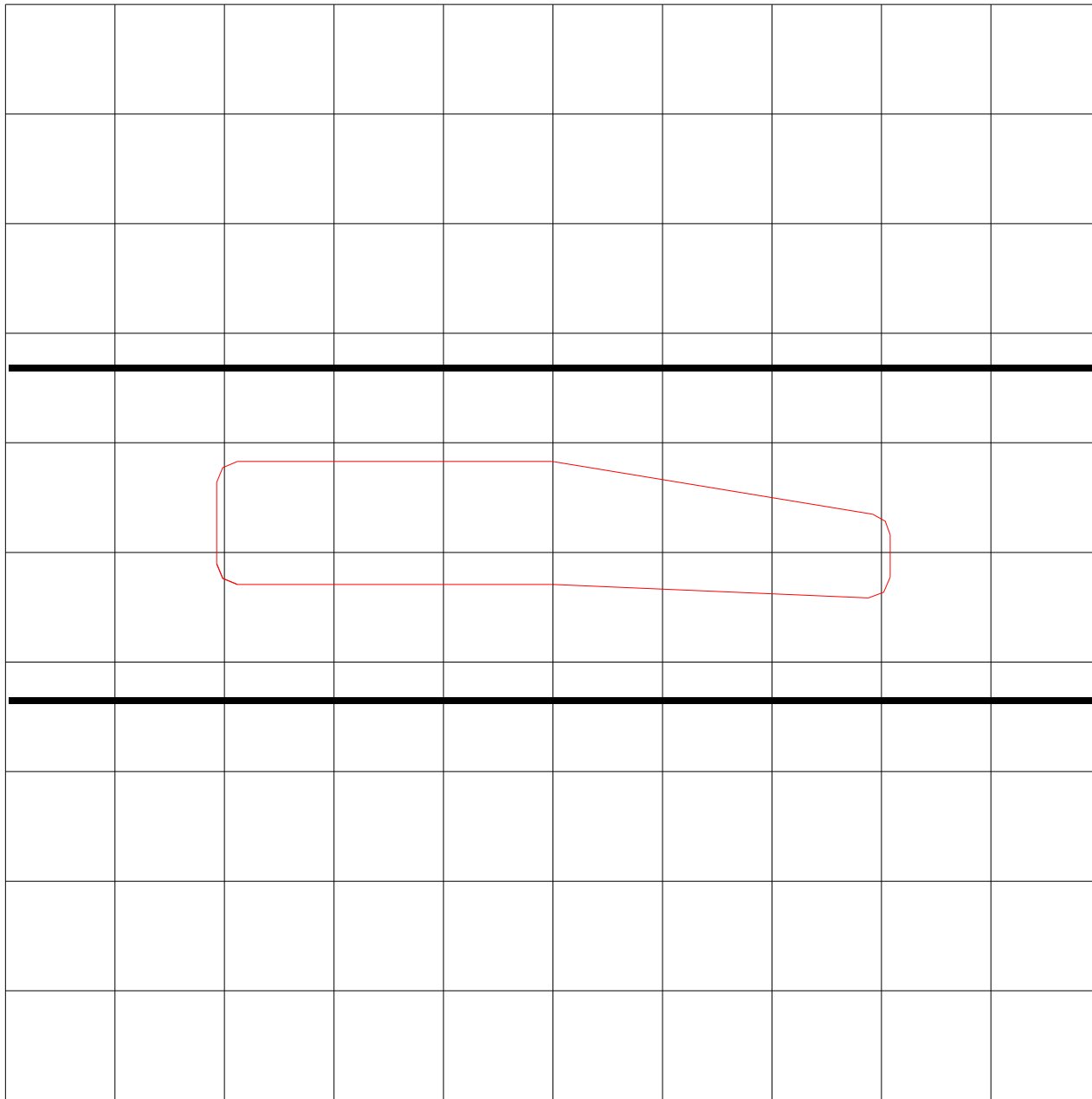


CLIMOGRAMAS DE BIENESTAR

Climograma de Olgyay

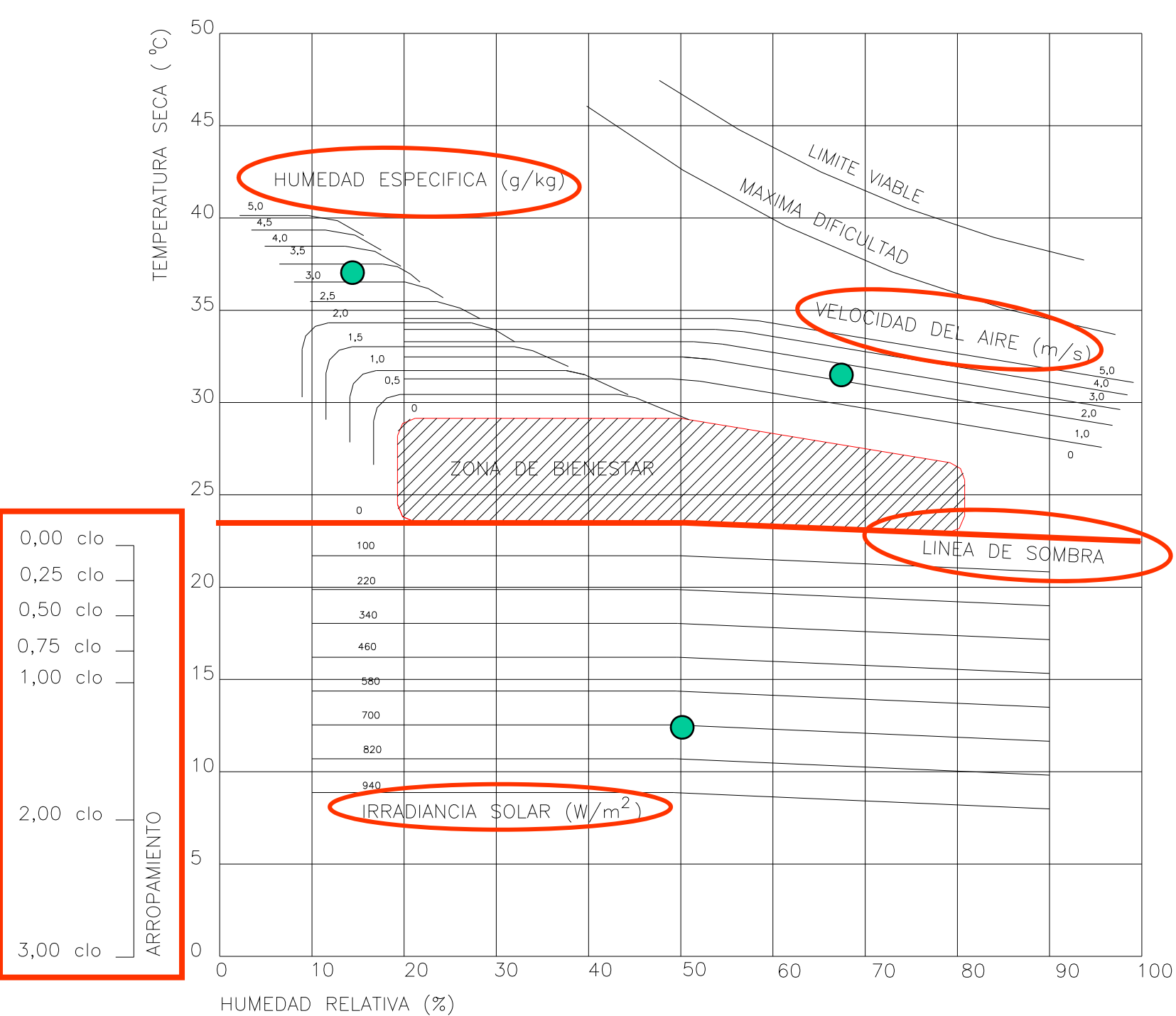






29,45 °C

18,32 °C



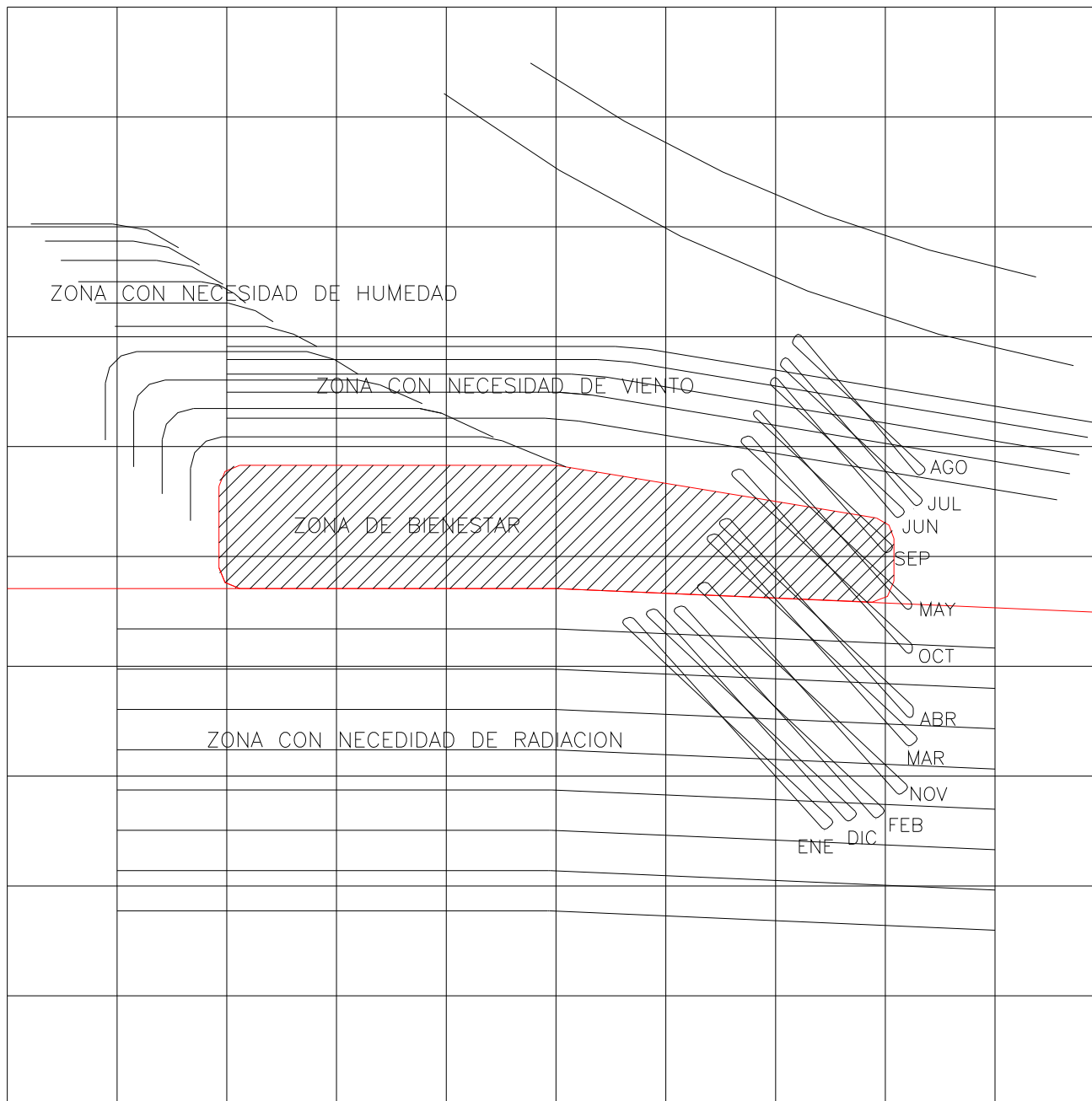
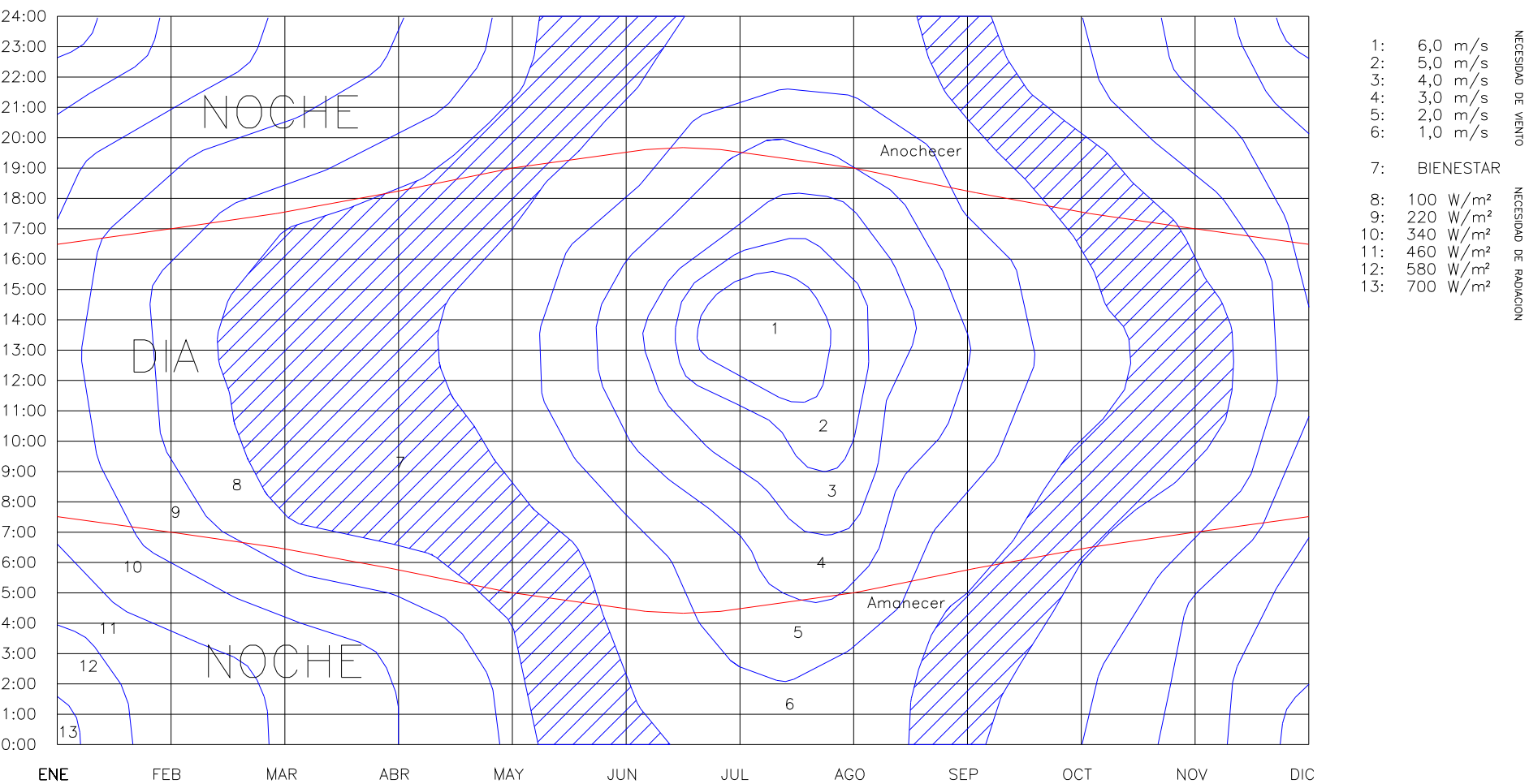
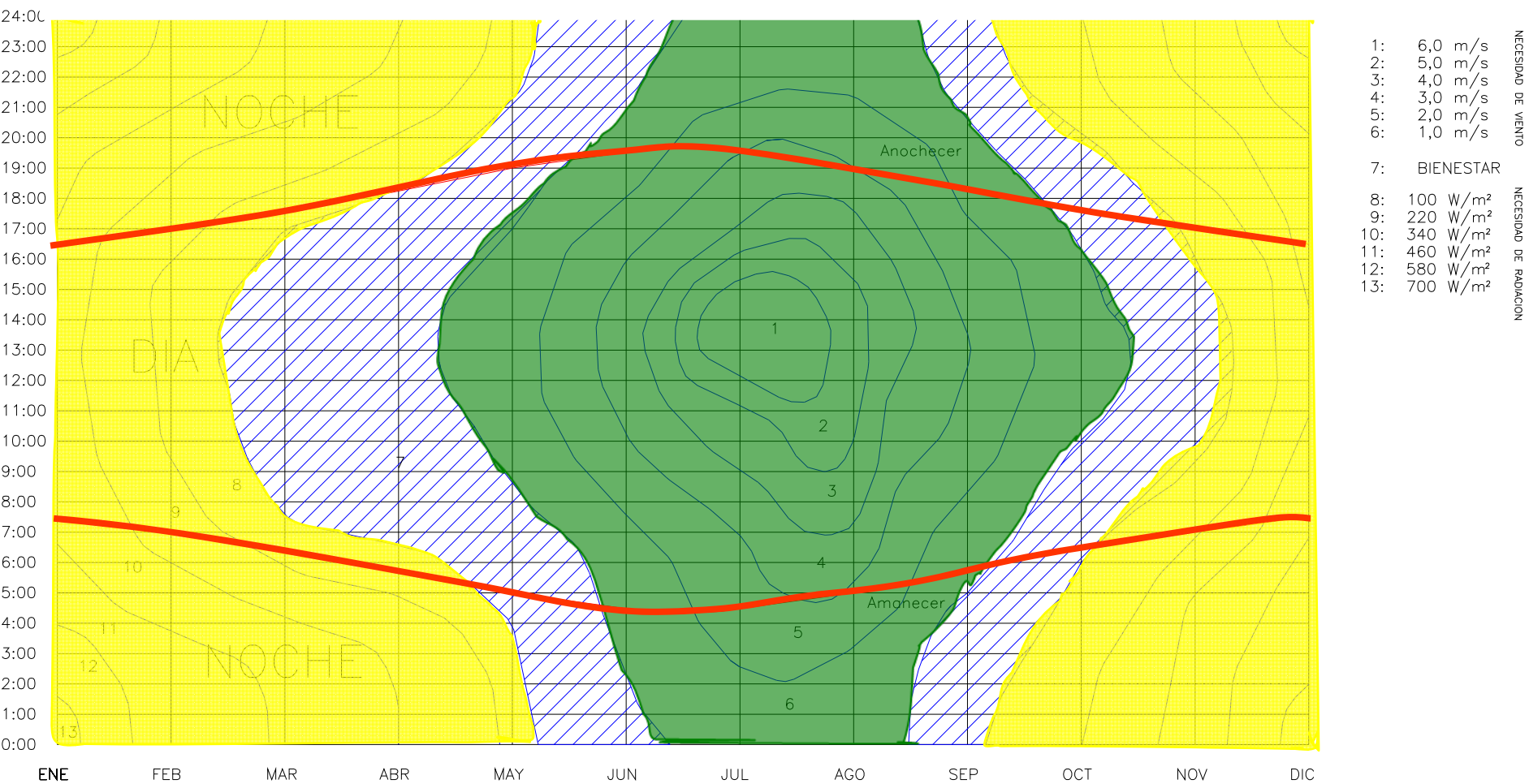


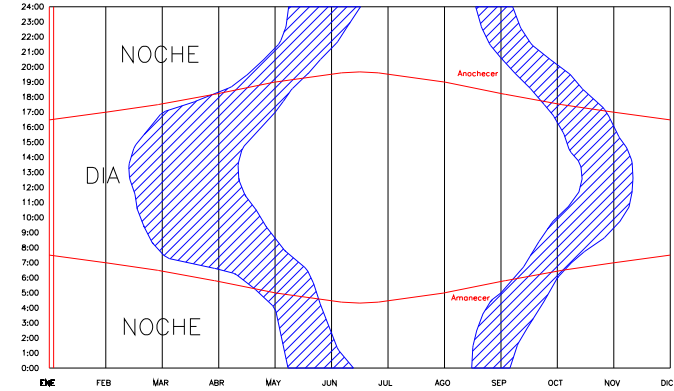
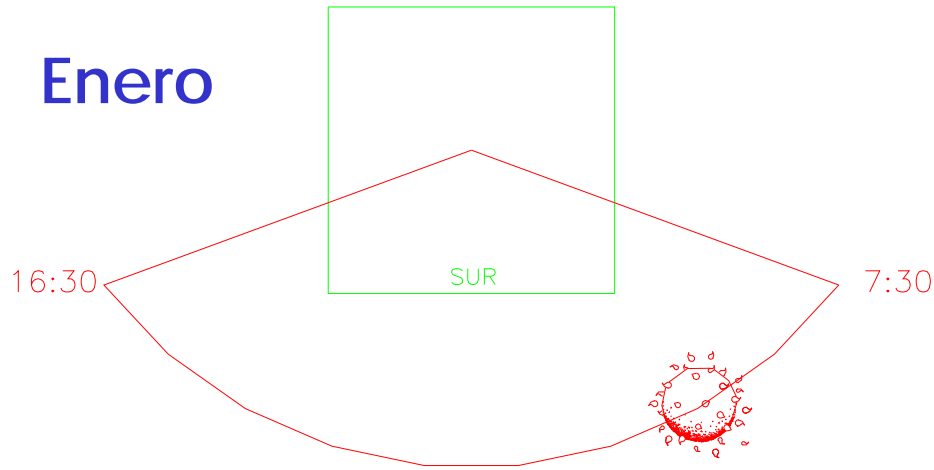
Diagrama de isopletas



Áreas de igual exigencia bioclimática



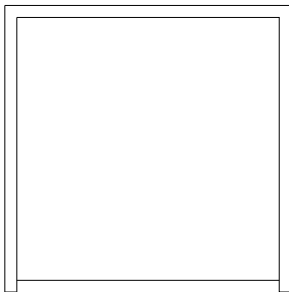
Enero



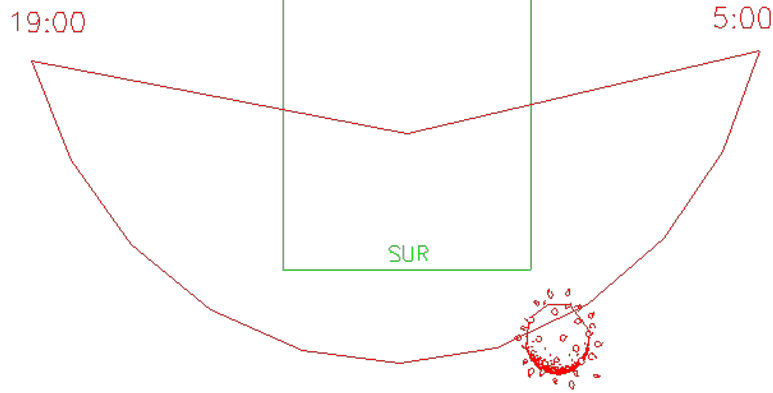
ENERO

* Necesidades de radiación: 0:00...24:00

Únicamente hay Sol de 7:30 a 16:30



Mayo



MAYO

* Necesidades de radiación: 0:00...4:00

No ha amanecido.

* Bienestar: 4:00...8:30

Hay Sol, y hay que protegerse de él.

* Necesidades de ventilación: 8:30...17:00

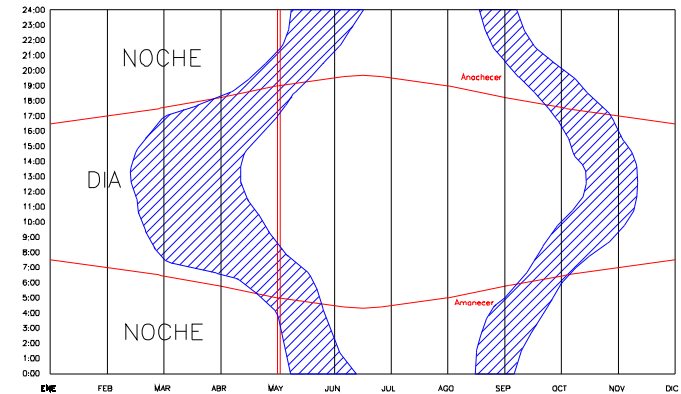
Hay Sol, y hay que protegerse de él.

* Bienestar: 17:00...21:00

Hay que protegerse del Sol sólo unas horas.

* Necesidades de radiación: 21:00...24:00

Ha anochecido.



-HAY QUE EVITAR LA CAPTACIÓN DIRECTA

-HAY QUE ACUMULAR Y DESFASAR PARA LAS HORAS SOL.

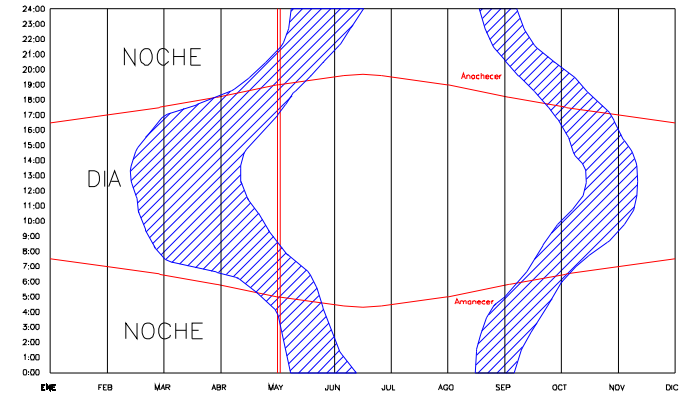
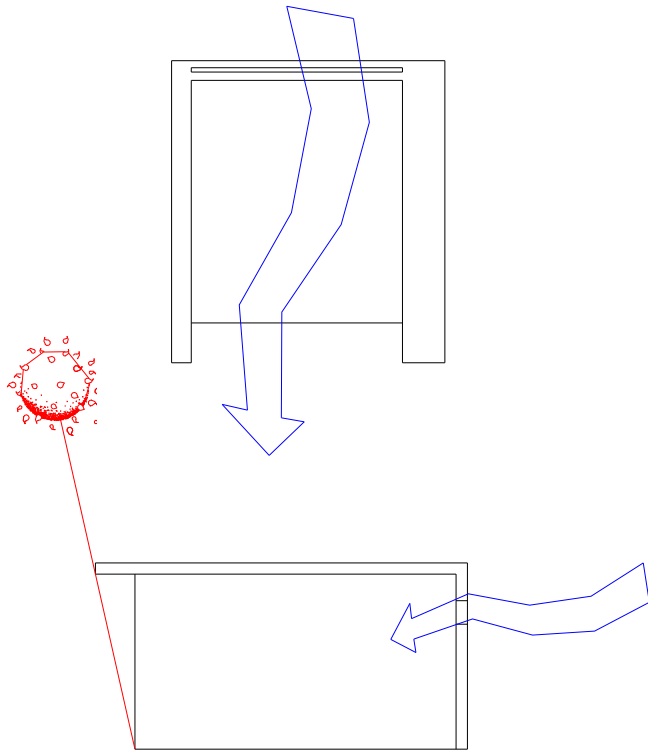
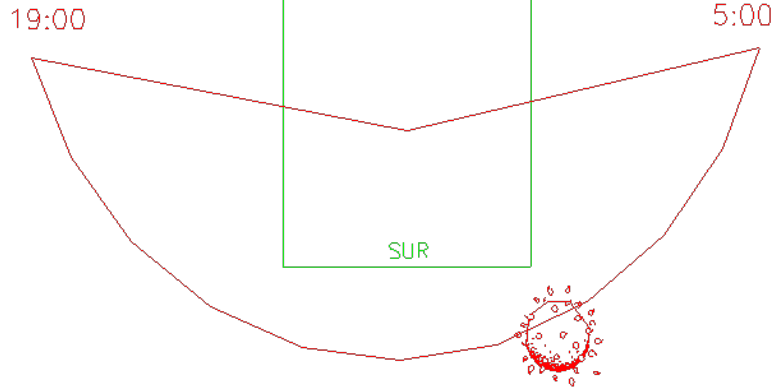
1. Acumulación en fachada Este:
Desfase de 5:00 a 21:00 (16 horas)

2. Acumulación en fachada Oeste:
Desfase de 12:00 a 21:00 (9 horas)

3. Fachada Norte:
Sin acumulación y aislada.

4. Ventilación:
Norte-Sur (controlada)

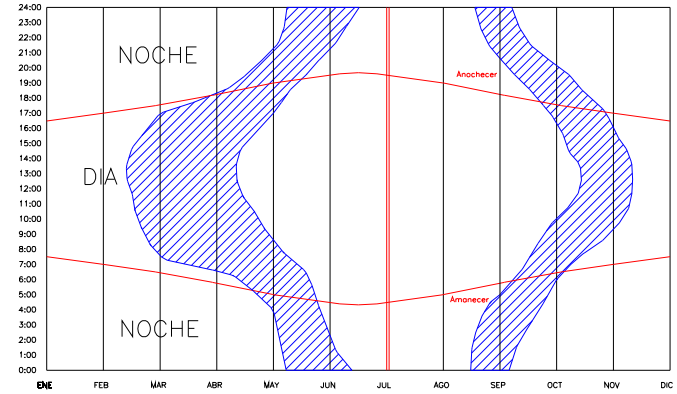
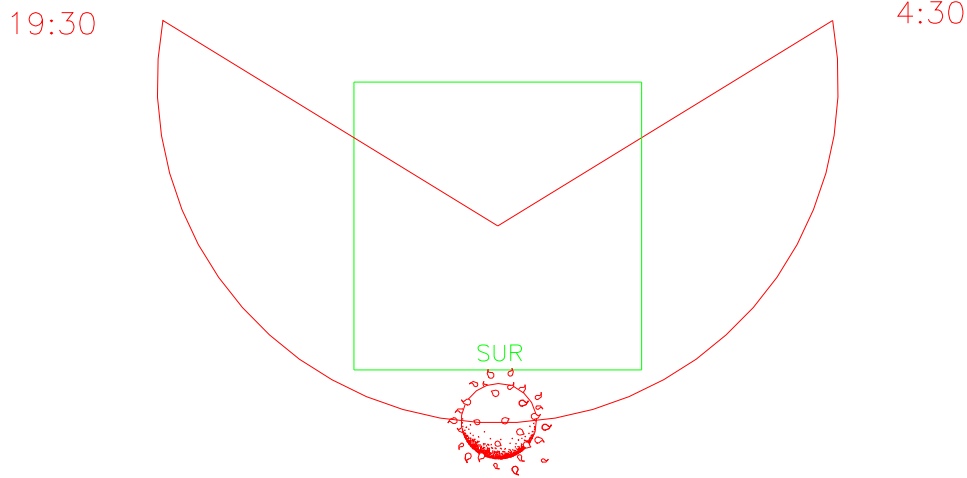
Mayo



-HAY QUE EVITAR LA CAPTACIÓN DIRECTA
-HAY QUE ACUMULAR Y DESFASAR PARA LAS HORAS SOL.

1. Acumulación en fachada Este:
Desfase de 5:00 a 21:00 (16 horas)
2. Acumulación en fachada Oeste:
Desfase de 12:00 a 21:00 (9 horas)
3. Fachada Norte:
Sin acumulación y aislada.
4. Ventilación:
Norte-Sur (controlada)

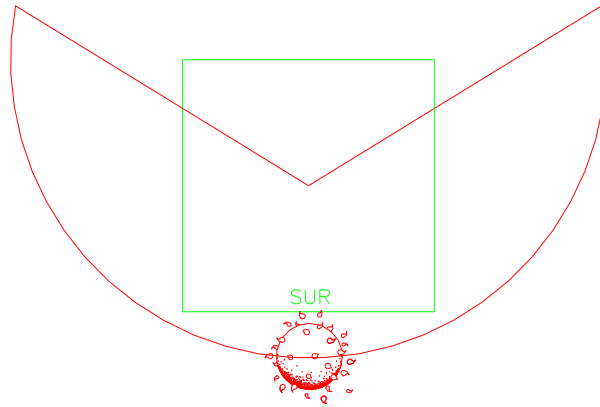
Julio



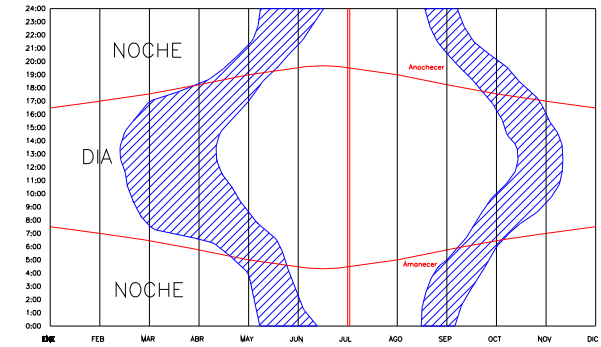
JULIO

* Necesidades de ventilación y sombreamiento todo el día.

Julio 19:30

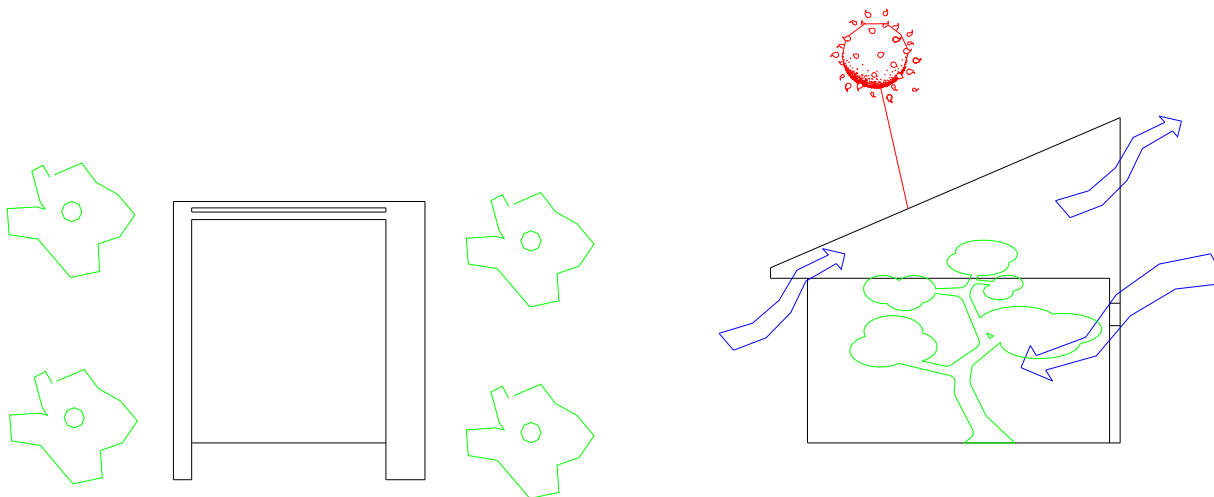


4:30



JULIO

* Necesidades de ventilación y sombreado todo el día.



Climograma de Bienestar de Givoni

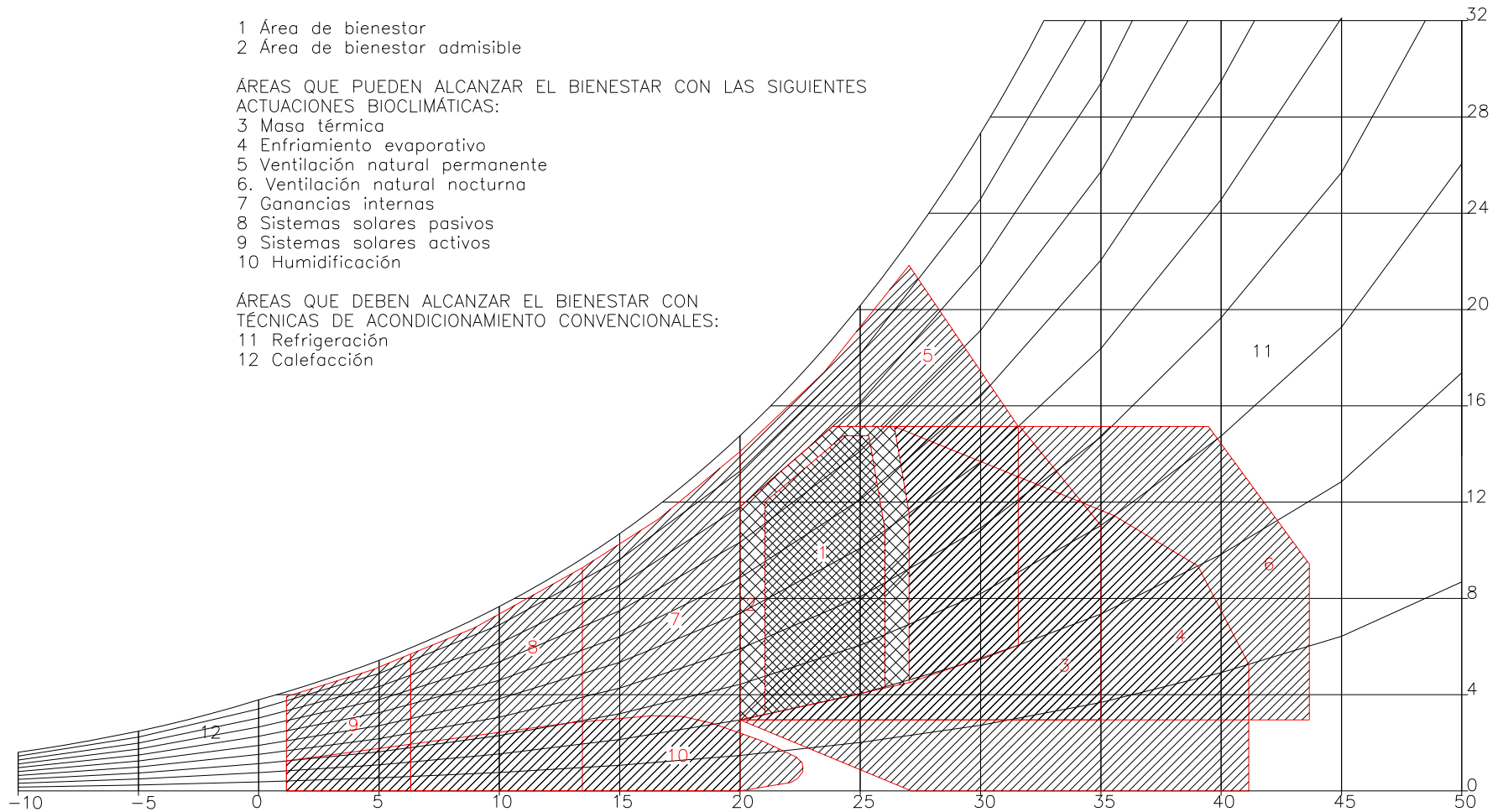
- 1 Área de bienestar
- 2 Área de bienestar admisible

ÁREAS QUE PUEDEN ALCANZAR EL BIENESTAR CON LAS SIGUIENTES
ACTUACIONES BIOCLIMÁTICAS:

- 3 Masa térmica
- 4 Enfriamiento evaporativo
- 5 Ventilación natural permanente
- 6 Ventilación natural nocturna
- 7 Ganancias internas
- 8 Sistemas solares pasivos
- 9 Sistemas solares activos
- 10 Humidificación

ÁREAS QUE DEBEN ALCANZAR EL BIENESTAR CON
TÉCNICAS DE ACONDICIONAMIENTO CONVENCIONALES:

- 11 Refrigeración
- 12 Calefacción



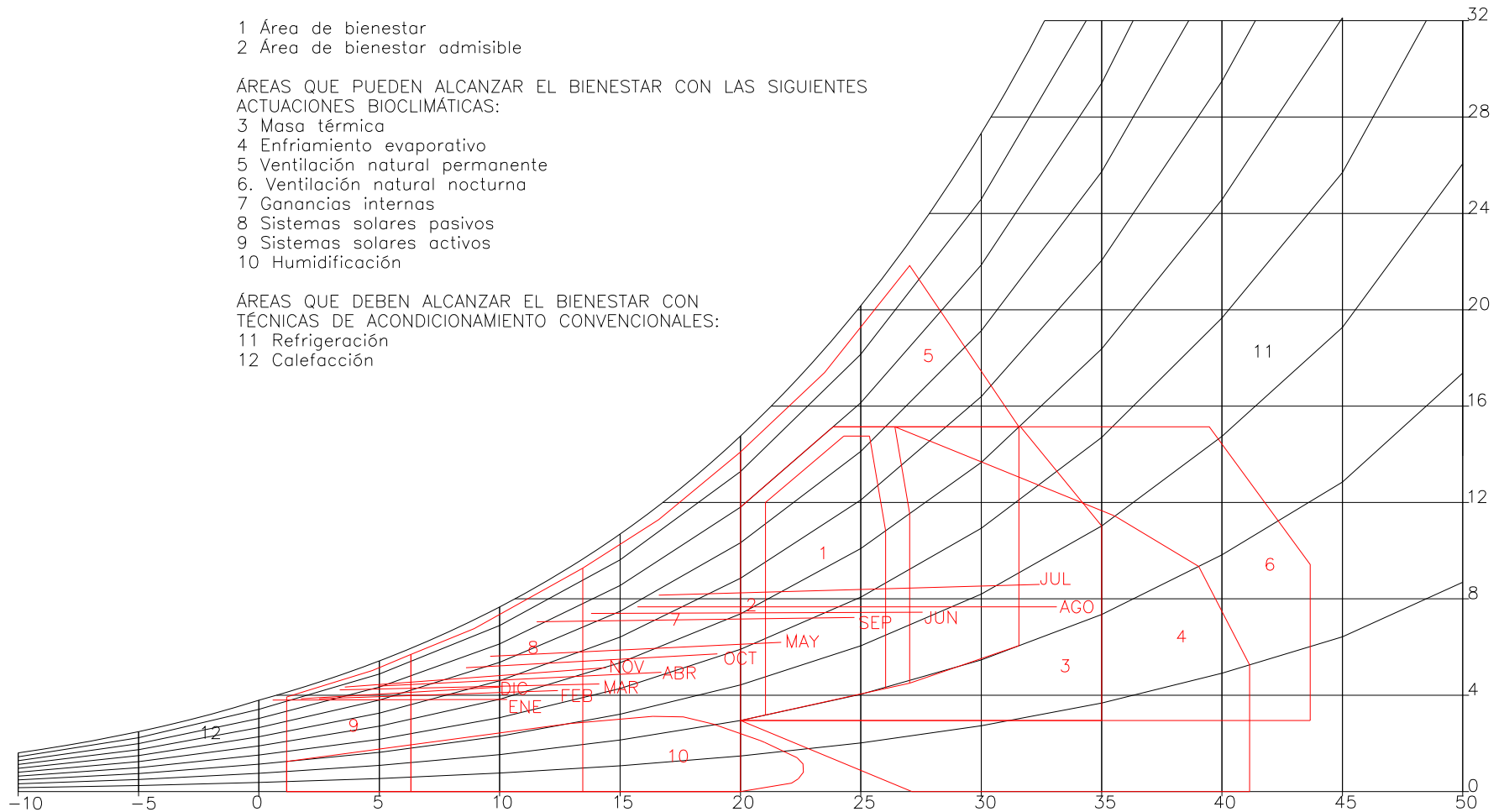
- 1 Área de bienestar
- 2 Área de bienestar admisible

ÁREAS QUE PUEDEN ALCANZAR EL BIENESTAR CON LAS SIGUIENTES
ACTUACIONES BIOCLIMÁTICAS:

- 3 Masa térmica
- 4 Enfriamiento evaporativo
- 5 Ventilación natural permanente
- 6 Ventilación natural nocturna
- 7 Ganancias internas
- 8 Sistemas solares pasivos
- 9 Sistemas solares activos
- 10 Humidificación

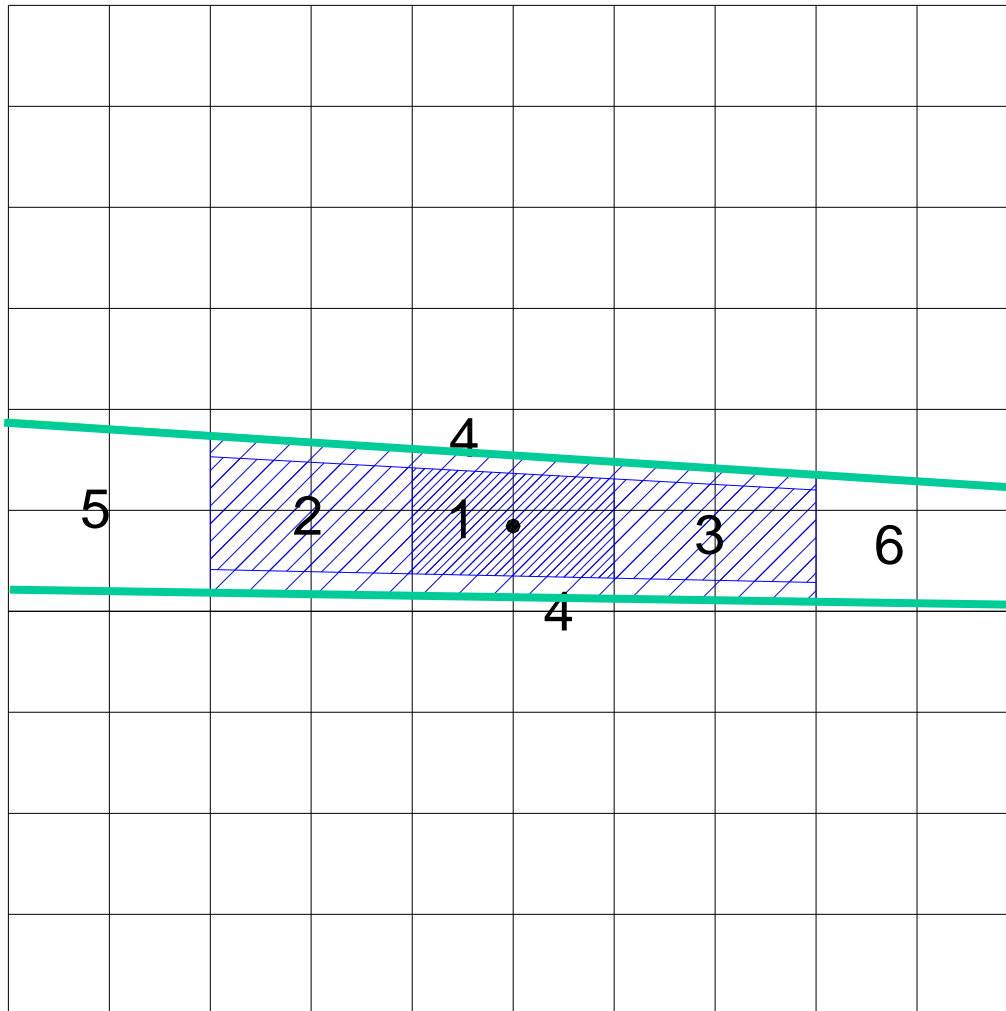
ÁREAS QUE DEBEN ALCANZAR EL BIENESTAR CON
TÉCNICAS DE ACONDICIONAMIENTO CONVENCIONALES:

- 11 Refrigeración
- 12 Calefacción



Climograma de Bienestar

Adaptado CBA



- 1 Área de bienestar saludable (menos del 10% de insatisfechos)
- 2 Área de bienestar algo seca para la salud (menos del 10% de insatisfechos)
- 3 Área de bienestar algo húmeda para la salud (menos del 10% de insatisfechos)
- 4 Área de bienestar extendida (20% de insatisfechos)
- 5 Área térmicamente aceptable pero excesivamente seca
- 6 Área térmicamente aceptable pero excesivamente húmeda

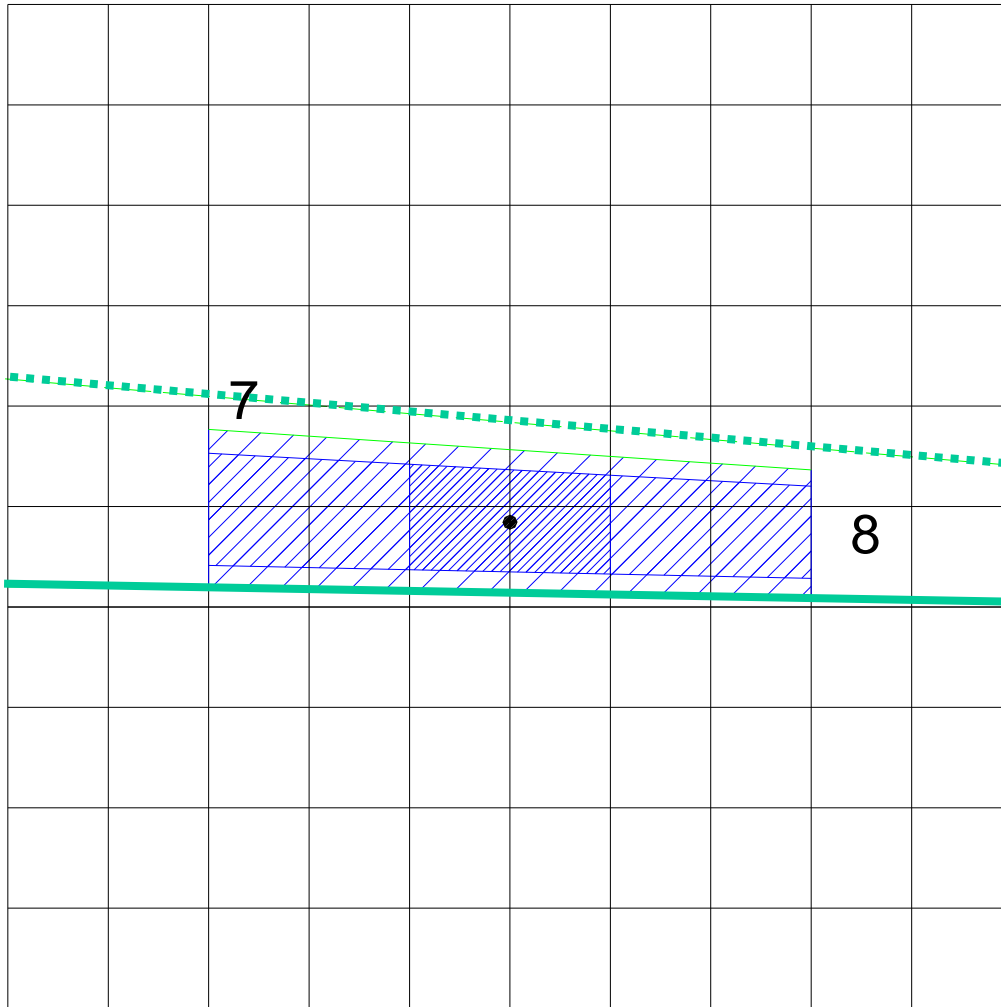
7 Zona controlada por la ventilación nocturna y la masa térmica

8 Zona controlada por la ventilación permanente

9 Zona controlada por el enfriamiento evaporativo y la masa térmica

10 Zona controlada por la radiación solar y la masa térmica

11 Zona controlada por las cargas internas



1 Área de bienestar saludable (menos del 10% de insatisfechos)

2 Área de bienestar algo seca para la salud (menos del 10% de insatisfechos)

3 Área de bienestar algo húmeda para la salud (menos del 10% de insatisfechos)

4 Área de bienestar extendida (20% de insatisfechos)

5 Área térmicamente aceptable pero excesivamente seca

6 Área térmicamente aceptable pero excesivamente húmeda

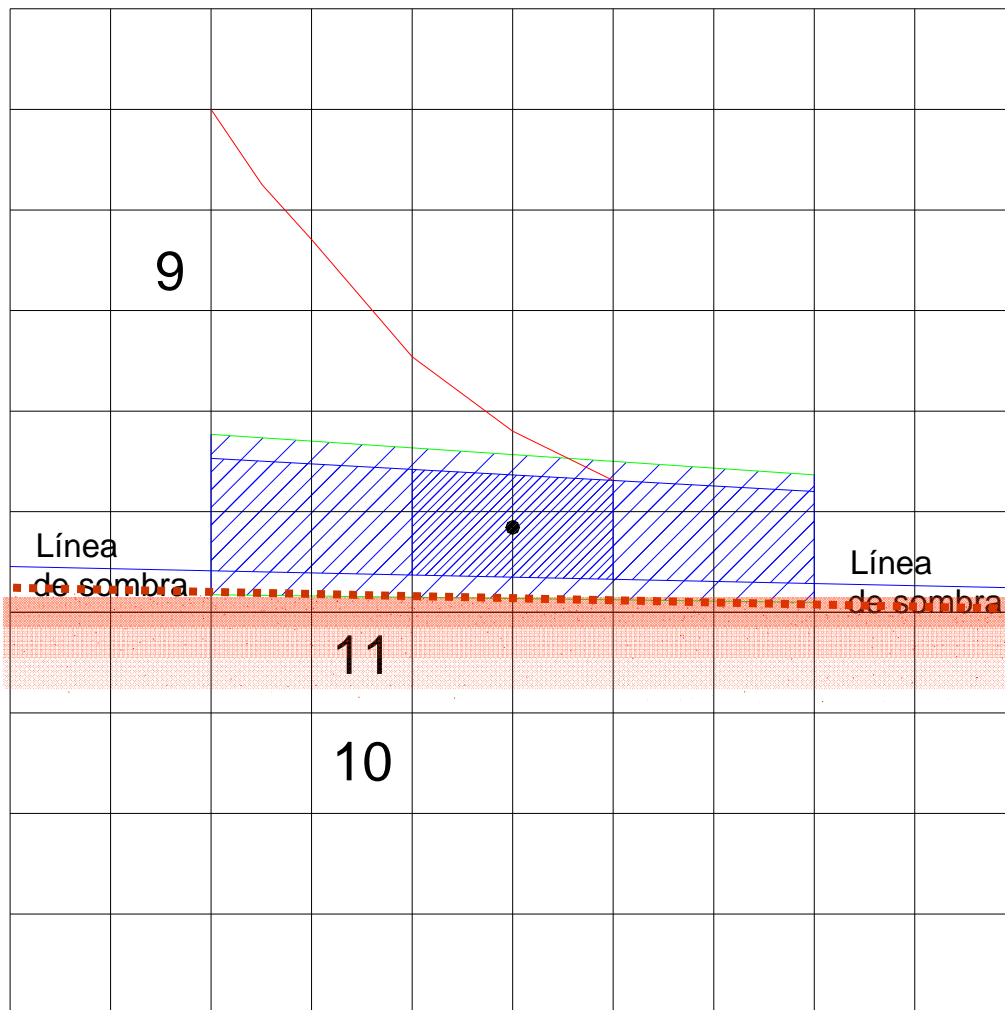
7 Zona controlada por la ventilación nocturna y la masa térmica

8 Zona controlada por la ventilación permanente

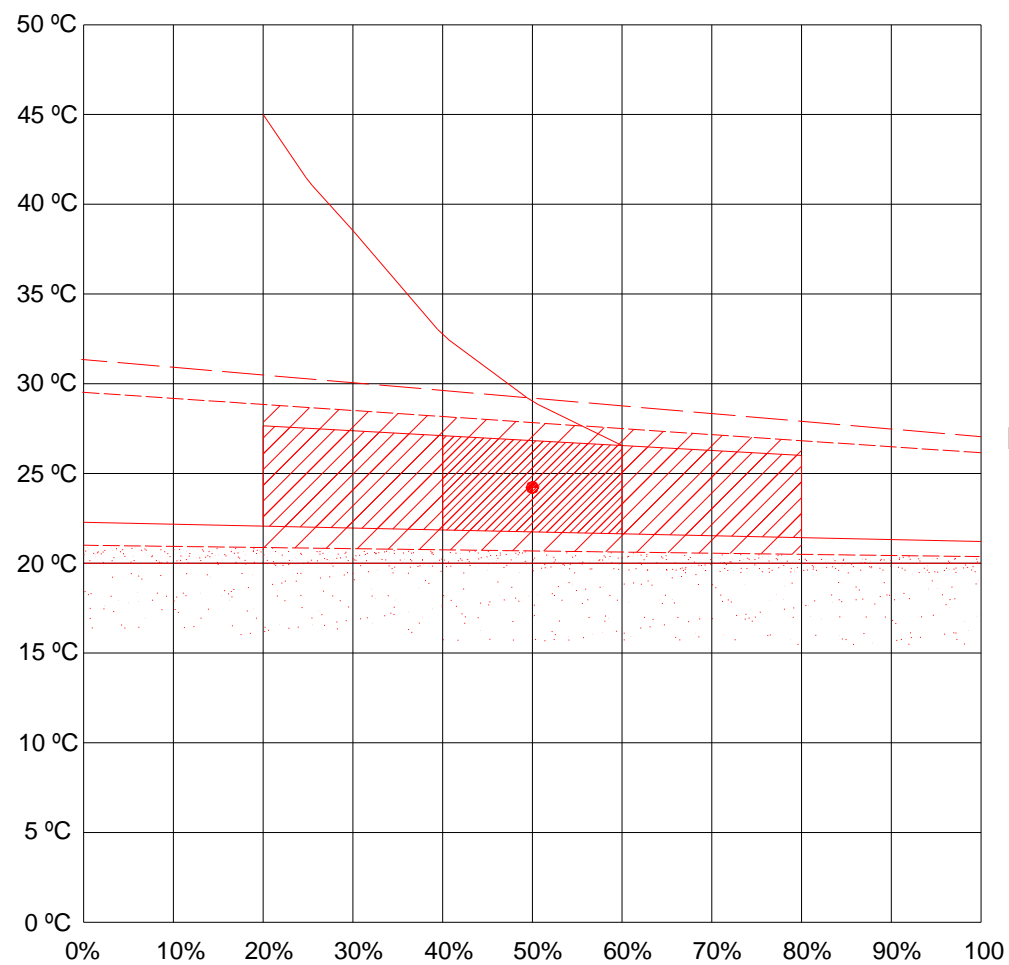
9 Zona controlada por el enfriamiento evaporativo y la masa térmica

10 Zona controlada por la radiación solar y la masa térmica

11 Zona controlada por las cargas internas



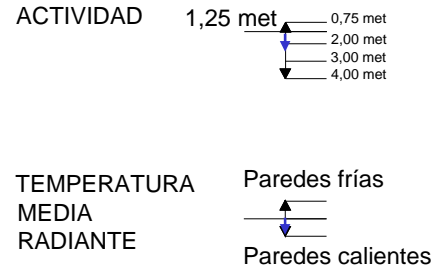
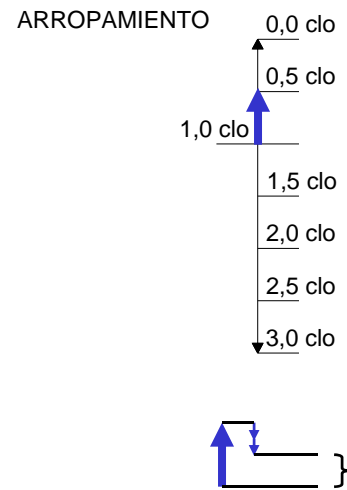
- 1 Área de bienestar saludable (menos del 10% de insatisfechos)
- 2 Área de bienestar algo seca para la salud (menos del 10% de insatisfechos)
- 3 Área de bienestar algo húmeda para la salud (menos del 10% de insatisfechos)
- 4 Área de bienestar extendida (20% de insatisfechos)
- 5 Área térmicamente aceptable pero excesivamente seca
- 6 Área térmicamente aceptable pero excesivamente húmeda
- 7 Zona controlada por la ventilación nocturna y la masa térmica
- 8 Zona controlada por la ventilación permanente
- 9 Zona controlada por el enfriamiento evaporativo y la masa térmica
- 10 Zona controlada por la radiación solar y la masa térmica
- 11 Zona controlada por las cargas internas



DATOS BASE DEL DIAGRAMA

Actividad: 1,25 met
Arropamiento: 1 clo (Nivel 2)
Temperatura media radiante = Temperatura del aire
Velocidad del aire: 0 m/s

FACTORES DE CORRECCIÓN DE LA POSICIÓN DEL ÁREA



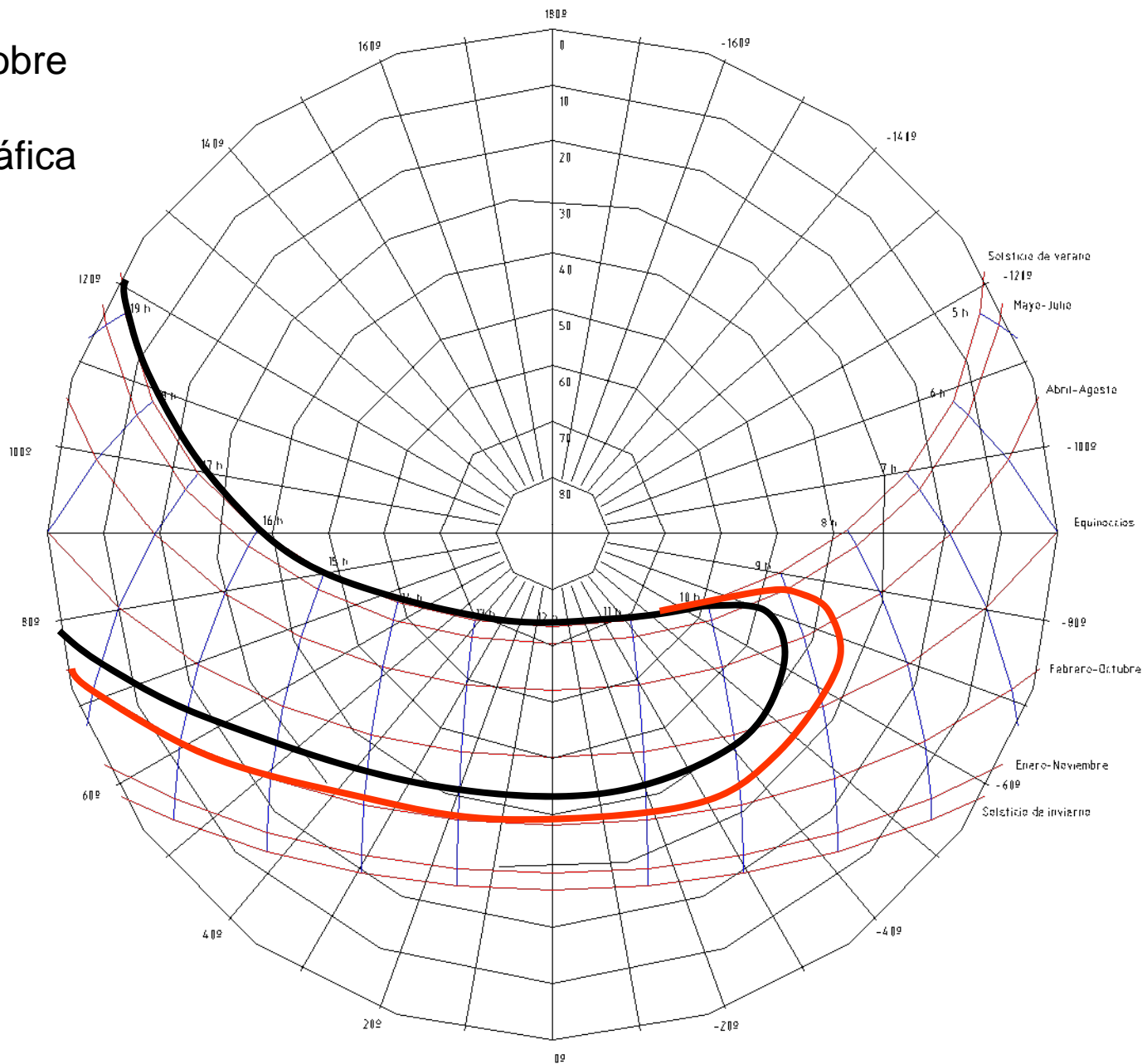
MÁSCARAS DE SOMBRA

DIMENSIONADO DE LAS
PROTECCIONES SOLARES

Cuadro con horas de sombra

	Bienestar	Bienestar extendido
Junio	10:00-19:00	9:30-21:00
Julio	9:30-21:00	9:00-22:00
Agosto	9:30-19:30	8:30-21:30
Septiembre	10:30-18:30	9:30-20:30
Octubre		12:30-1830

Líneas de sombra sobre la carta estereográfica



Cálculo de sombras

Ángulo horizontal de sombra

$$AHS = A_{\text{PARED}} - A_{\text{SOL}}$$

Ángulo vertical de sombra

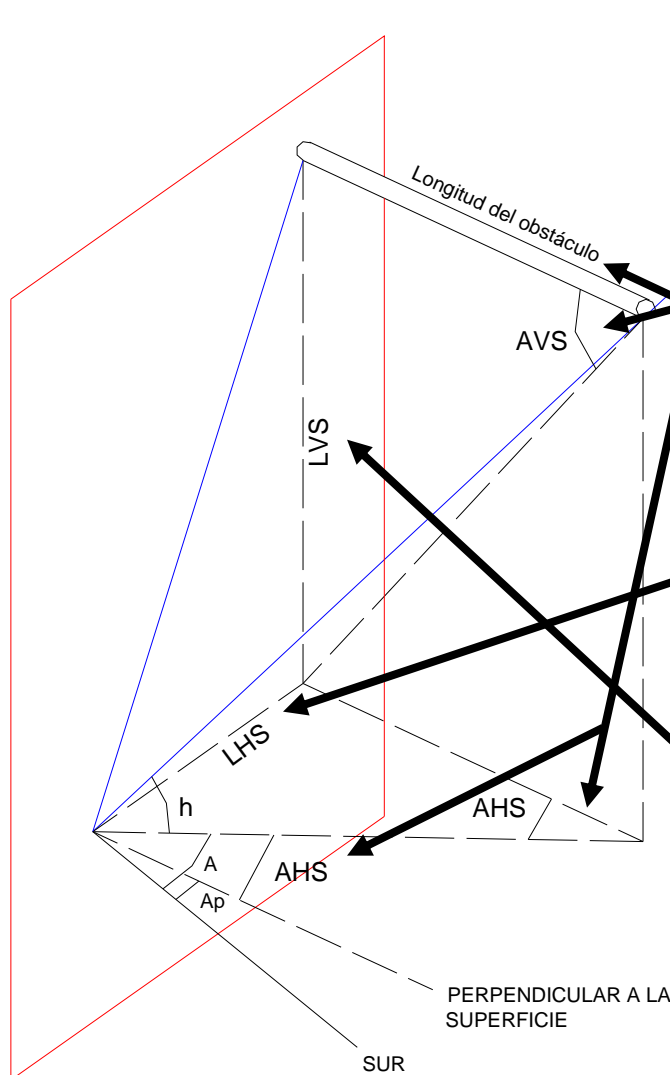
$$AVS = \text{arc tg} (\text{tg } h \cdot \sec AHS)$$

Longitud horizontal de sombra

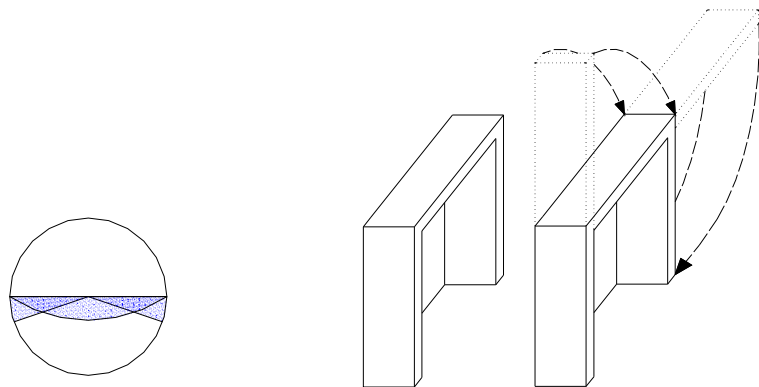
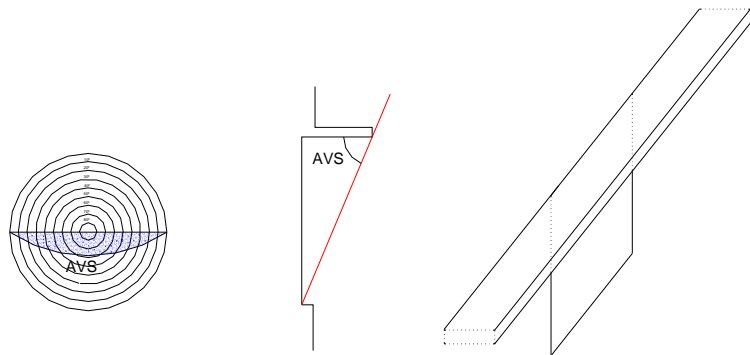
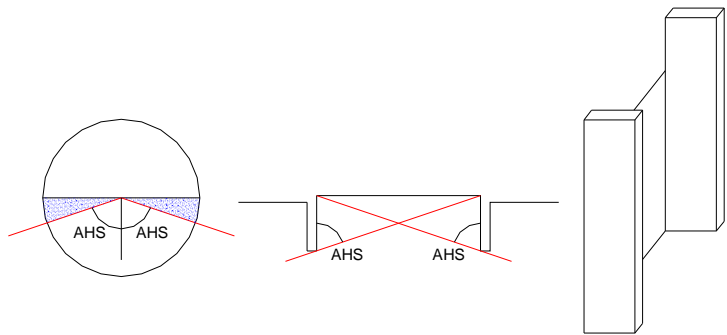
$$LHS = a \cdot \text{tg } AHS$$

Longitud vertical de sombra

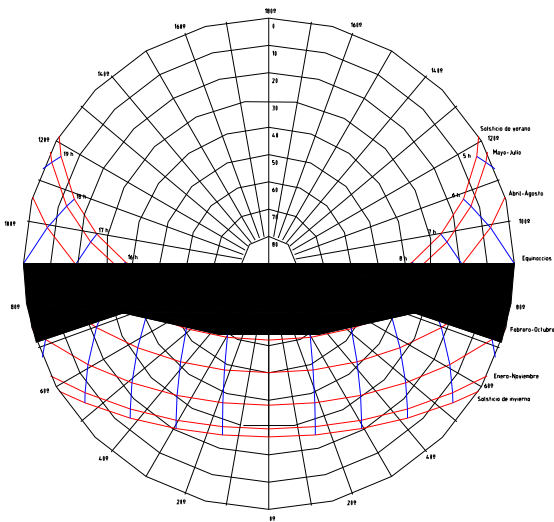
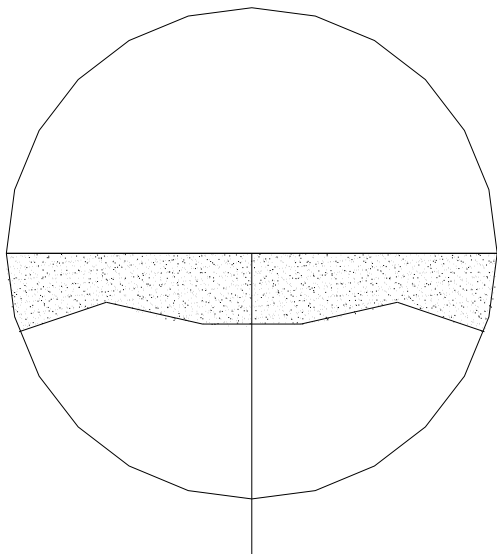
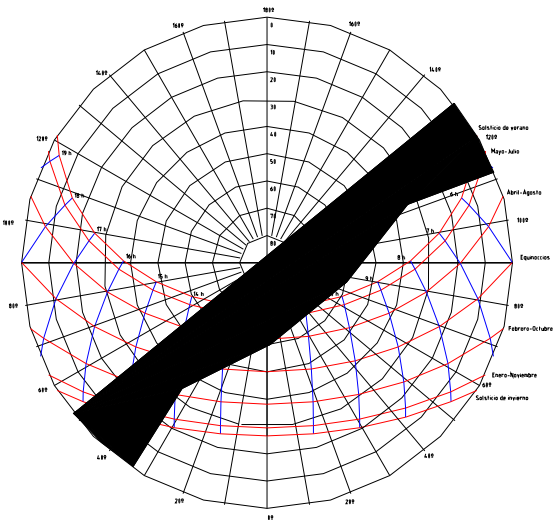
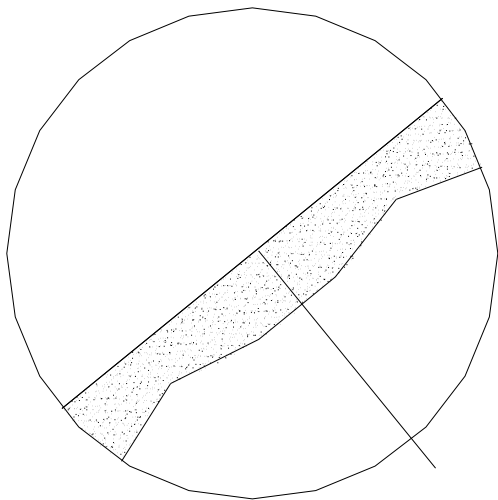
$$LVS = a \cdot \text{tg } AVS$$



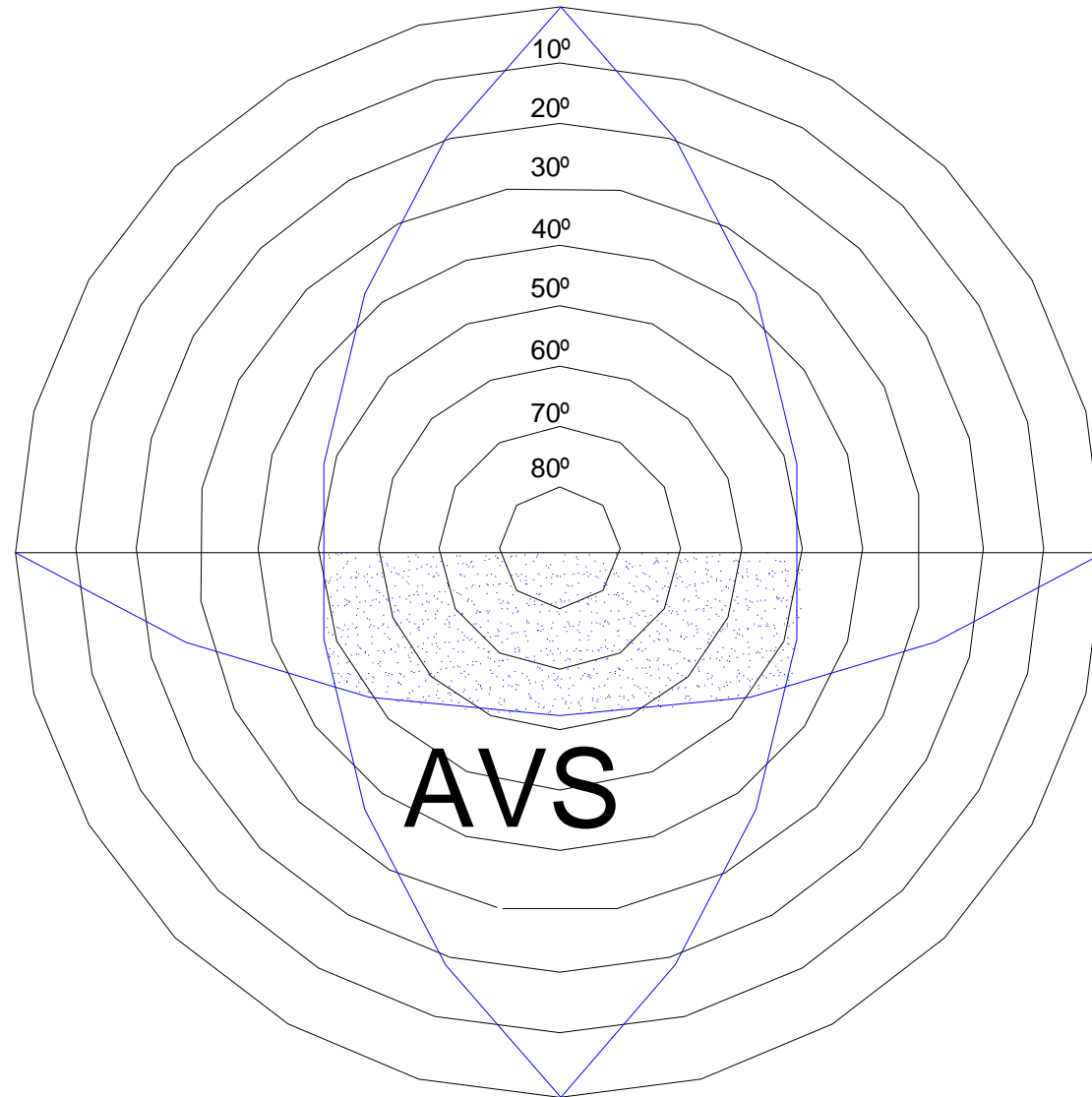
Máscaras de sombras



Máscaras de sombras



Máscaras de sombras

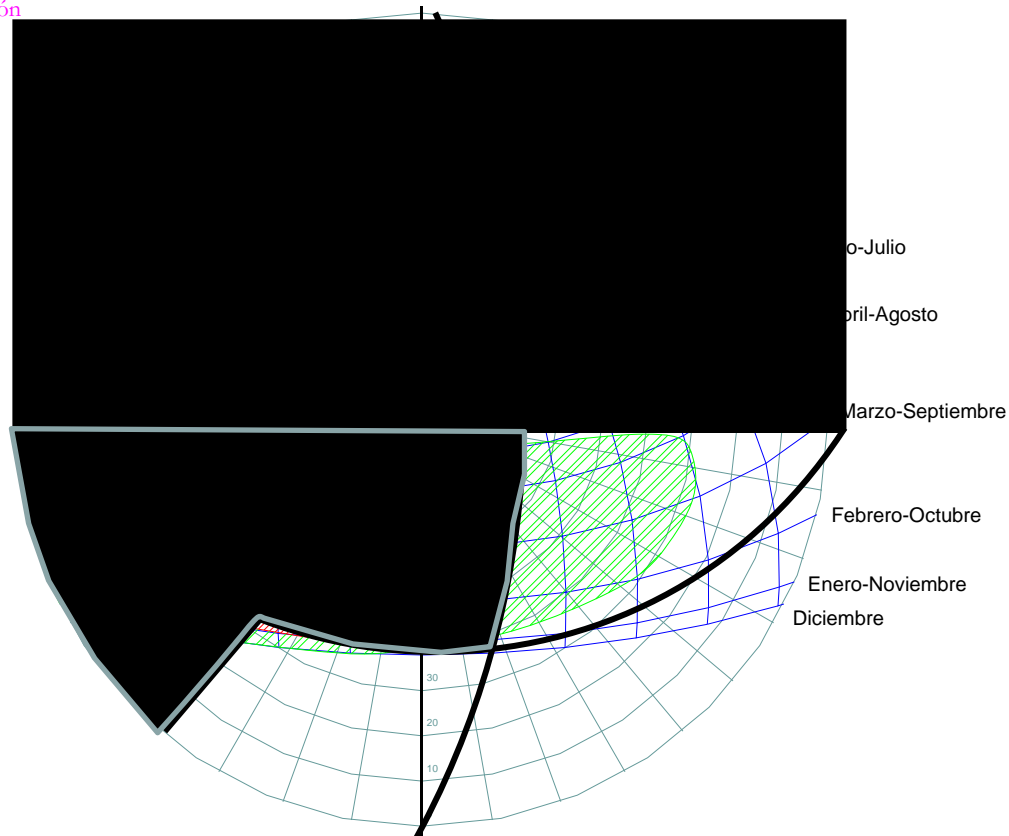



AEROPUERTO DE MAZO


ISLA DE LA PALMA (CANARIAS)

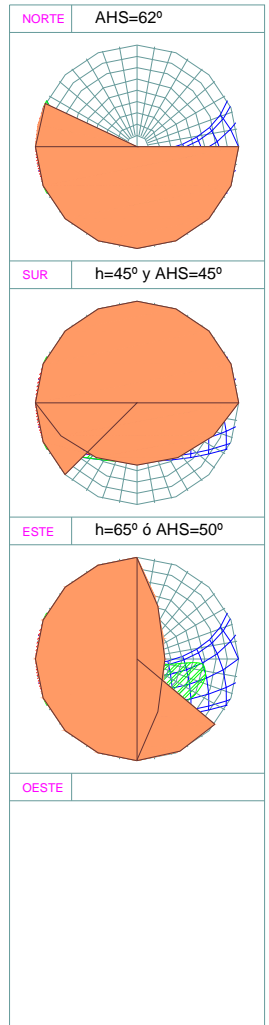
LA PALMA 28.65°N
AEROPUERTO DE MAZO

Zona Facturación
Zona Tránsito



 Necesidad de sombrear

 Posible necesidad de sombrear

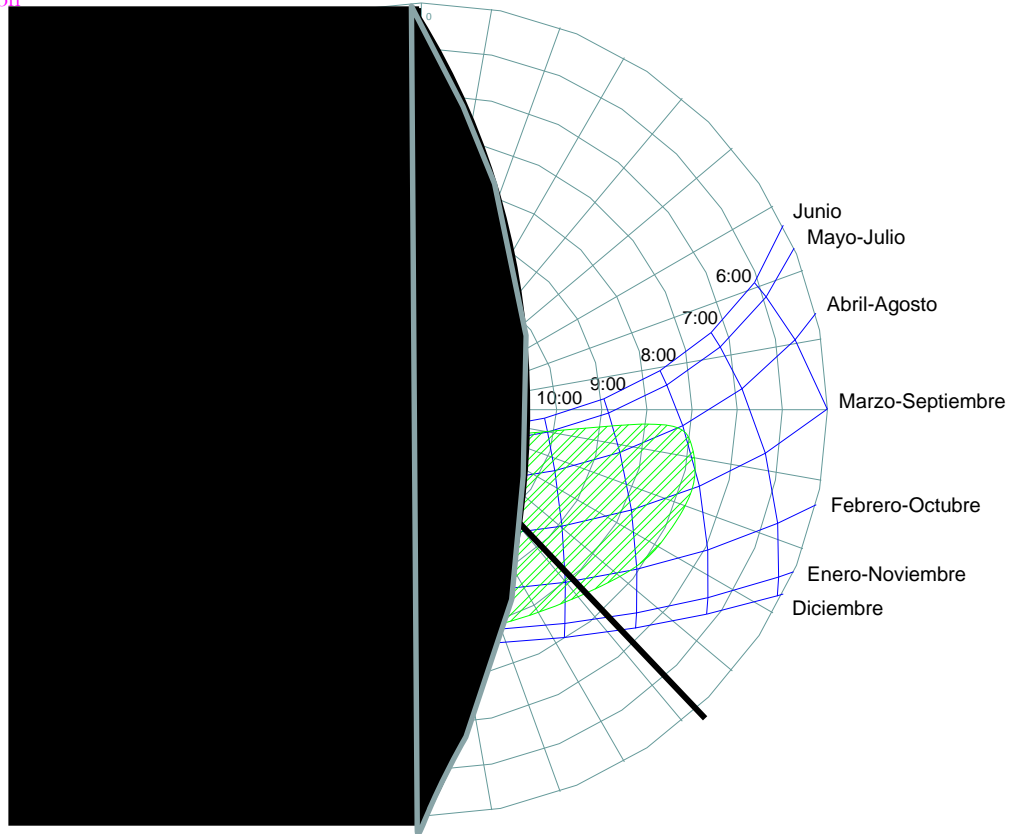



AEROPUERTO DE MAZO


ISLA DE LA PALMA (CANARIAS)

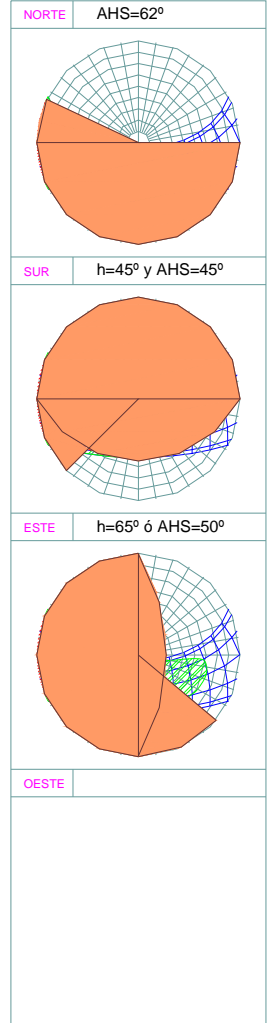
LA PALMA 28.65°N
AEROPUERTO DE MAZO

Zona Facturación
Zona Tránsito



 Necesidad de sombrear

 Posible necesidad de sombrear

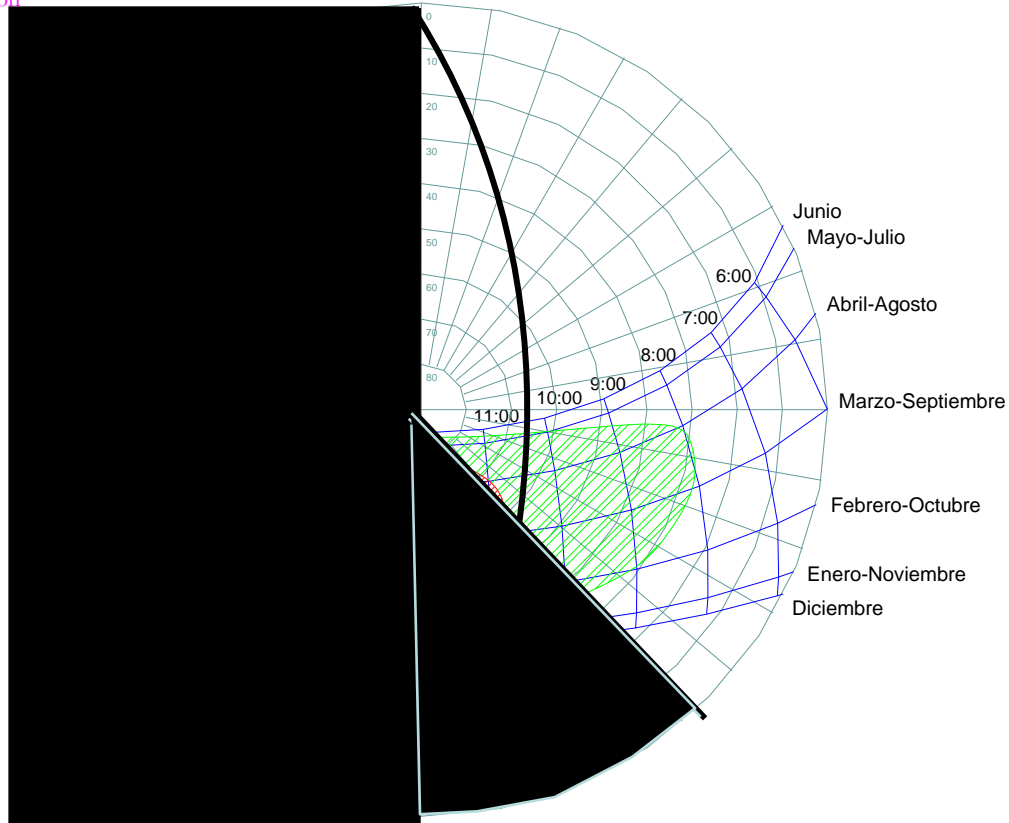



AEROPUERTO DE MAZO


ISLA DE LA PALMA (CANARIAS)

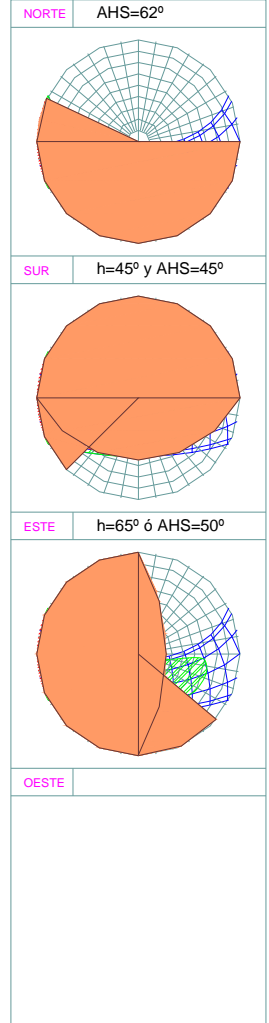
LA PALMA 28.65°N
AEROPUERTO DE MAZO

Zona Facturación
Zona Tránsito



 Necesidad de sombrear

 Posible necesidad de sombrear

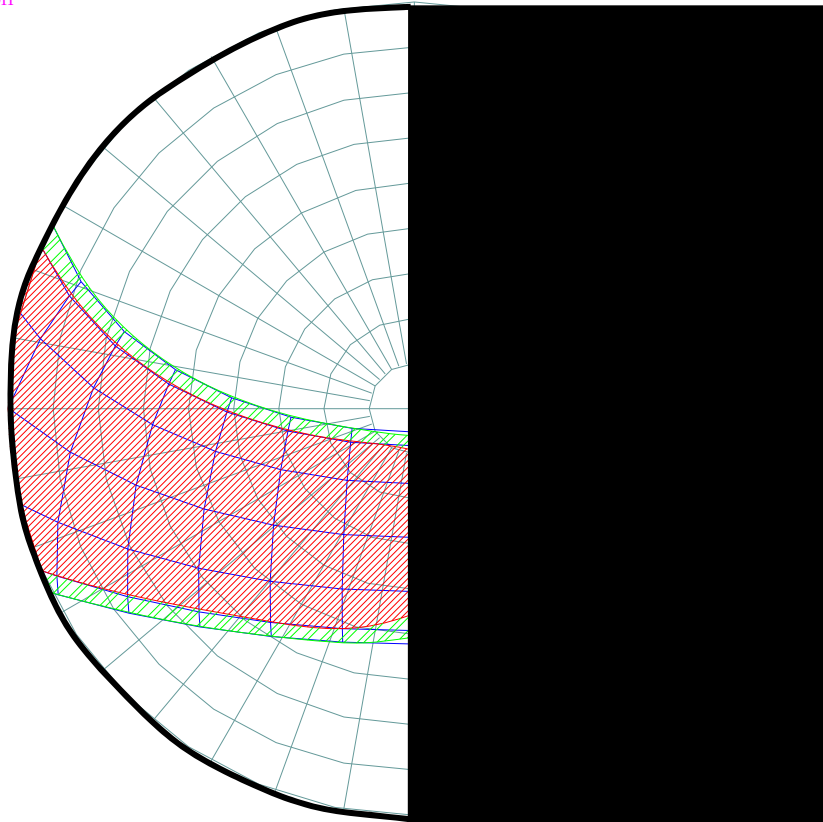



AEROPUERTO DE MAZO


ISLA DE LA PALMA (CANARIAS)

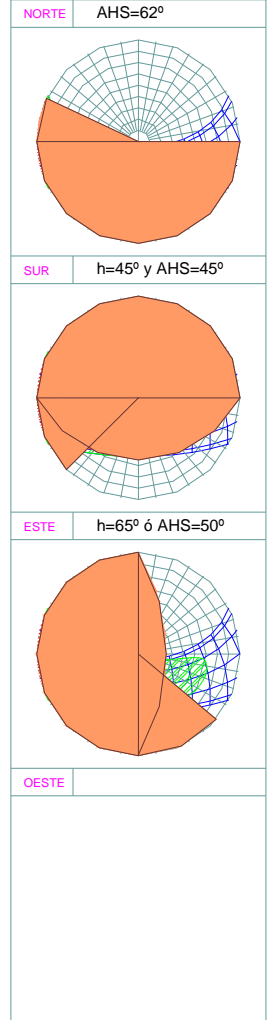
LA PALMA 28.65°N
AEROPUERTO DE MAZO

Zona Facturación
Zona Tránsito



 Necesidad de sombrear

 Posible necesidad de sombrear



2. DISEÑO ARQUITECTÓNICO

ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS EN CONDICIONES DE INVIERNO

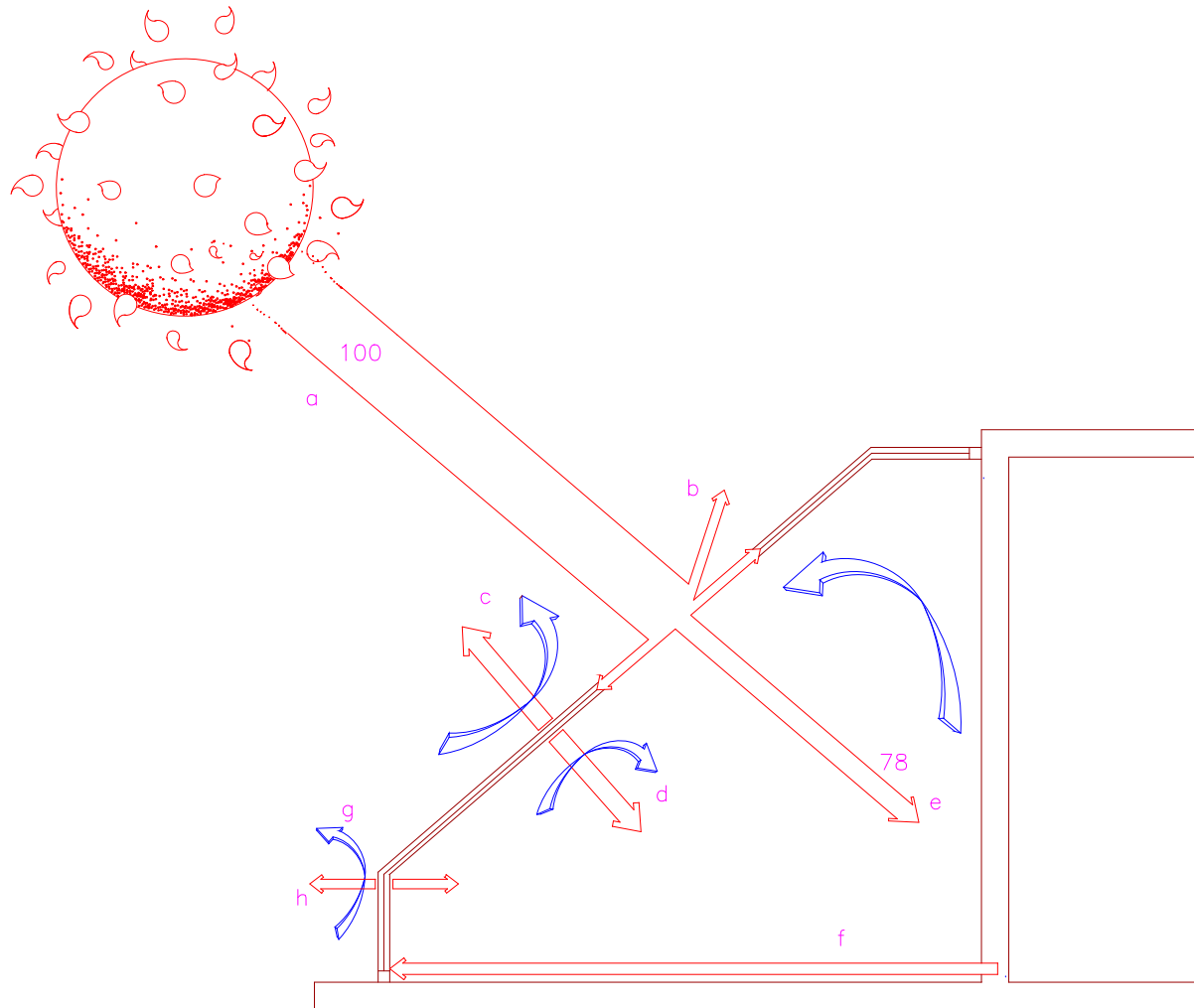
Objetivos energéticos de la arquitectura bioclimática

- Captación
- Acumulación
- Distribución

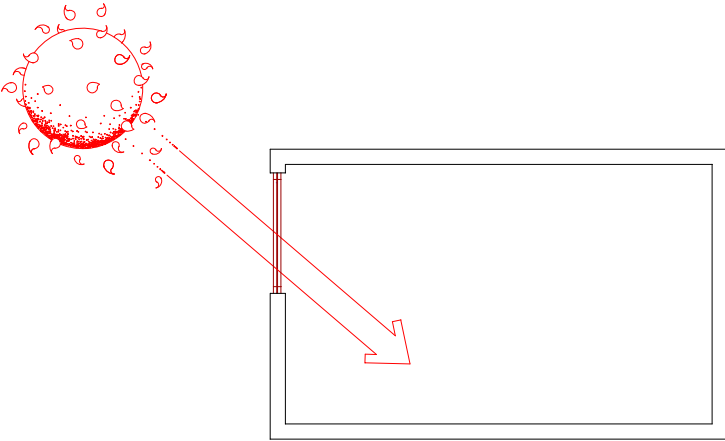
Estrategias bioclimáticas en condiciones de invierno

El calentamiento solar

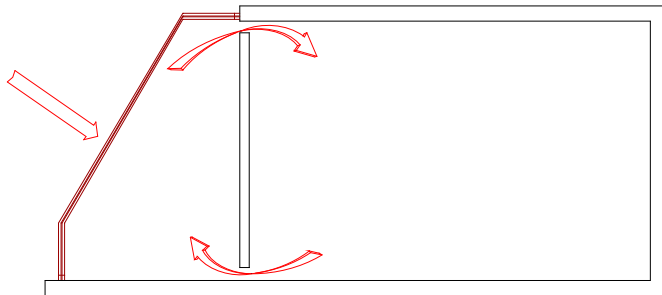
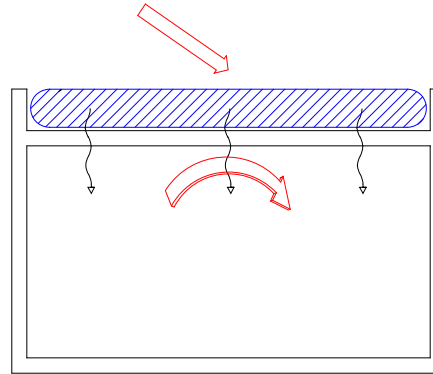
El efecto invernadero



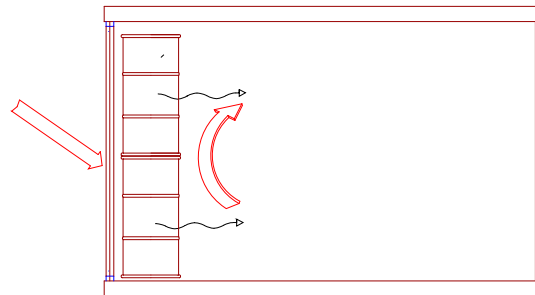
Clasificación de los sistemas de captación



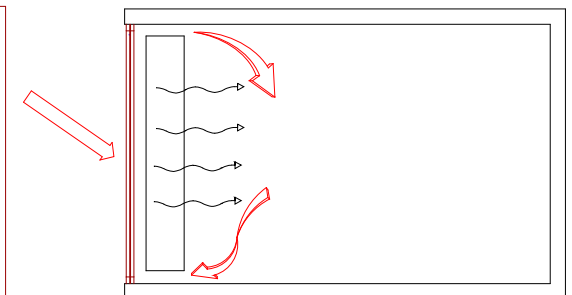
A. Captacion directa



B. Captacion directa y lazo convectivo.



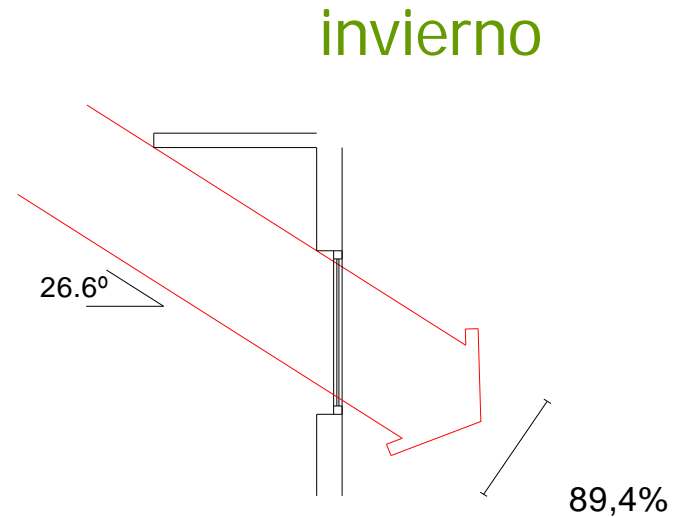
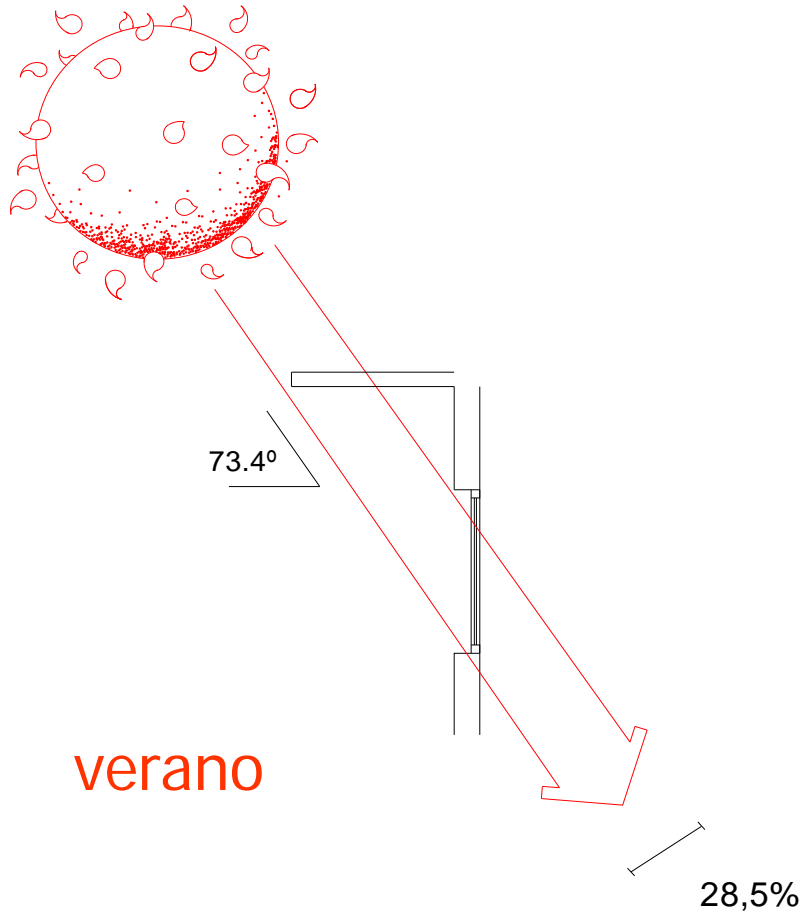
C. Captacion retardada por acumulaci3n

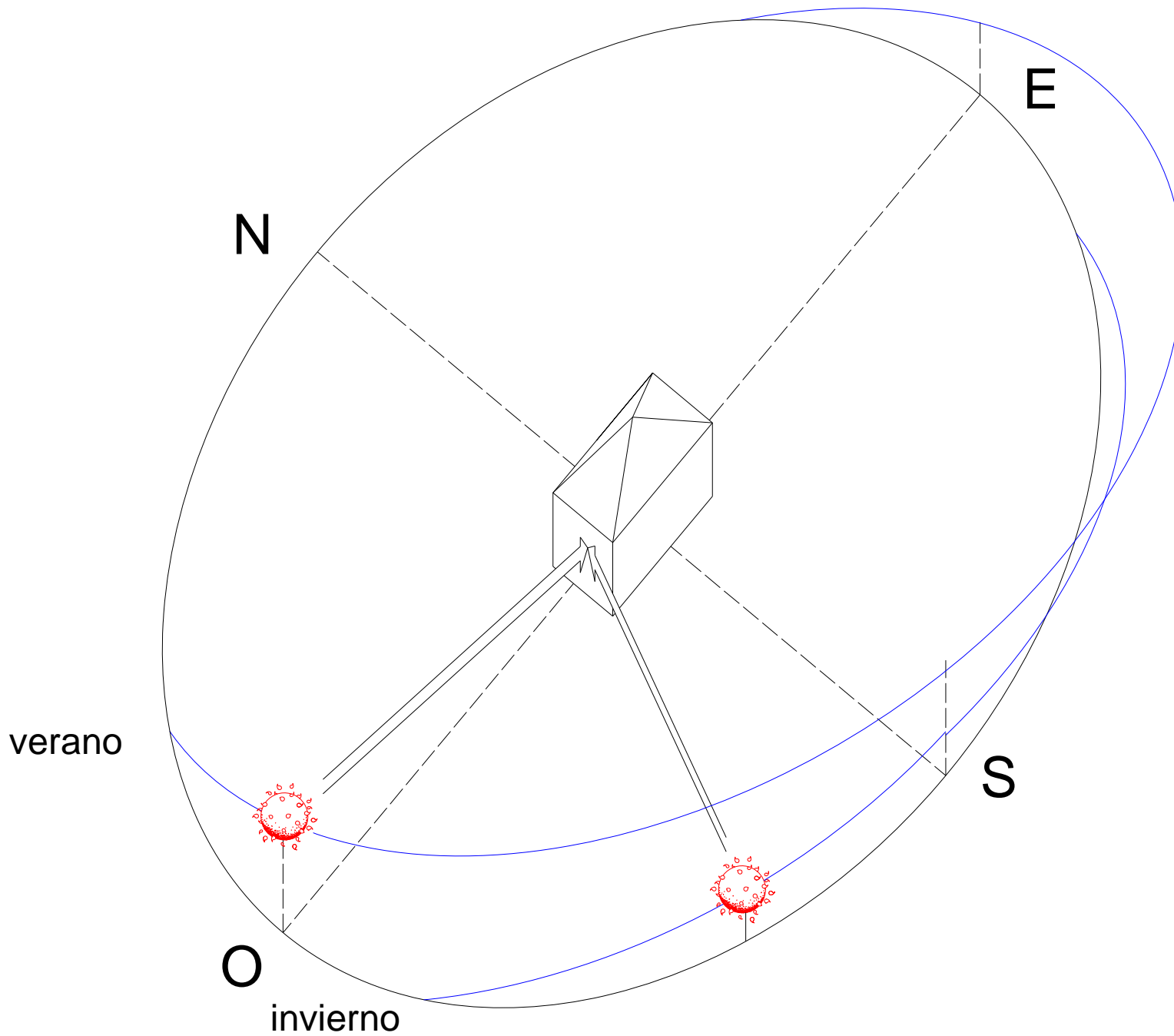


D. Captacion retardada por acumulaci3n y lazo convectivo

Captación directa

Hueco a Sur en Madrid





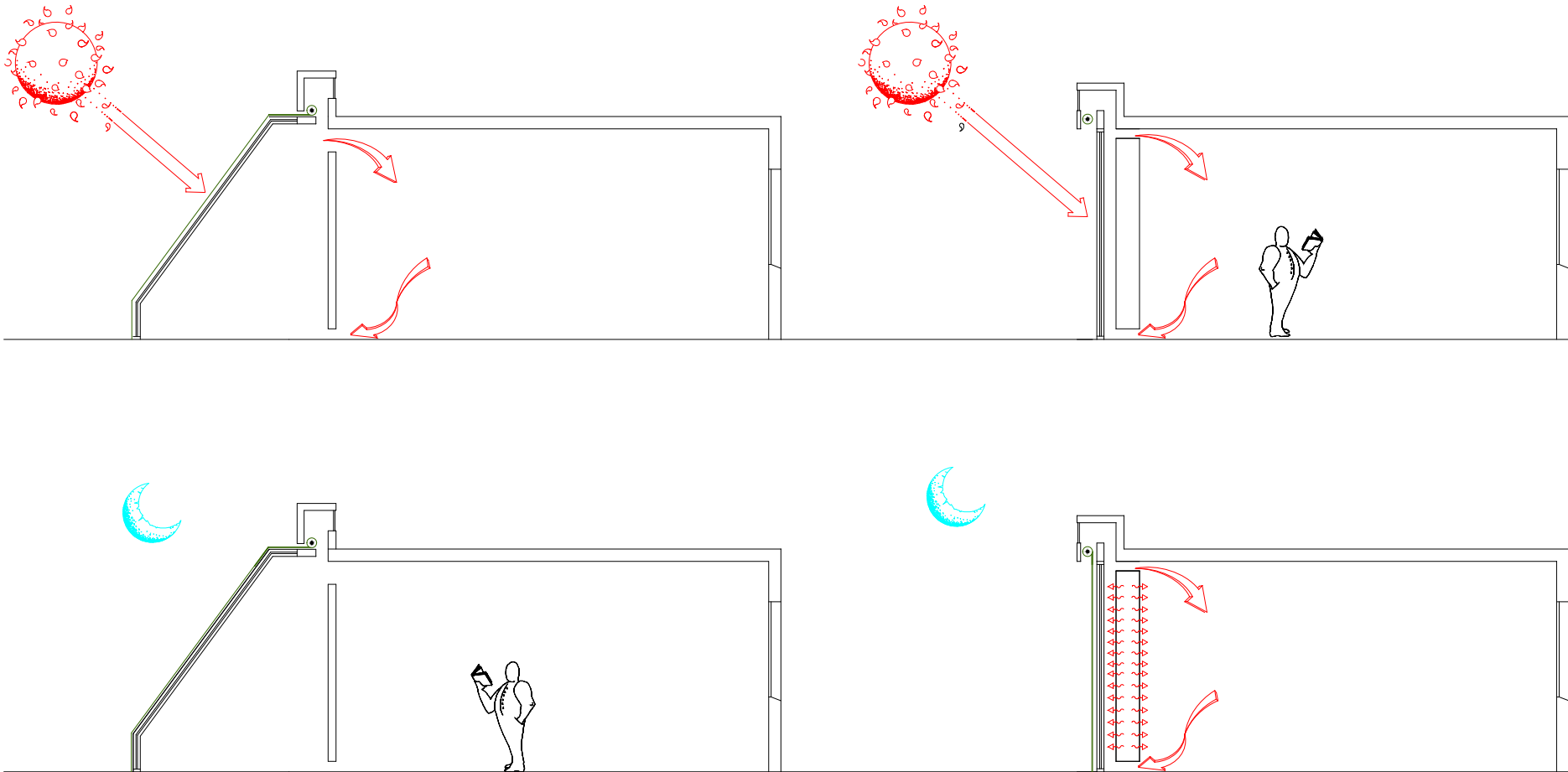
CRITERIOS DE DIMENSIONADO DE HUECOS CAPTADORES

- **Rendimiento de la captación**
 - Pérdidas por reflexión en el elemento acumulador (muro, pared o suelo): 10%; rendimiento 0,9
 - Pérdidas por transmisión: 5...20% (depende del local, del vidrio y del clima); rendimiento medio 0,9
 - Energía efectiva = Radiación a través de vidrio x 0,9 x 0,9
- **Consumo de energía (día):**
 - Edificios bien aislados: 900 Wh/m² (\approx carga de 60 W/m²)
 - Edificios medianamente aislados: 1200 Wh/m² (\approx carga de 80 W/m²)
 - Edificios mal aislados: 1500 Wh/m² (\approx carga de 100 W/m²)

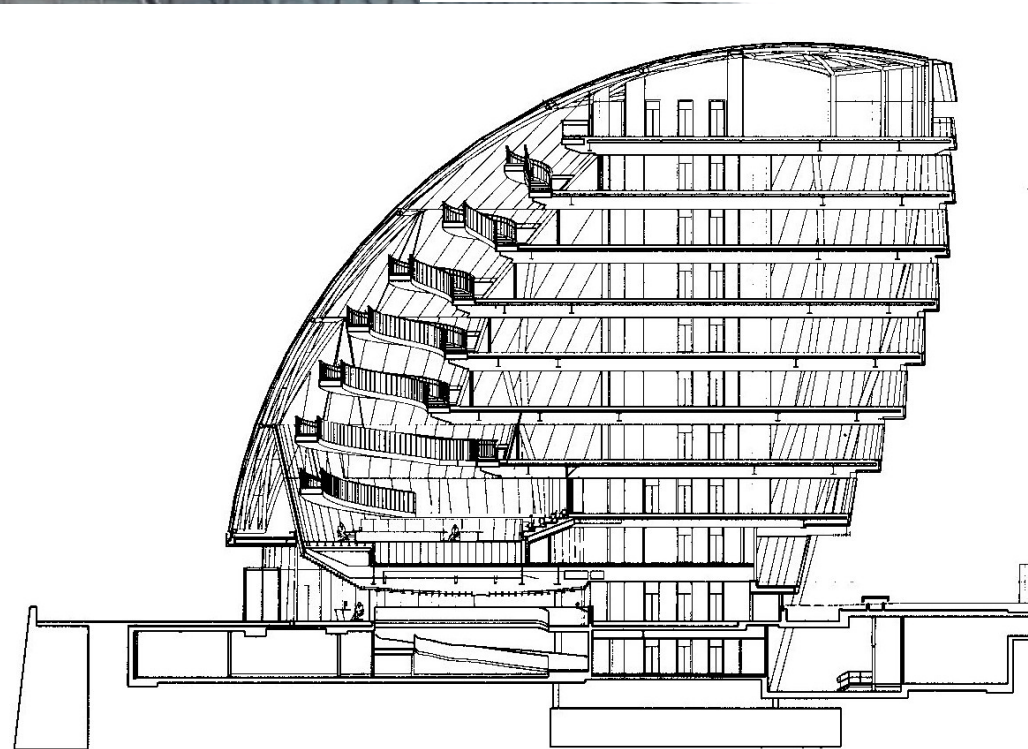
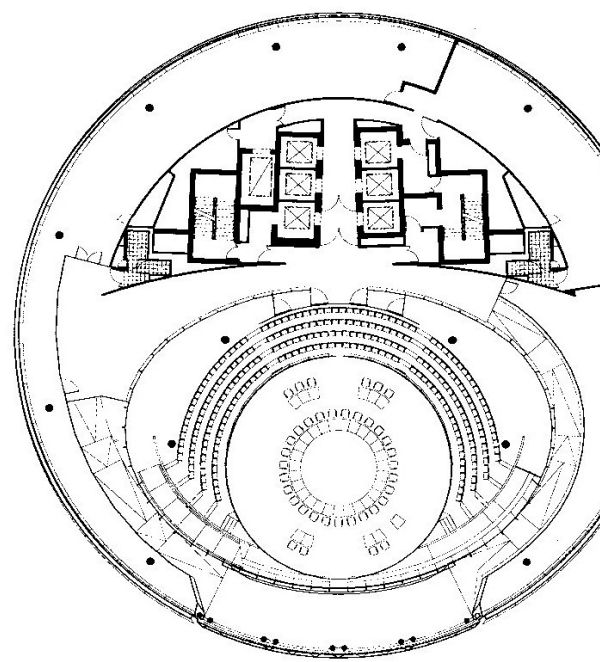
CRITERIOS DE DIMENSIONADO DE HUECOS CAPTADORES

- **Radiación a través de vidrio simple orientado a sur en enero (latitud $\approx 40^\circ$ N):**
 - 2500 Wh/m² (día)
 - Energía efectiva: $2500 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 2025$ Wh/m² (día)
- **Superficie de captación necesaria:**
 - Edificios bien aislados:
 - $900 \text{ Wh/m}^2 / 2025 \text{ Wh/m}^2 = 0,44 \text{ m}^2$ de vidrio/m² de local
 - Edificios medianamente aislados:
 - $1200 \text{ Wh/m}^2 / 2025 \text{ Wh/m}^2 = 0,60 \text{ m}^2$ de vidrio/m² de local
 - Edificios mal aislados:
 - $1500 \text{ Wh/m}^2 / 2025 \text{ Wh/m}^2 = 0,74 \text{ m}^2$ de vidrio/m² de local

Invernadero y muro trombe



I. Foster



Estrategias bioclimáticas para condiciones de verano

Relación de estrategias para condiciones de verano

- ◆ Actuaciones contra el sobrecalentamiento
- ◆ Actuaciones contra la sensación de calor, sin enfriamiento
- ◆ Actuaciones directas de enfriamiento

Actuaciones contra el sobrecalentamiento

Medidas preventivas

Para los huecos acristalados

- Orientación del hueco
- Sombreamiento del hueco
- Selección de vidrios

Para la cubierta

- Ventilación
- Recubrimiento vegetal

Para las paredes

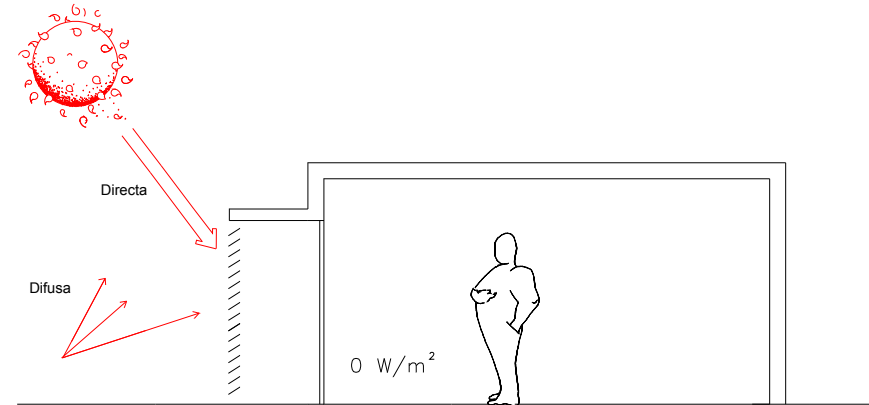
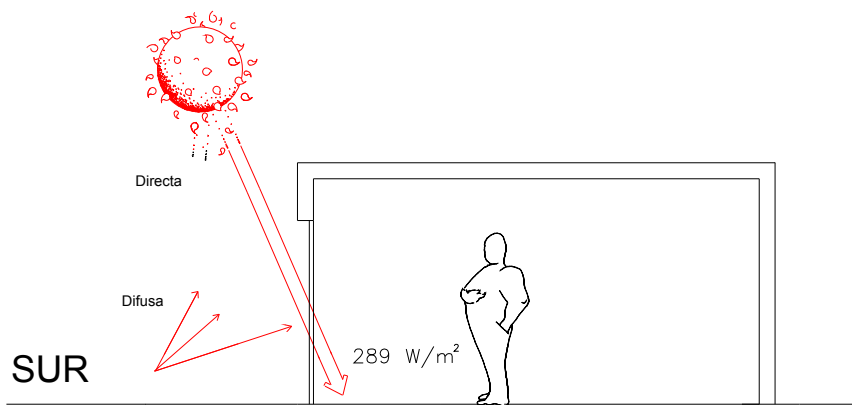
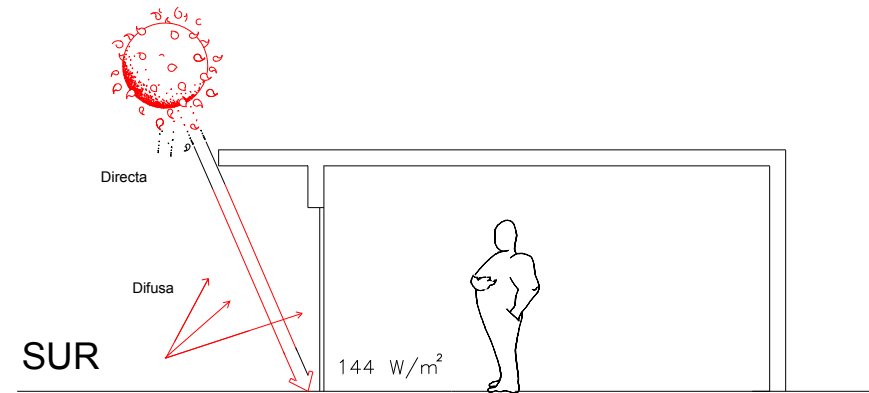
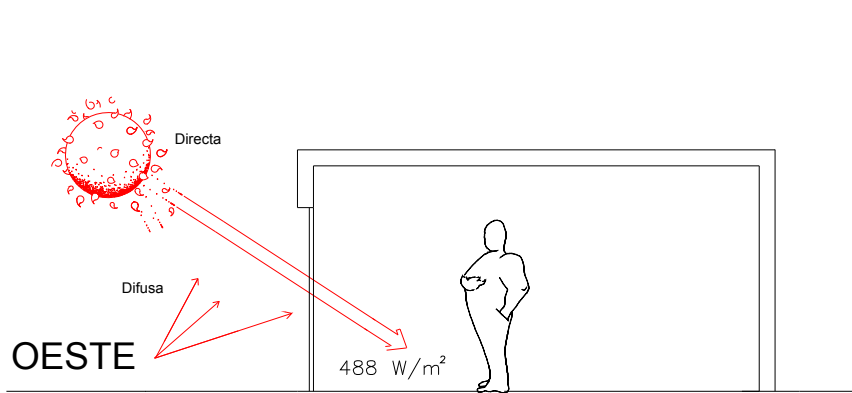
- Color
- Ventilación
- Sombreamiento
- Recubrimiento vegetal

Actuaciones contra el sobrecalentamiento

Medidas de eliminación

Ventilación

Irradiancia máxima en julio



PERS fijos

- Parasoles horizontales sobre dintel

- Lamas de desarrollo horizontal

- Parasoles verticales al lado de las jambas

- Lamas horizontales de desarrollo vertical

- Lamas verticales de desarrollo vertical

- Parasoles mixtos en caja

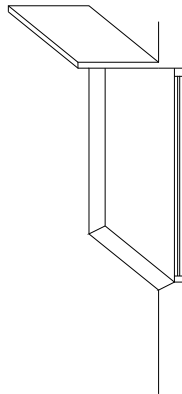
- Lamas mixtas en celosía

PERS móviles

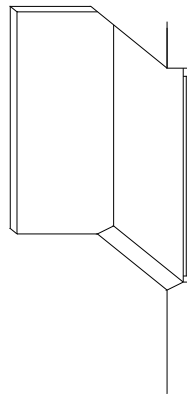
- Lamas horizontales de desarrollo vertical

- Lamas verticales de desarrollo vertical

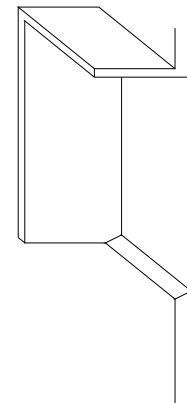
- Toldos



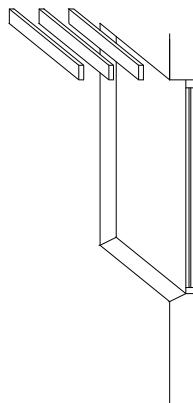
Parasol
horizontal



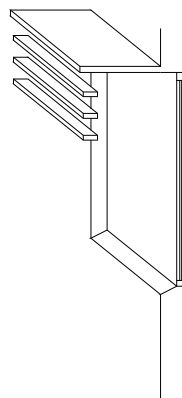
Parasol
vertical



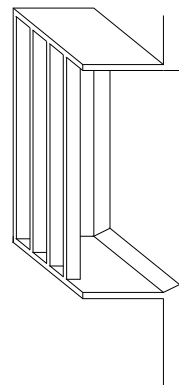
Parasol mixto
en caja



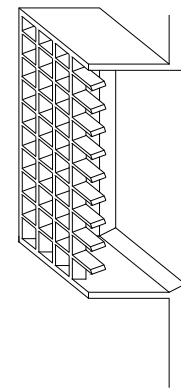
Lamas horizontales
de desarrollo
horizontal



Lamas horizontales
de desarrollo
vertical



Lamas verticales
de desarrollo
vertical



Lamas
en celosía

Huecos acristalados

Selección de vidrios

Reflectantes

Coloreados

Selectivos

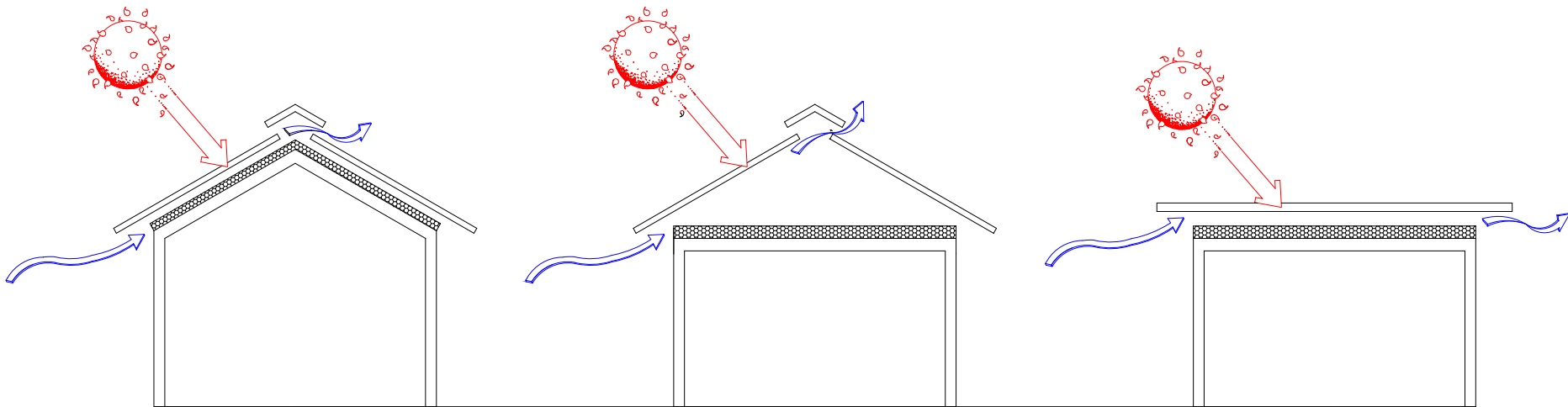
Fotosensibles

Con cristal líquido

Electrocrómicos

Cubiertas

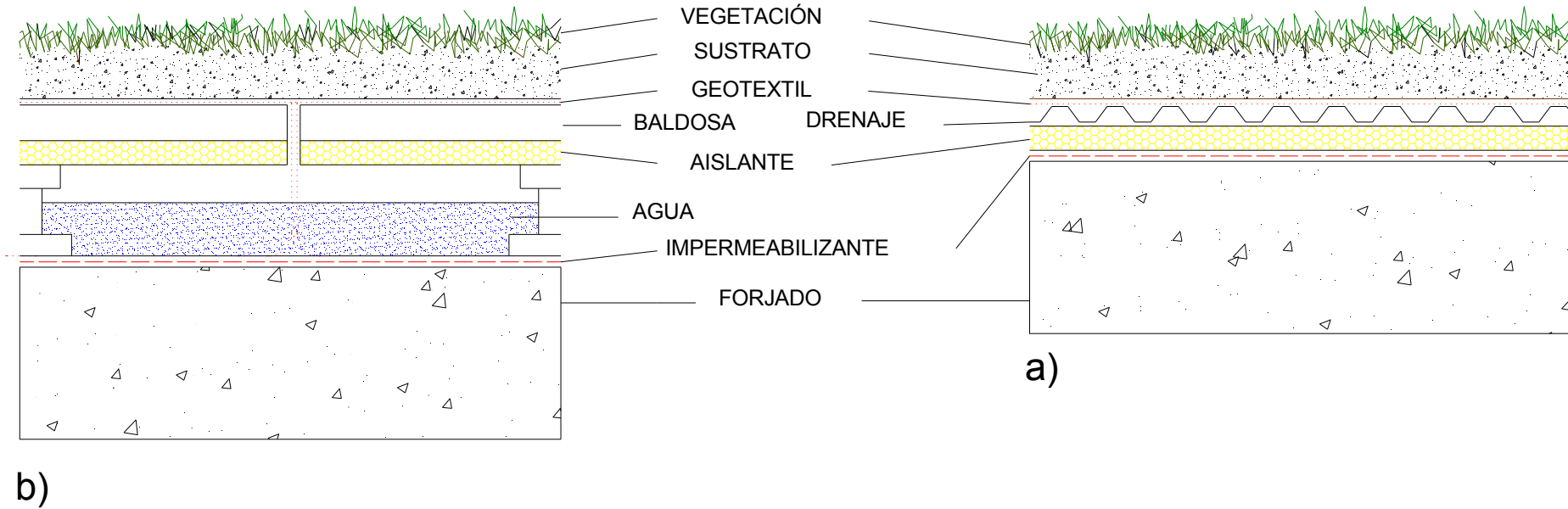
- ◆ Ventilación
- ◆ Recubrimiento vegetal



Cubierta vegetal

- ◆ La cubierta intensiva o ajardinada
- ◆ La cubierta extensiva o ecológica

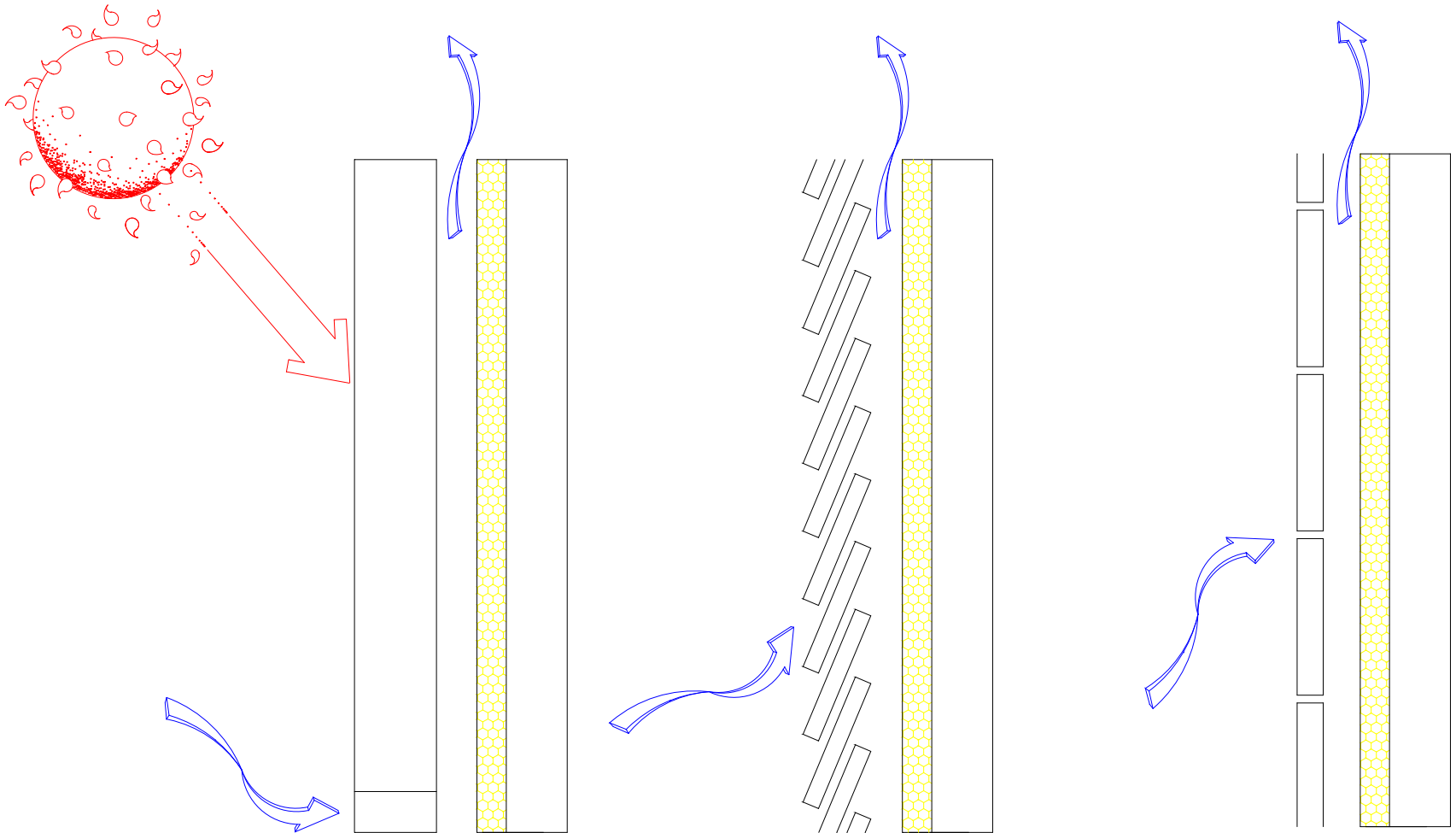
Cubierta ecológica



Paredes

- ◆ Color
- ◆ Sombreamiento
- ◆ Ventilación
- ◆ Recubrimiento vegetal

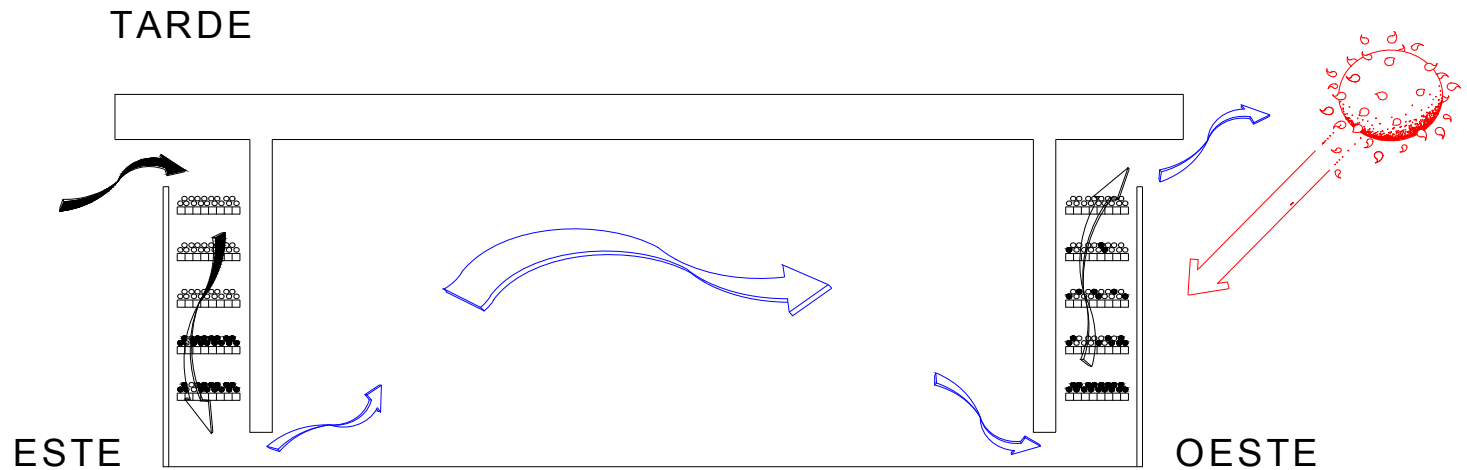
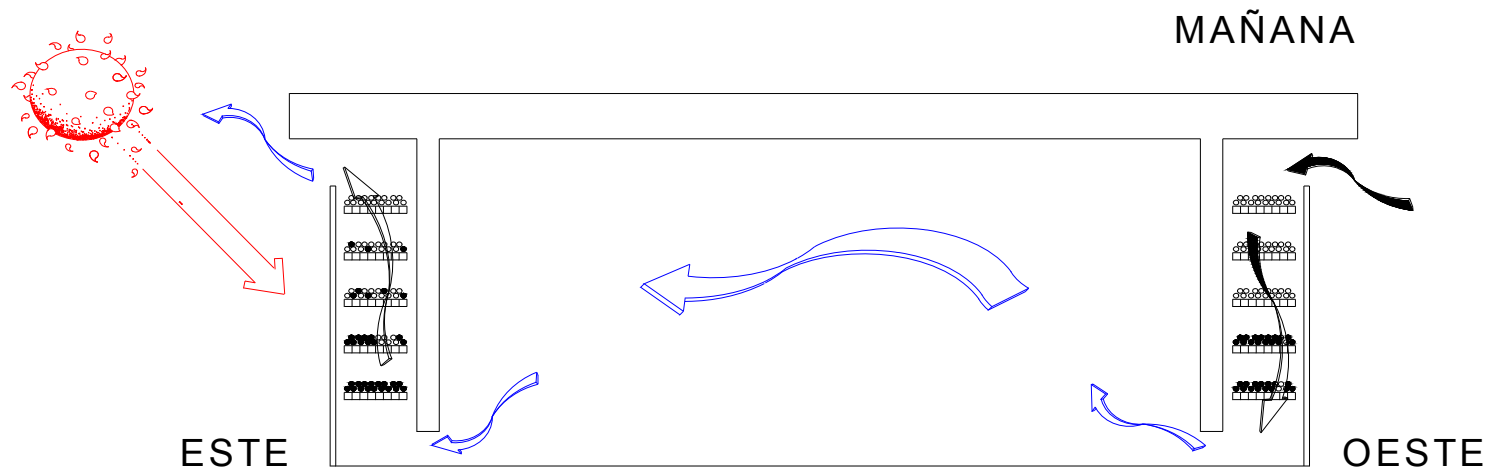
Ventilación



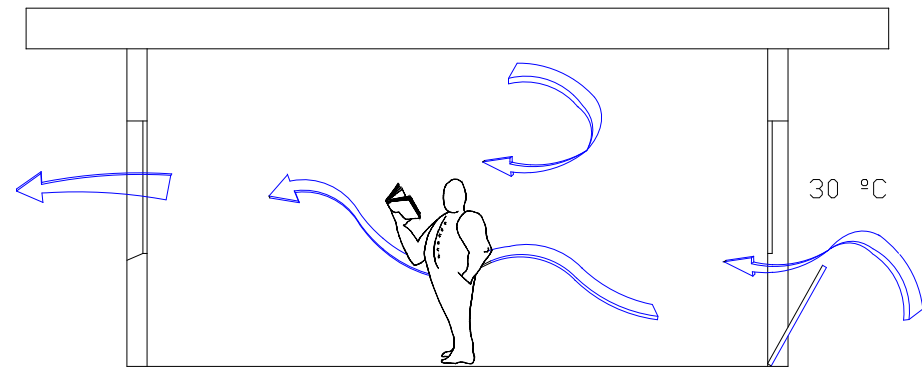
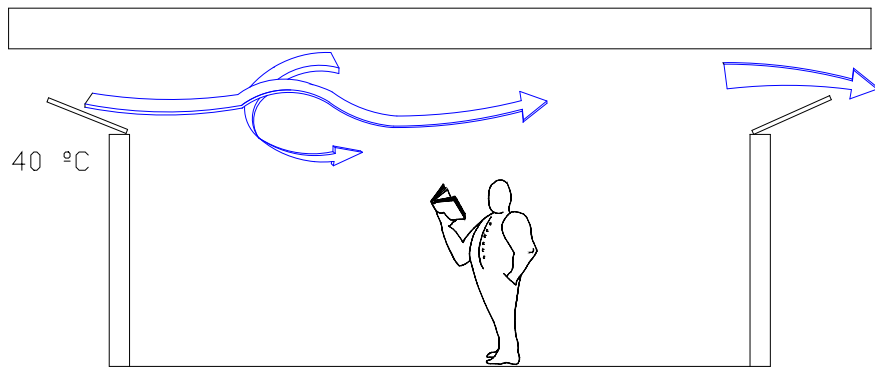
Actuaciones contra la sensación de calor sin enfriamiento

- ◆ Incorporación de superficies frías
- ◆ Reducción de la humedad relativa
- ◆ Incremento de la velocidad del aire

Reducción de la humedad relativa



Incremento de la velocidad del aire



La ventilación como estrategia

Ventilación natural pura

- A. Directa
- B. Cruzada

Ventilación forzada natural

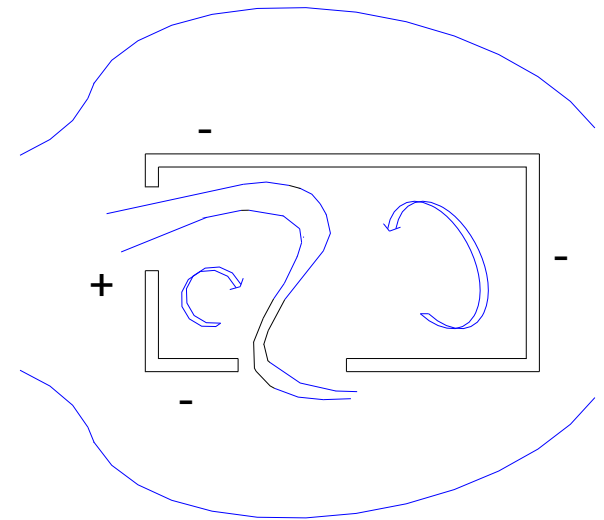
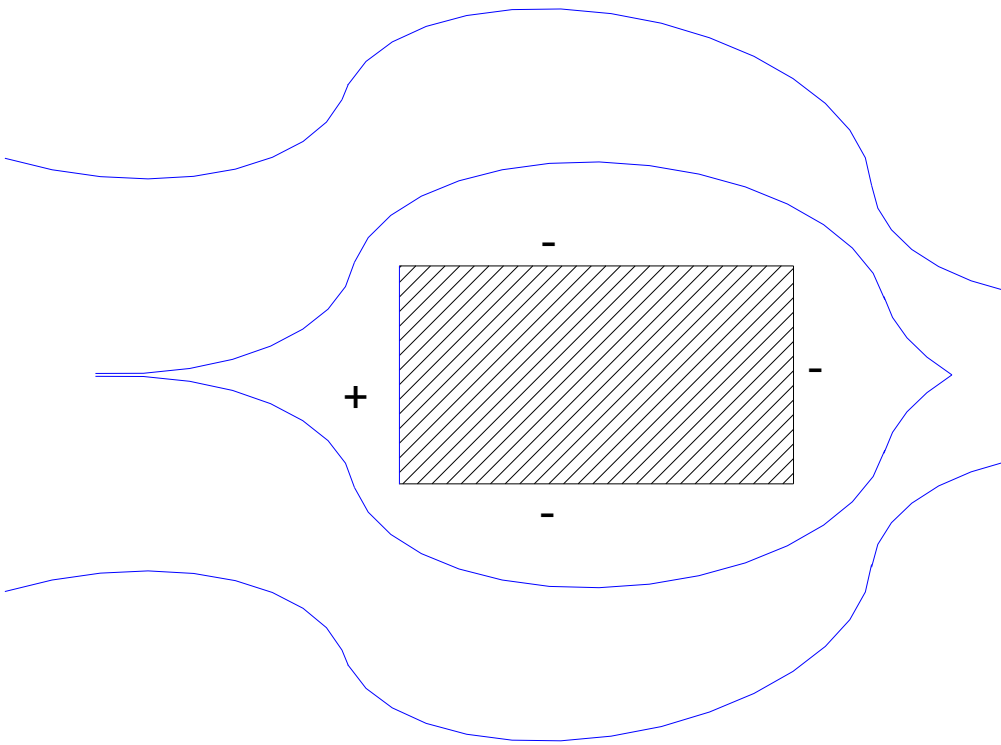
Extracción

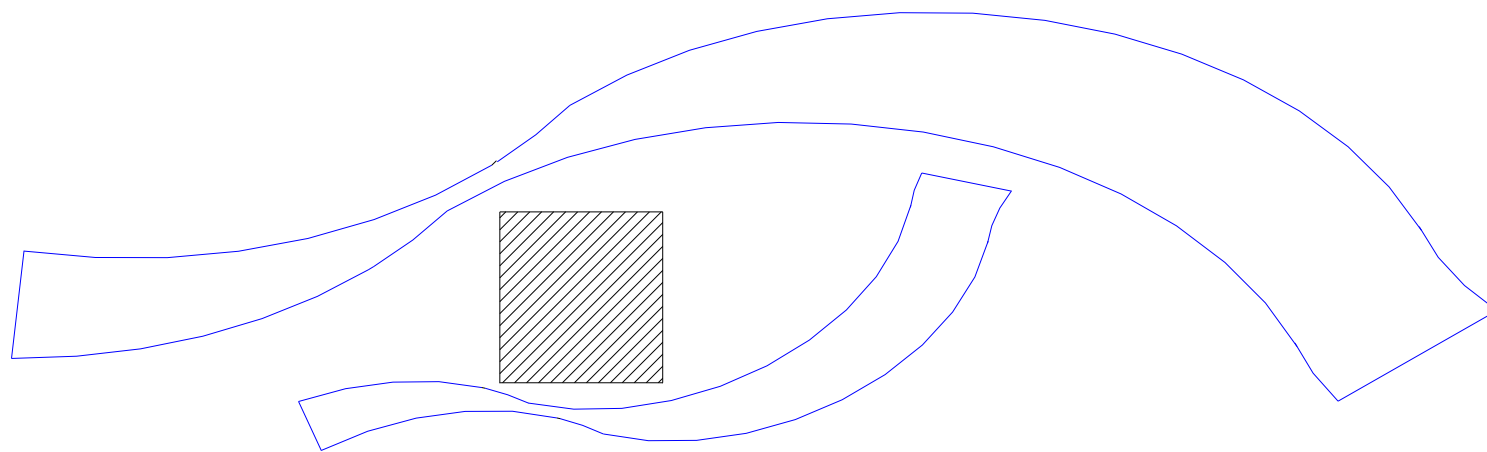
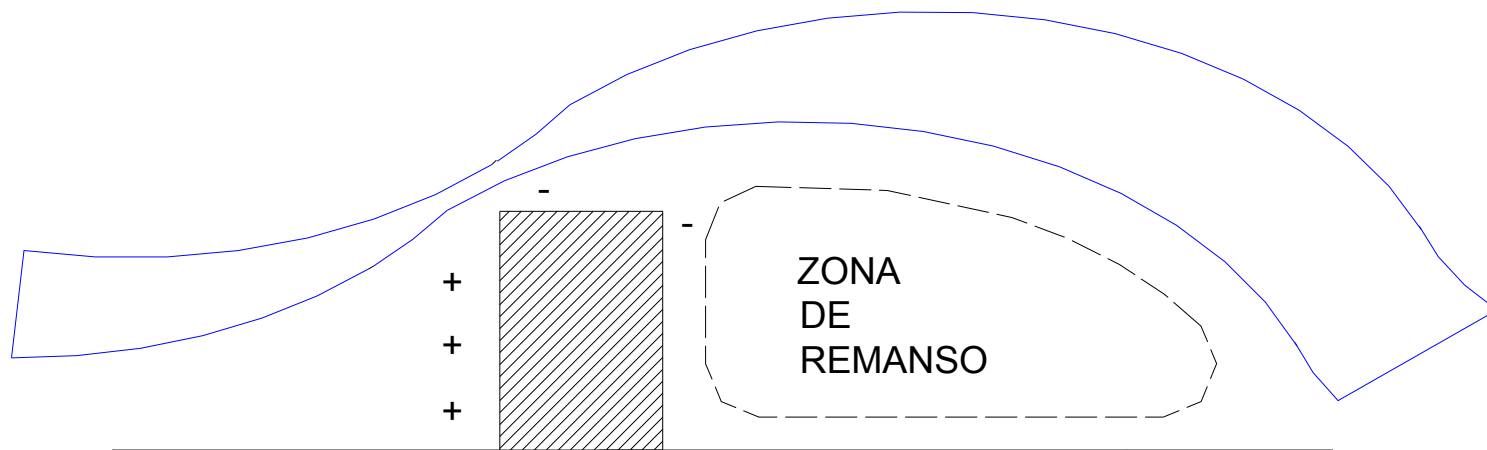
- C. Recalentamiento en fachada
- D. Recalentamiento en cubierta
- E. Chimenea solar
- F. Extracción por viento

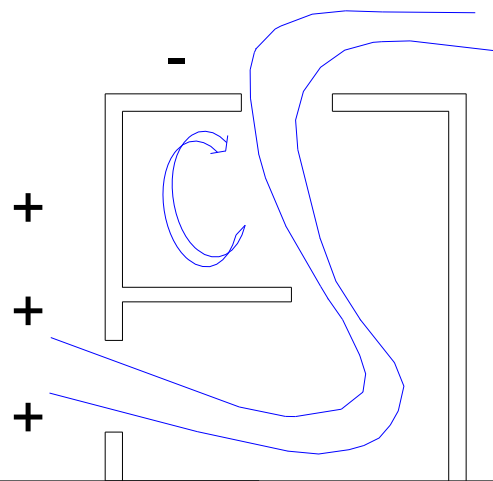
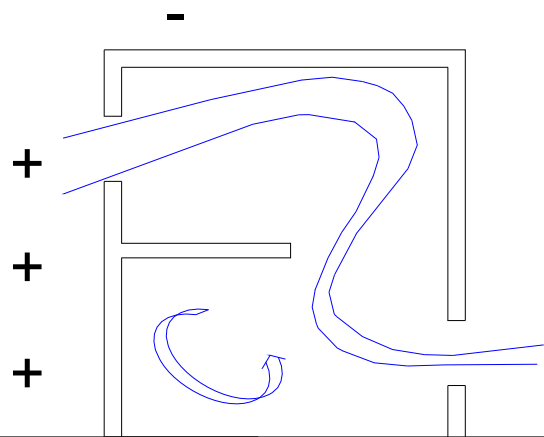
Inducción

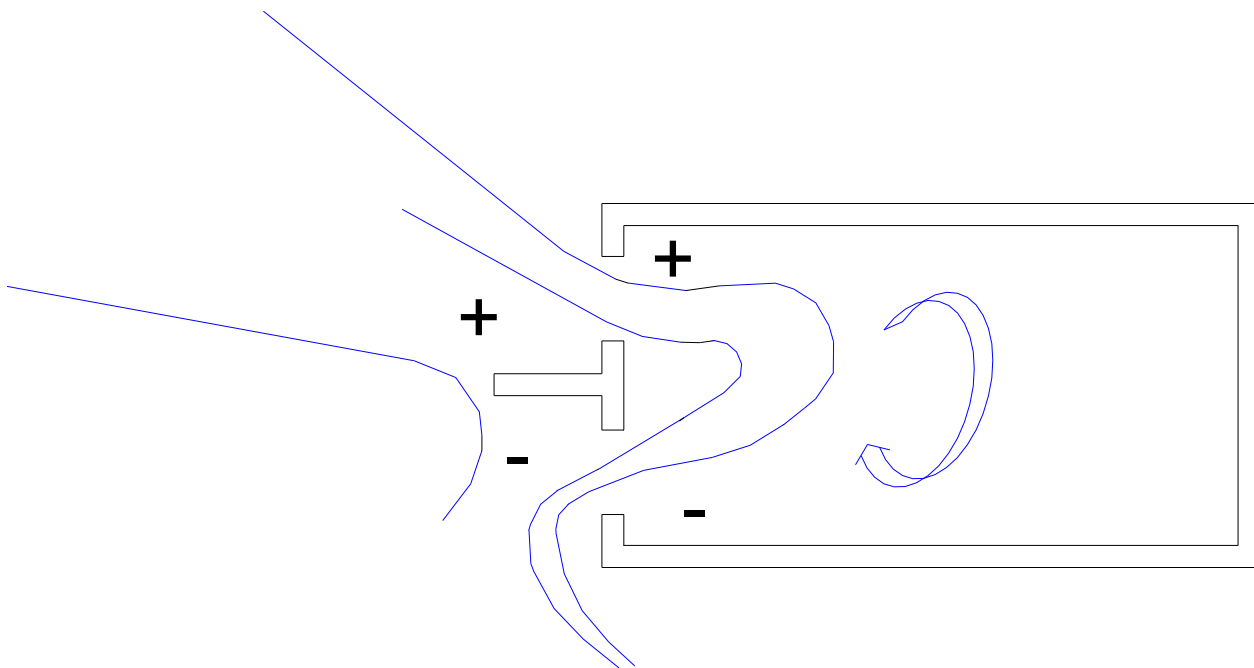
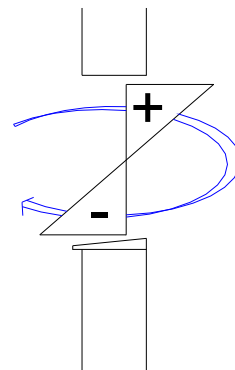
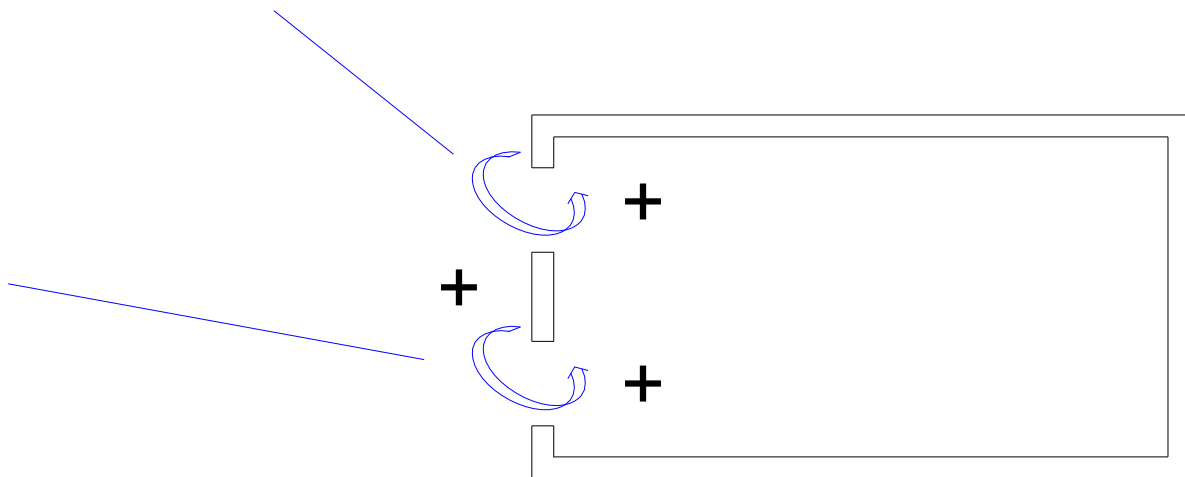
- G. Chimenea de viento

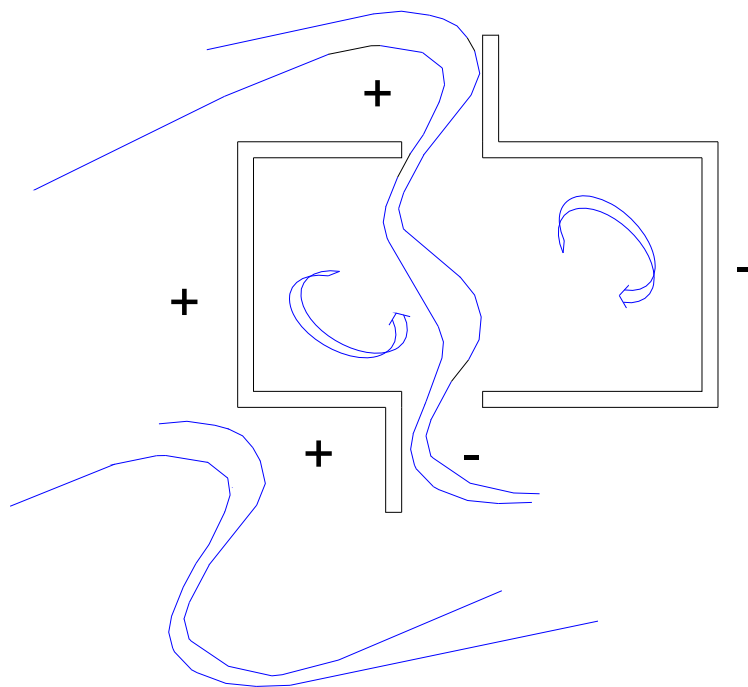
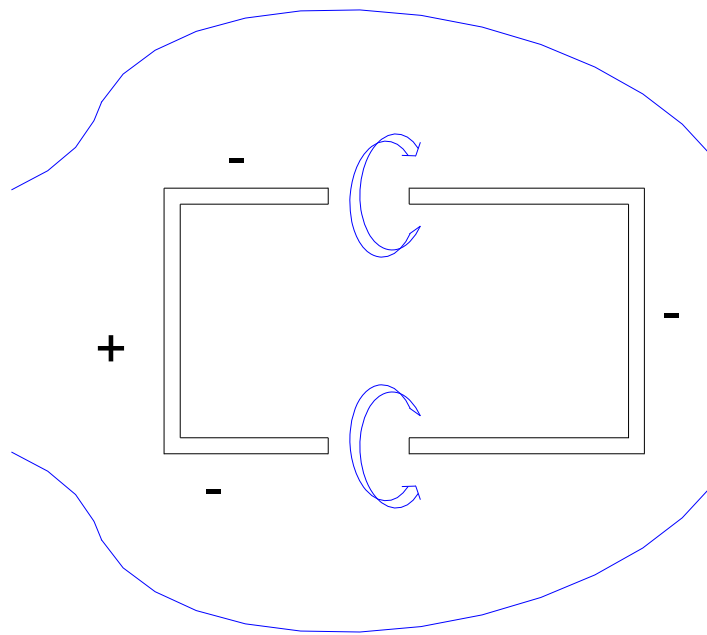
Ventilación natural pura







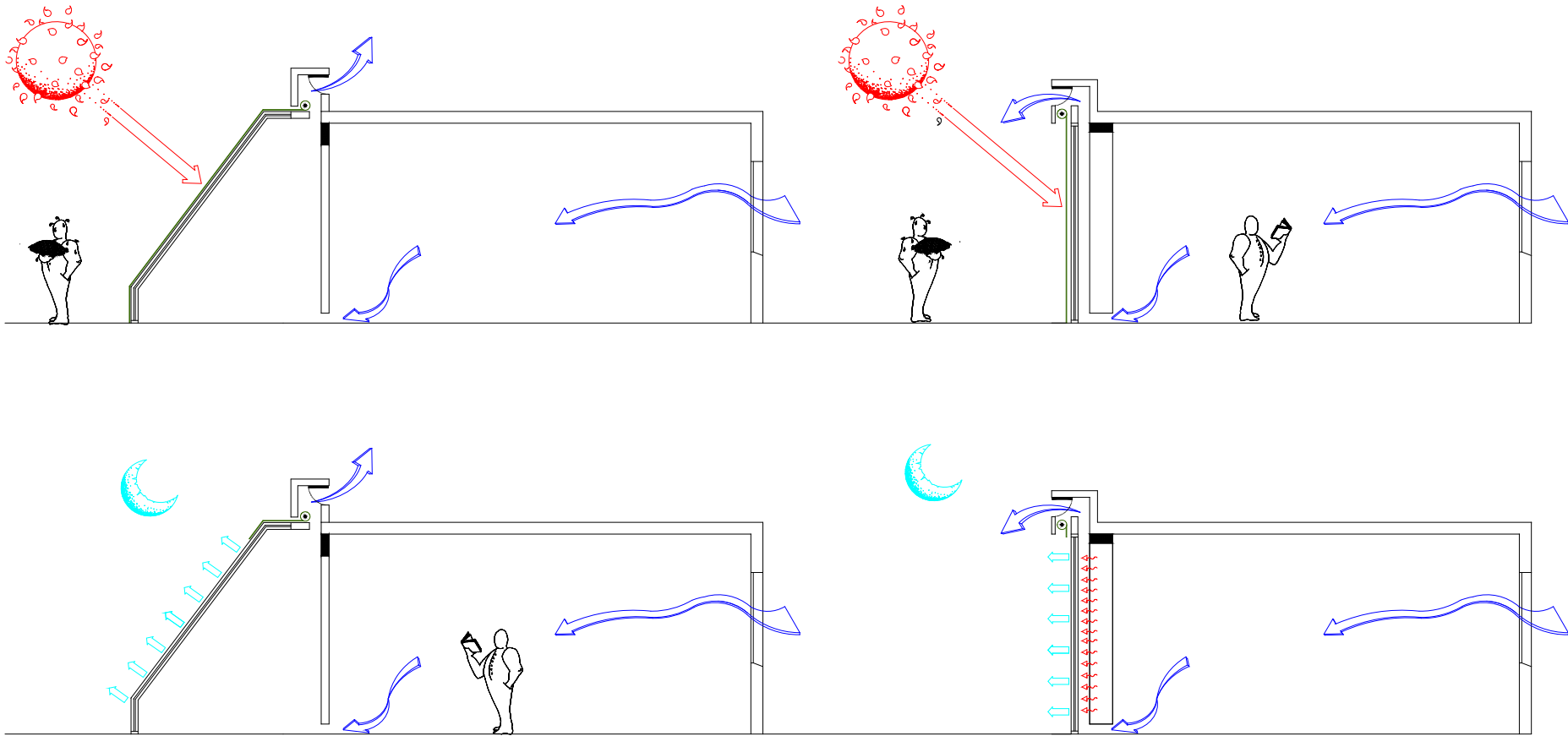




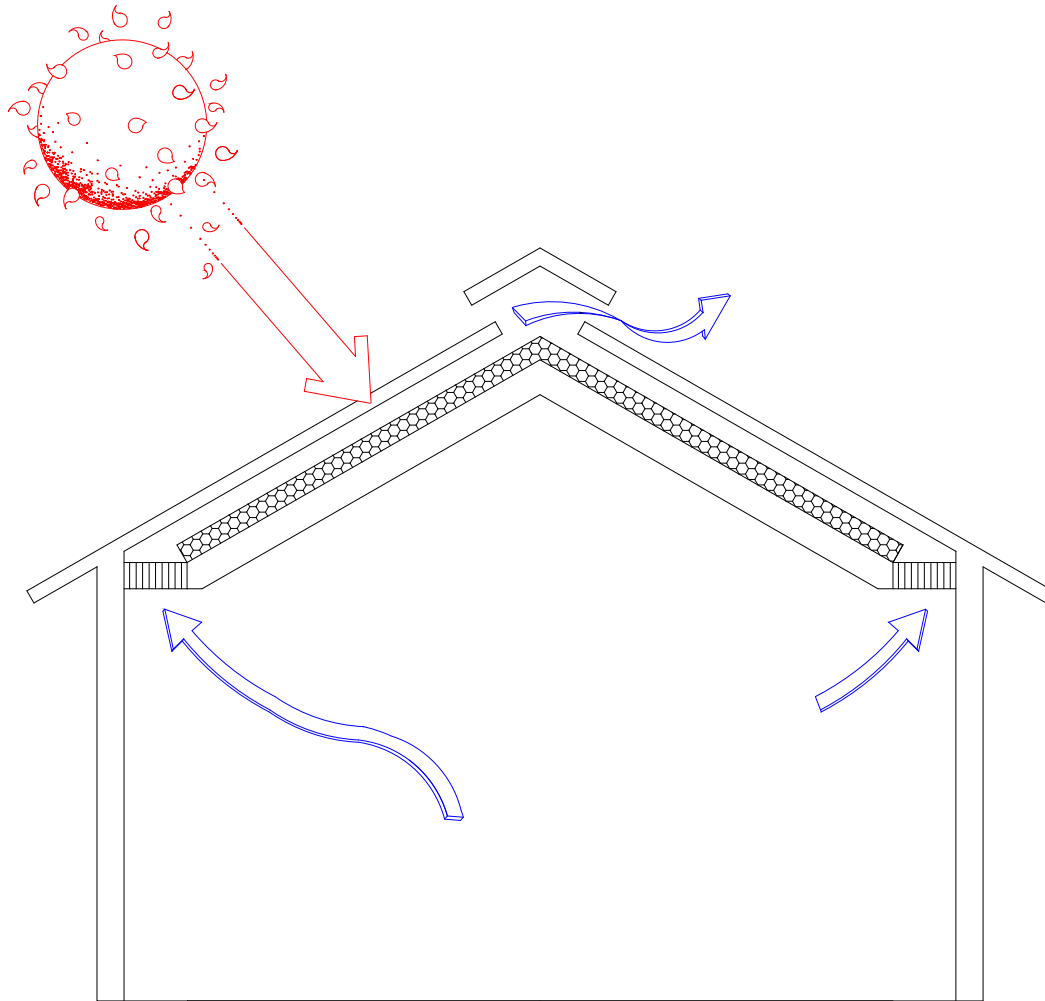
Ventilación forzada natural

- ◆ Recalentamiento en fachada
- ◆ Recalentamiento en cubierta
- ◆ Chimenea solar
- ◆ Extracción por viento

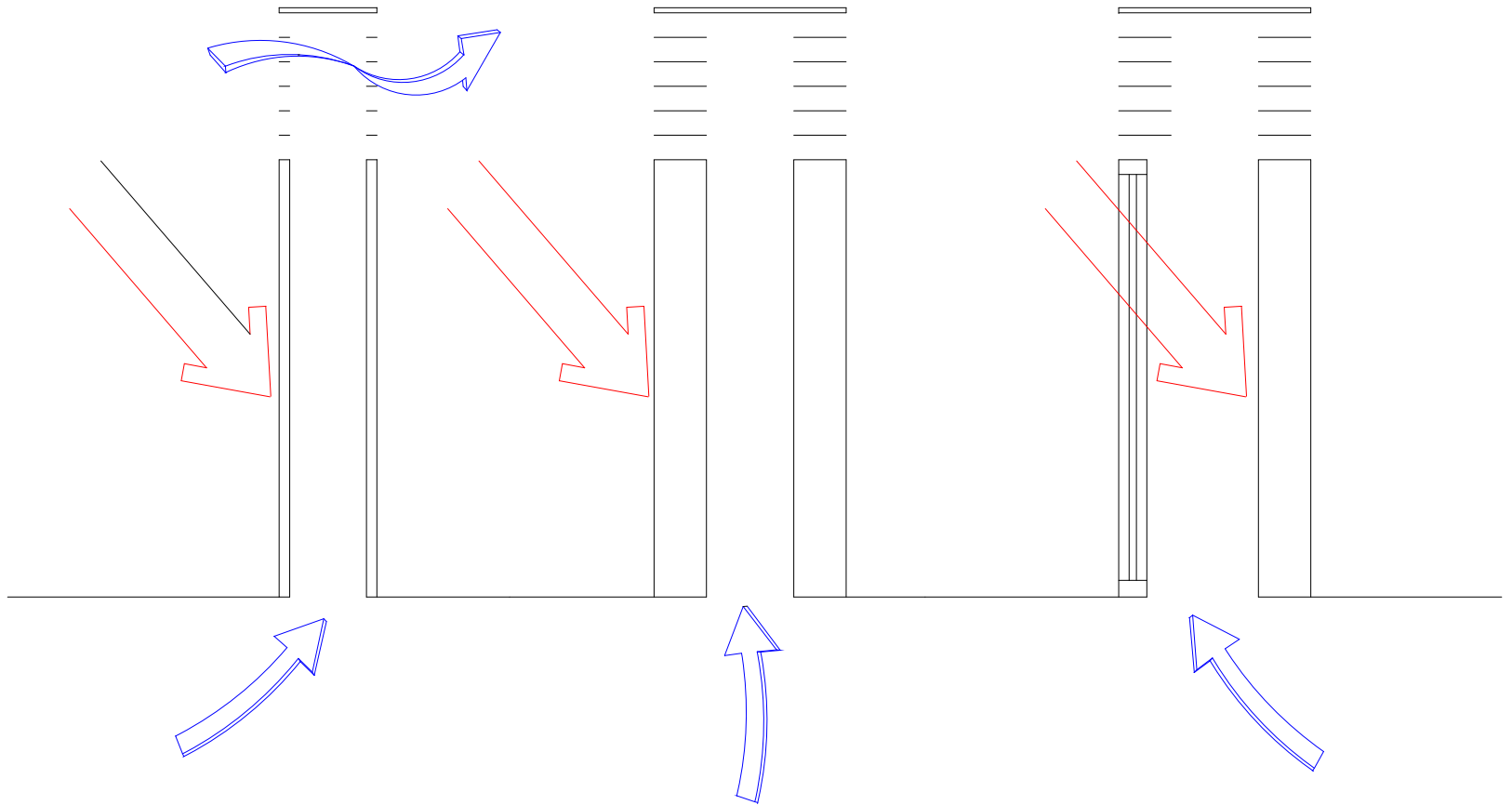
Recalentamiento en fachada



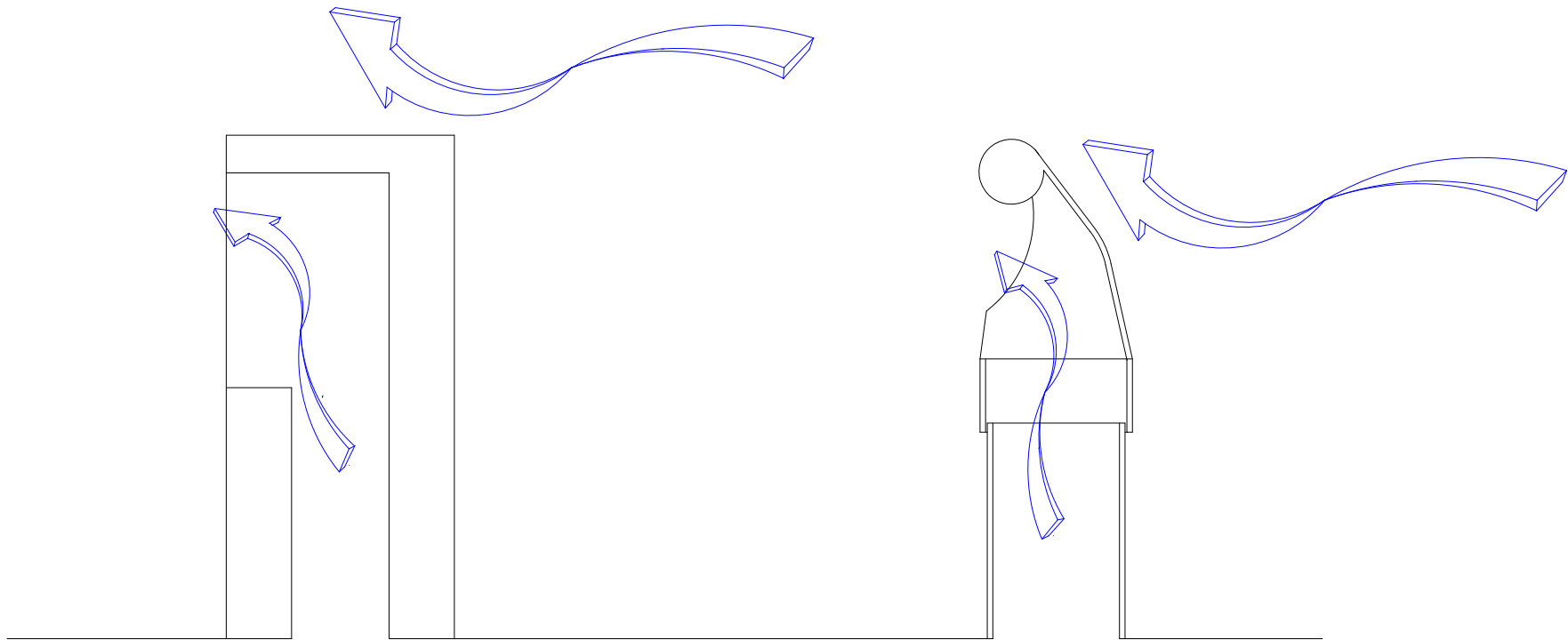
Recalentamiento en cubierta



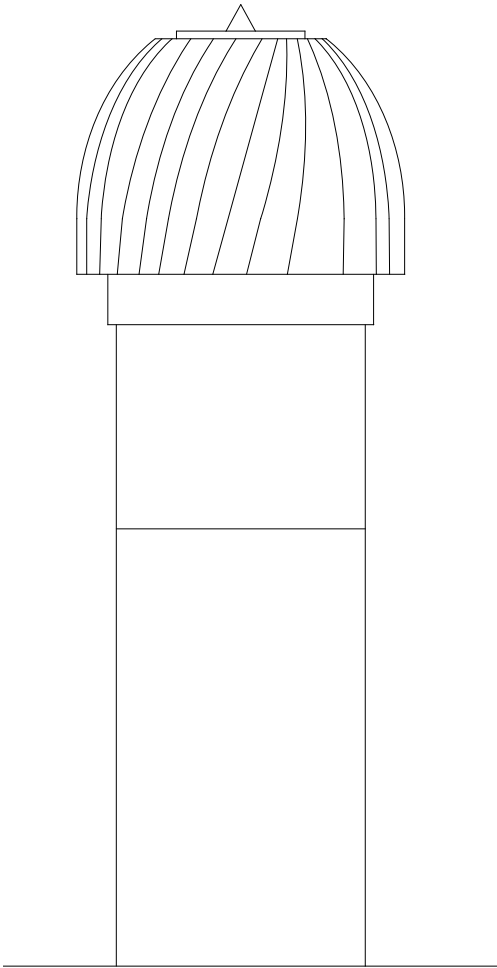
Chimenea solar

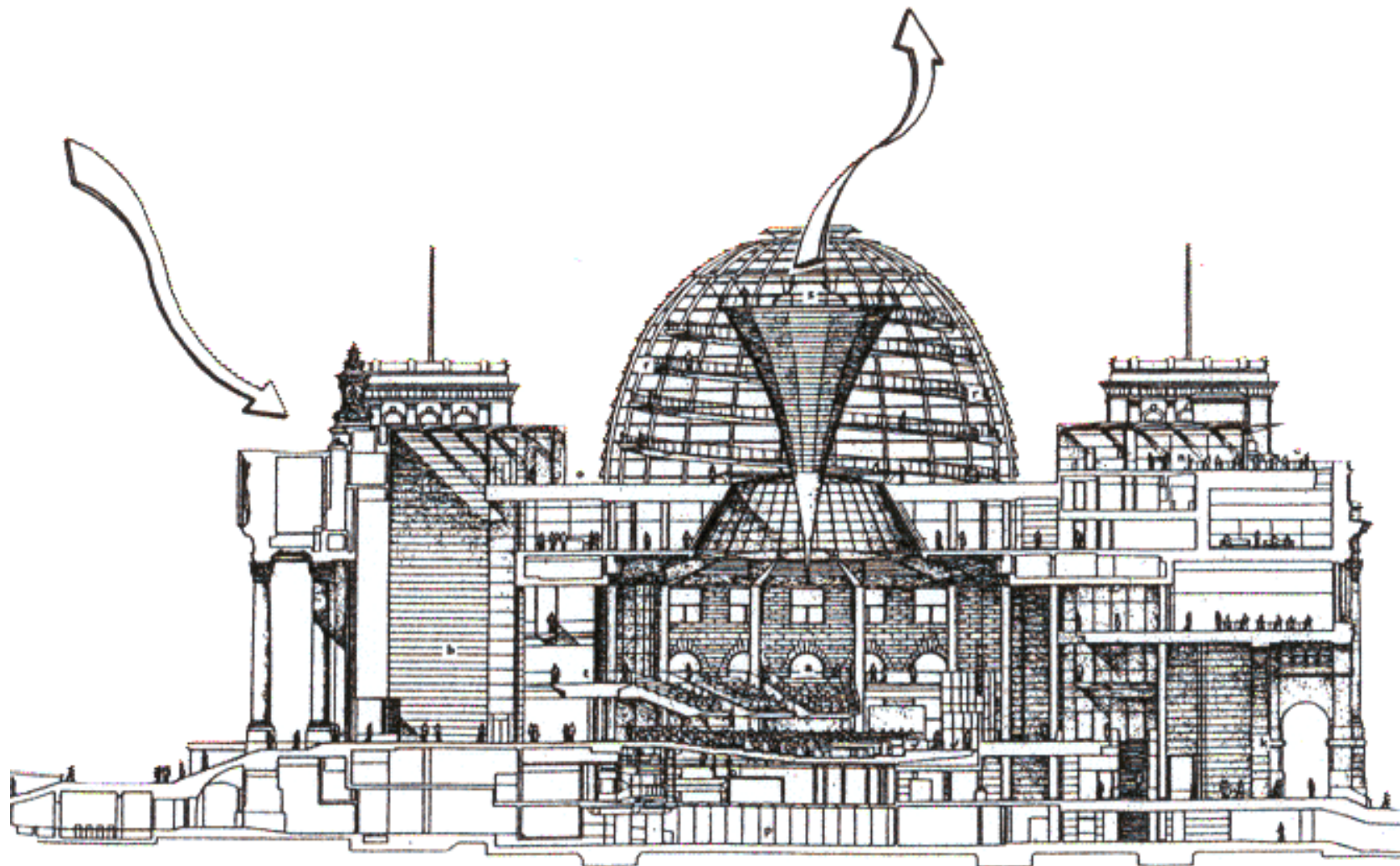


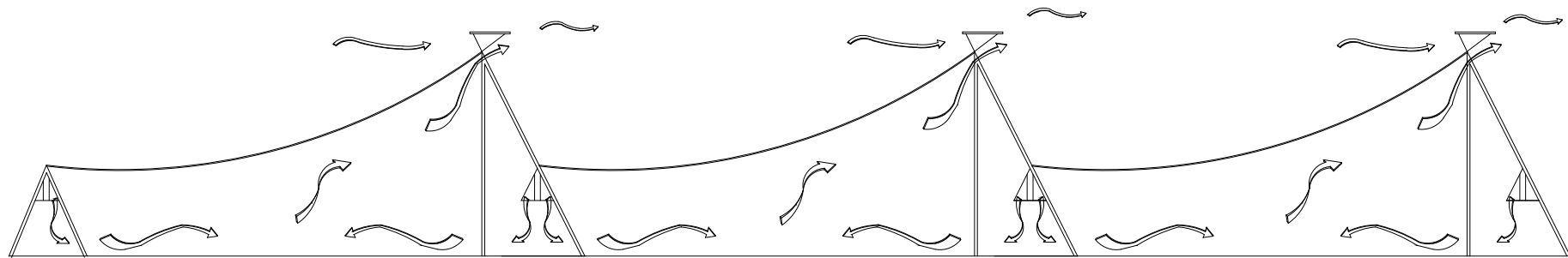
Extracción por viento



Extracción por viento



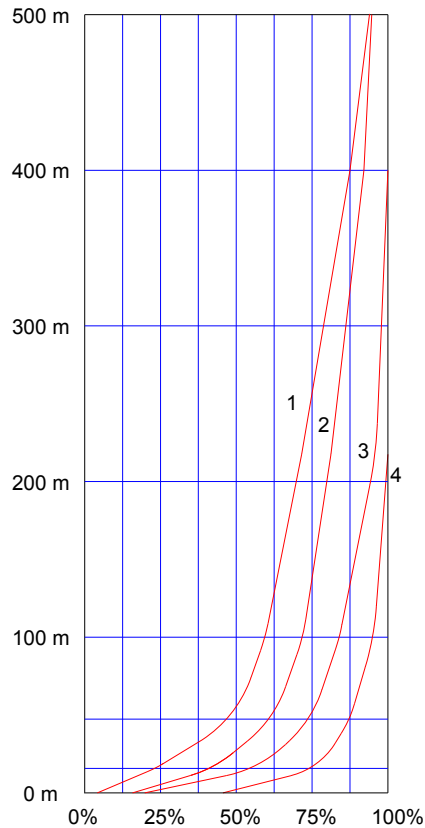




Ventilación inducida

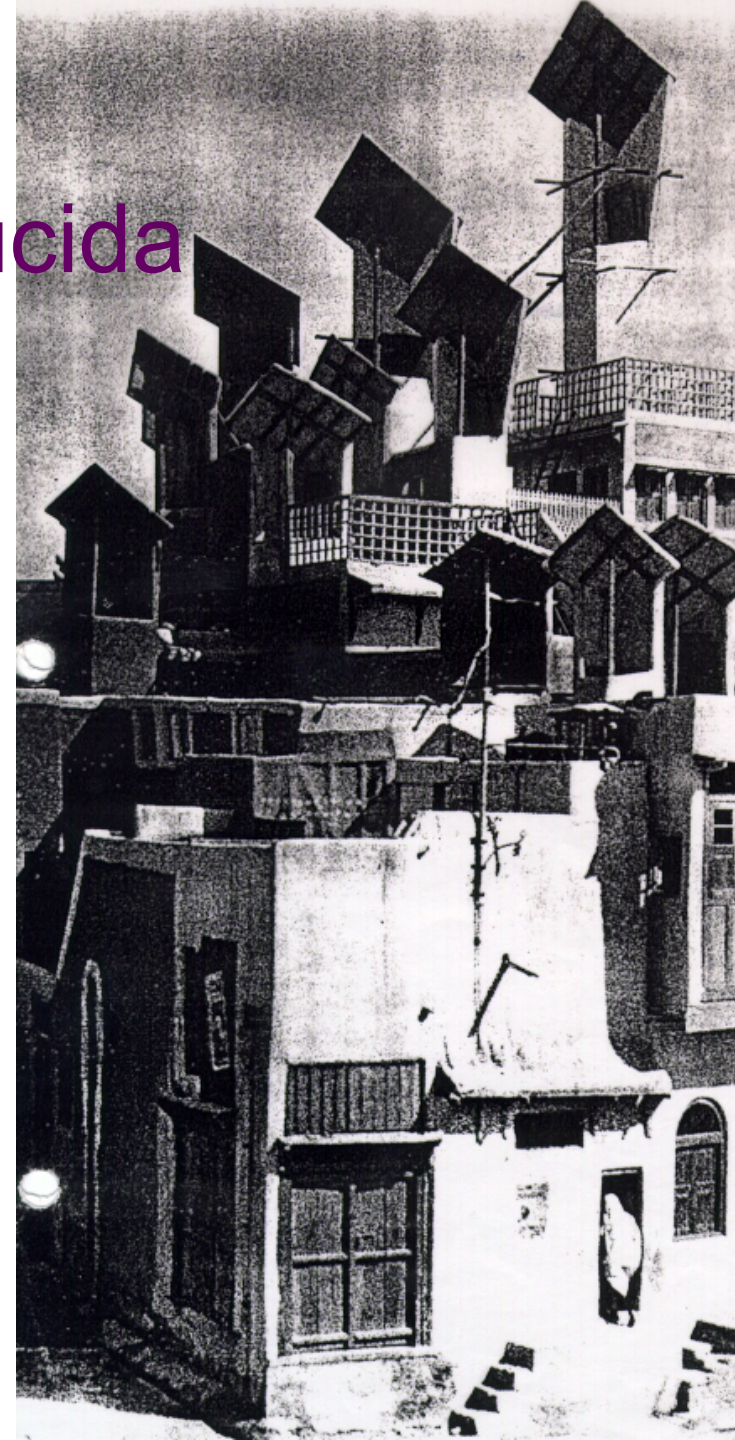
Chimeneas de viento

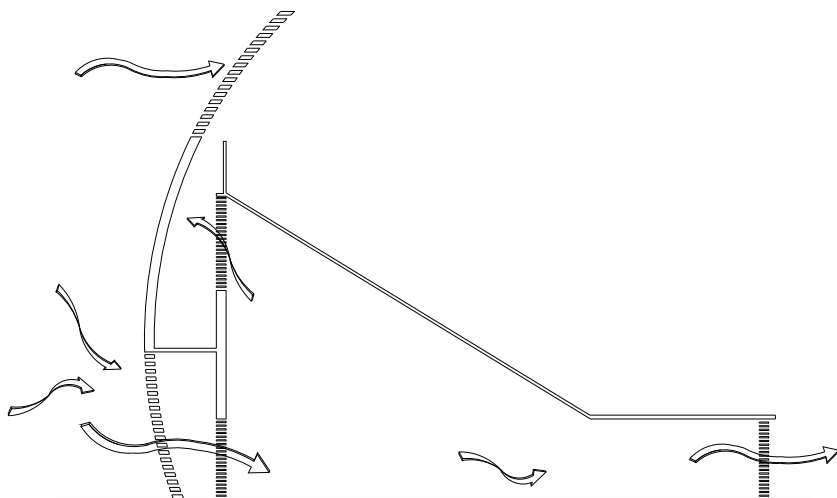
Altura sobre el suelo



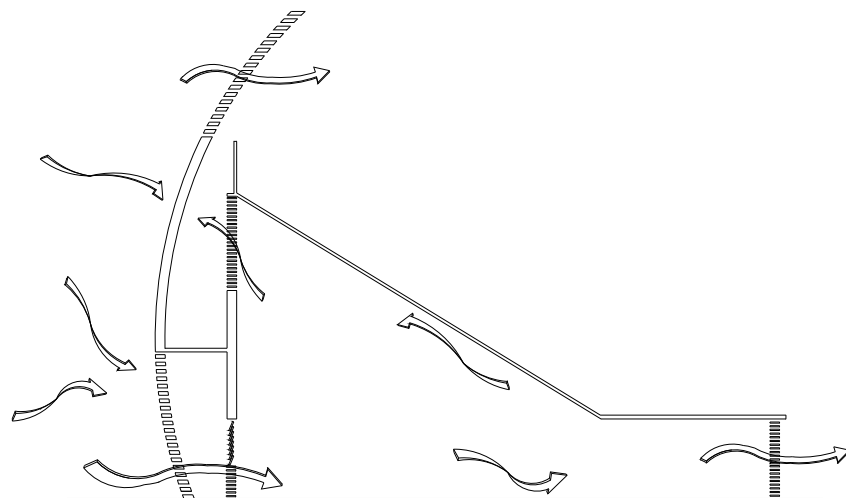
- 1 En centros urbanos
- 2 En bosques o en zonas
- 3 En campo abierto
- 4 En mar abierto

Porcentaje de la velocidad del aire sobre la máxima

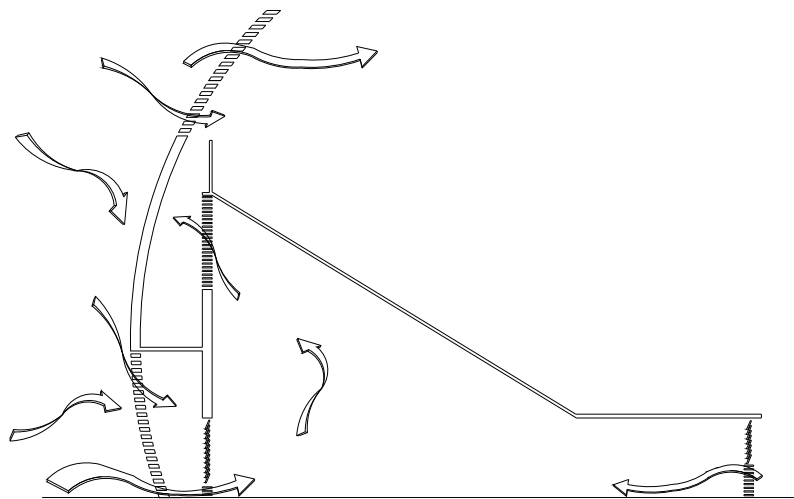




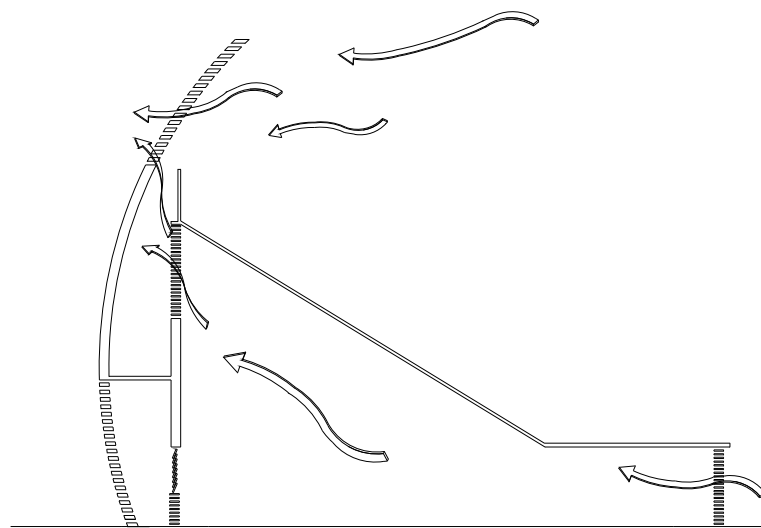
Velocidad moderada del viento
menos de 3 m/s



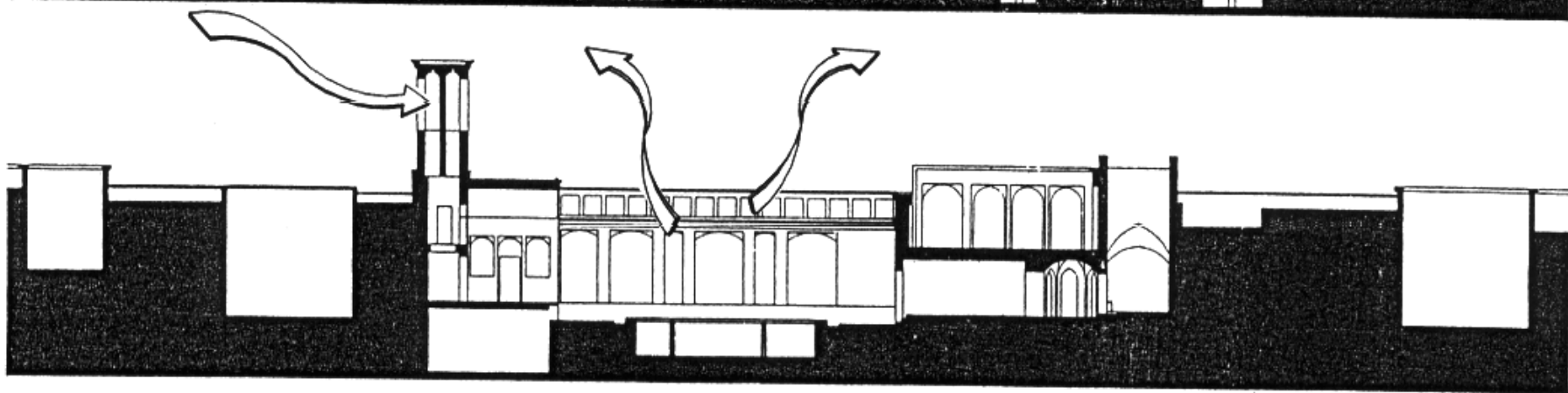
Velocidad media del viento
hasta 10 m/s



Velocidad elevada del viento
más de 10 m/s



Vientos en sentido contrario



Actuaciones directas de enfriamiento

Enfriamiento evaporativo

- Parques y jardines

- Inducción de aire por masas de agua

Enfriamiento radiante

- Techos fríos

- Cubiertas húmedas

- Patios

- Fachadas radiantes

Enfriamiento conductivo

- Superficies frías

- Conductos enterrados

- Construcciones enterradas

Enfriamiento convectivo

- Ventilación nocturna

Enfriamiento evaporativo

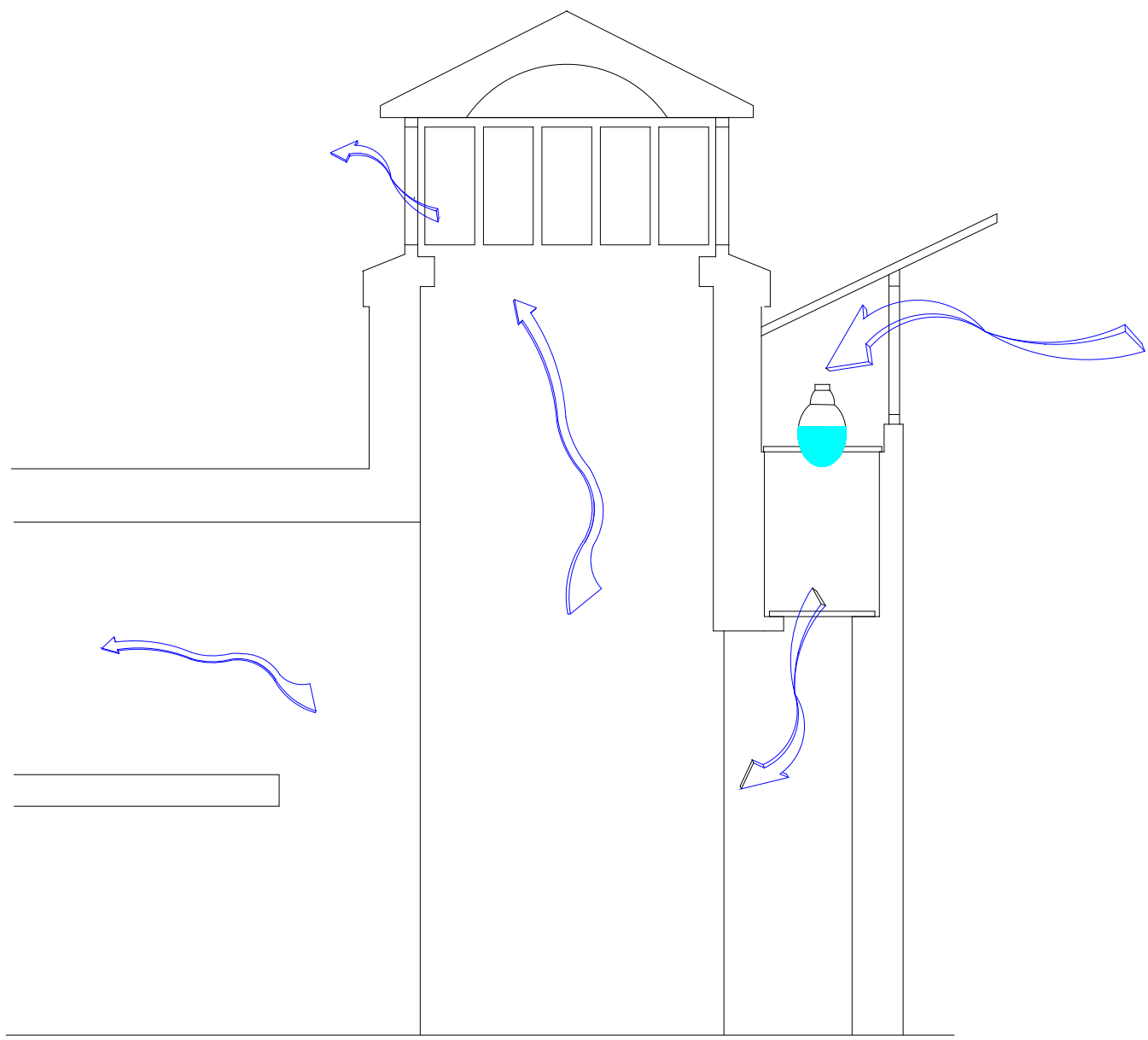
Para evaporar un gramo de agua son necesarios 2424 J
Aplicados a un metro cúbico de aire son suficientes para bajar su temperatura en 2,2 °C

1 g/s = 2424 J/s = 2424 W (2,42 kW de potencia de enfriamiento)

En un local con una carga de refrigeración de 100 W/m²:
24 m²

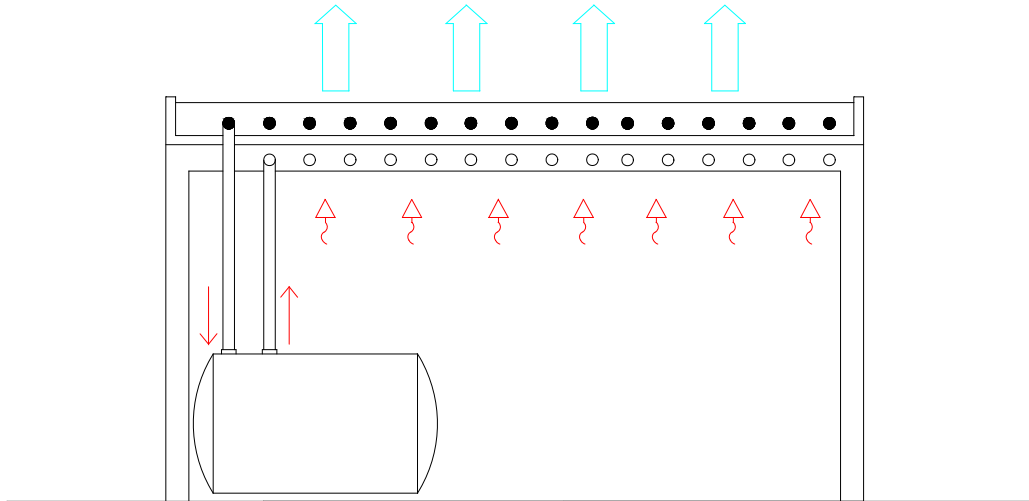
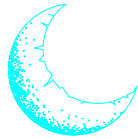
En un local con una carga de refrigeración de 40 W/m²:
60 m²

En un local con una carga de refrigeración de 20 W/m²:
120 m²



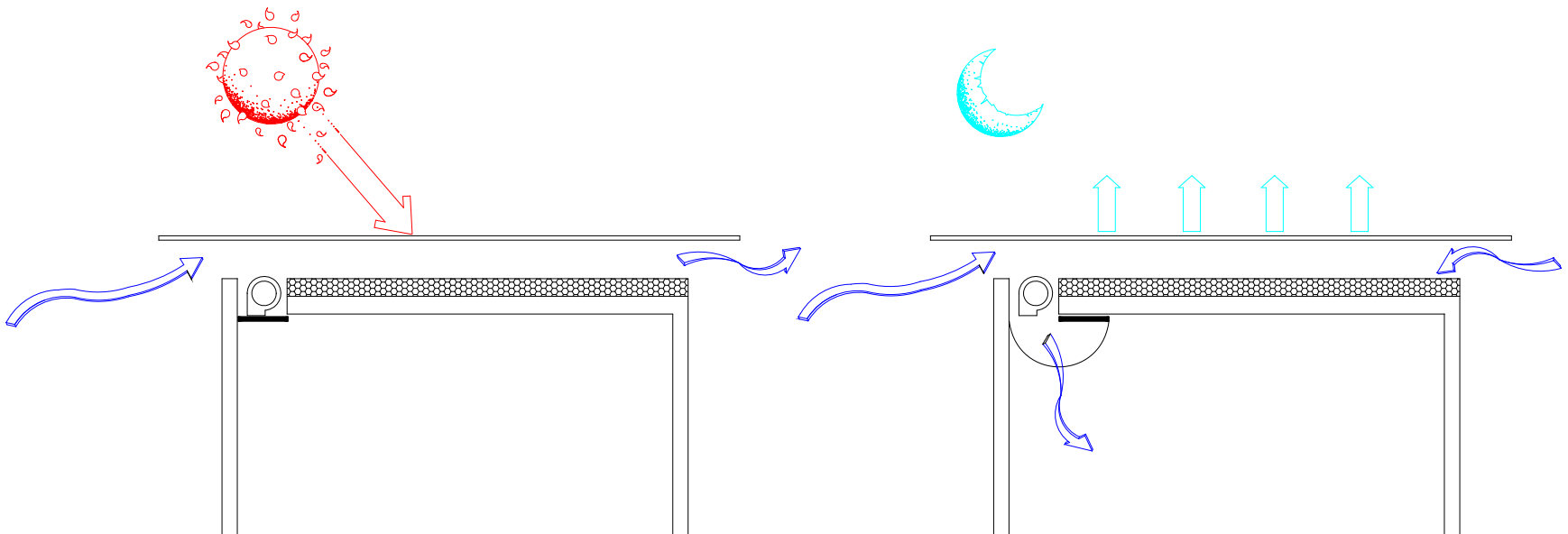
El enfriamiento radiante

Potencia de reirradiación = Radiación + Convección - Recuperación

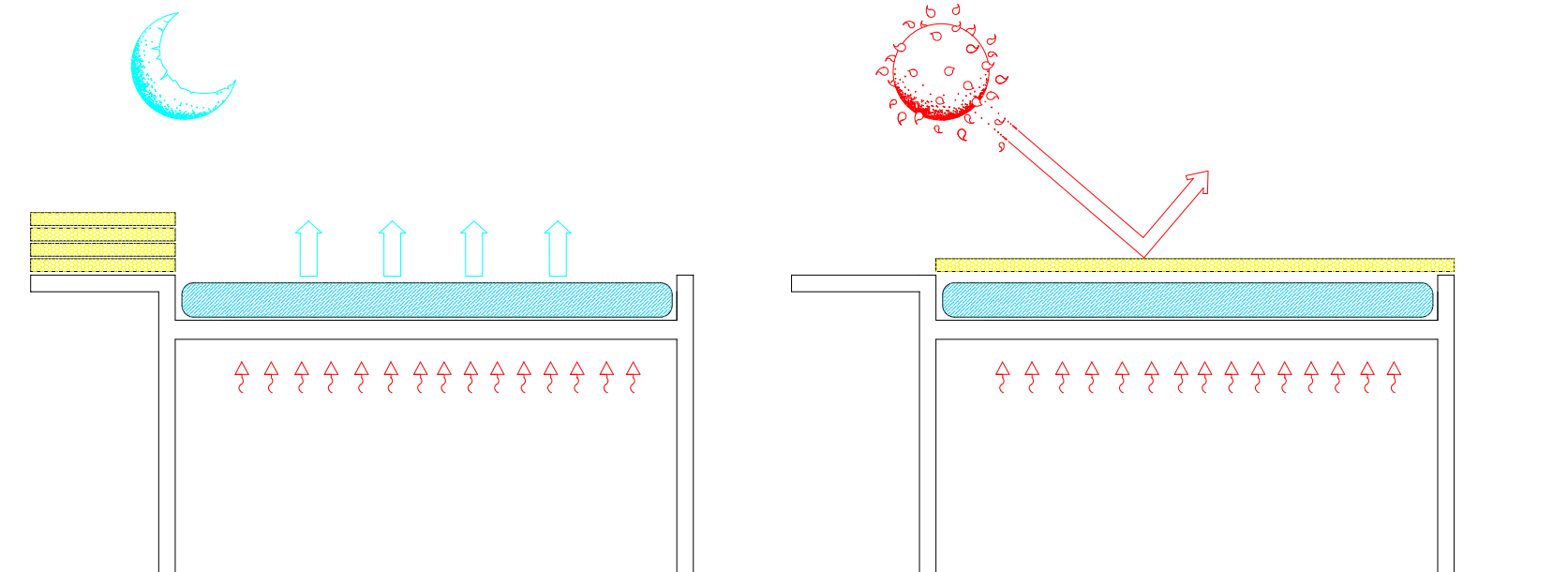


El enfriamiento radiante

$$P_{\text{reirradiación}} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 + h_e \cdot (T - T_e) - 0,5 \cdot \sigma \cdot T_e^4$$



Cubiertas húmedas



Cubiertas húmedas

$$85 \text{ W/m}^2$$

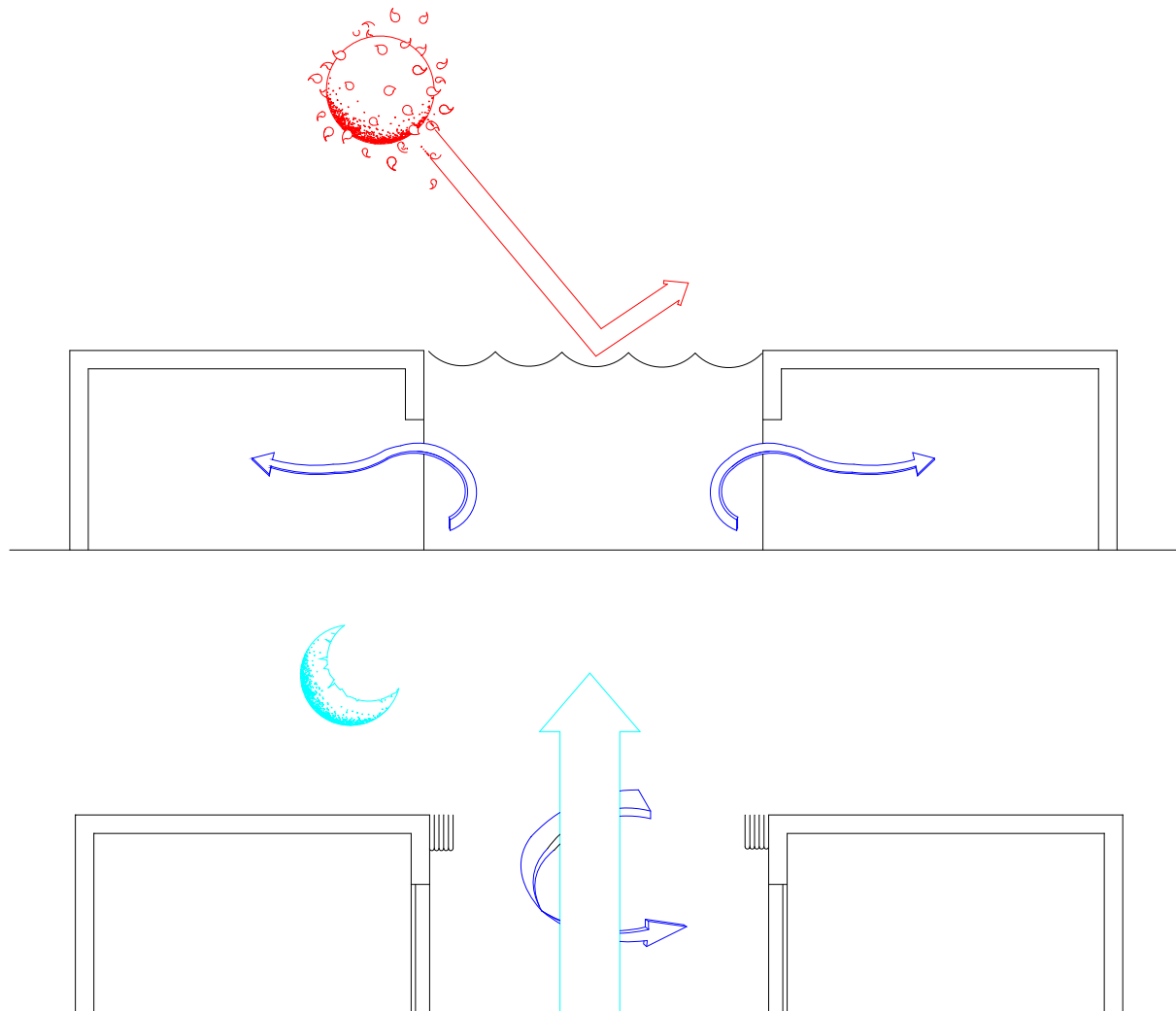
$$E = 8 \cdot 85 = 680 \text{ Wh/m}^2$$

$$M_T = V \cdot \rho \cdot C_e$$

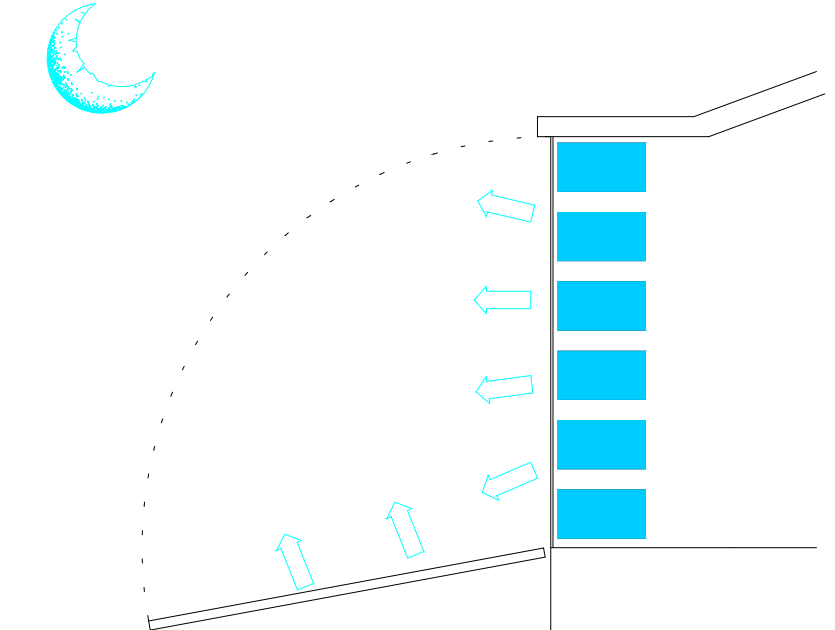
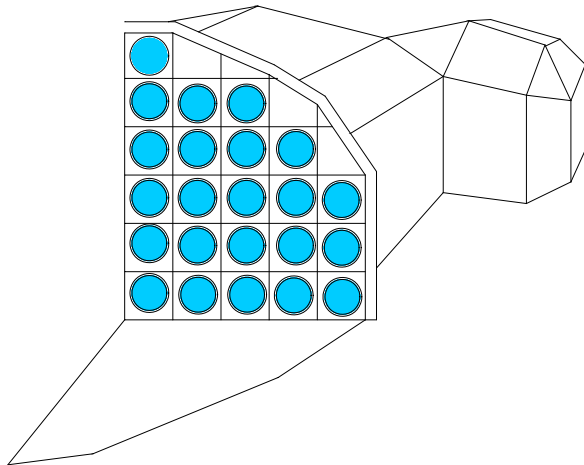
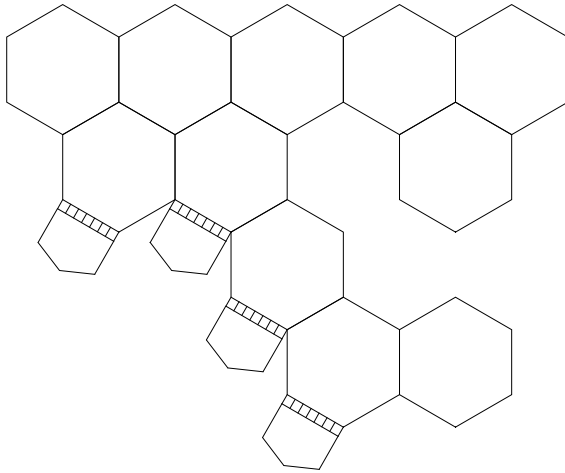
$$M_T = 200 \text{ l/m}^2 \cdot 1 \text{ kg/l} \cdot 4180 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} = \\ 836000 \text{ J/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} (232,22 \text{ Wh/m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$\Delta t = \frac{E}{M_t} = \frac{680}{232,22} = 2,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Patios



Fachadas radiantes

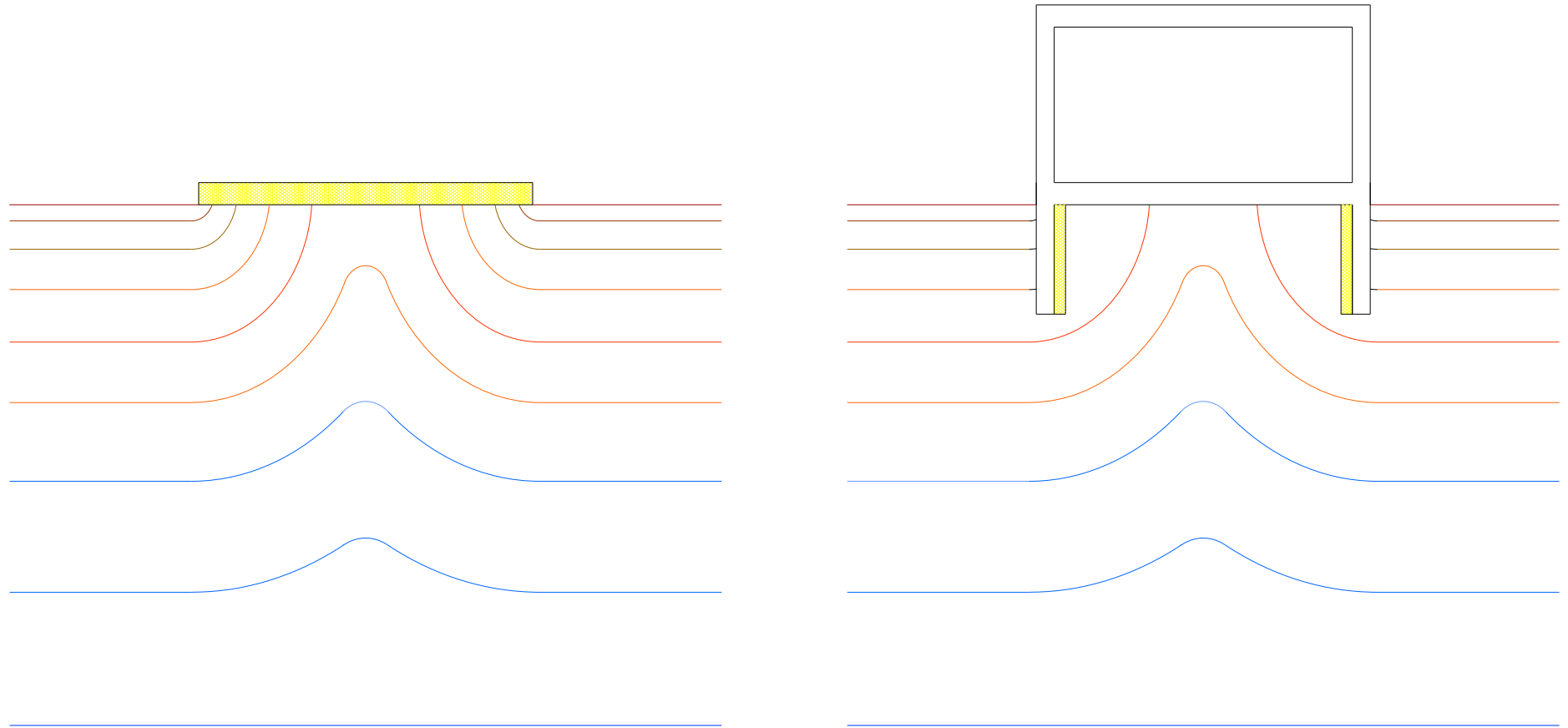


Enfriamiento conductivo

Superficies frías

Conductos enterrados

Superficies frías



Superficies frías

$$T_{PM} = \bar{T} + \Delta t \qquad \frac{\Delta t}{\Sigma R} = \frac{\Delta T}{R} \qquad \Delta t = \Sigma R \cdot \frac{(\bar{T}_{\text{año}} - \bar{T})}{R}$$

$$T_{PM} = \bar{T} + (R_a + R_t) \cdot \frac{\Delta T}{R} \qquad T_{PM} = \bar{T} + \left(\frac{d}{\lambda_a} + \frac{(1-d)}{\lambda_t} \right) \cdot \frac{\Delta T}{R}$$

$$\frac{\Delta T}{R} = \frac{\Delta T}{\frac{L}{\lambda_t}} = \lambda_t \cdot \frac{\Delta T}{L} = \lambda_t \cdot \frac{(\bar{T}_{\text{año}} - \bar{T})}{\approx 12}$$

Superficies frías

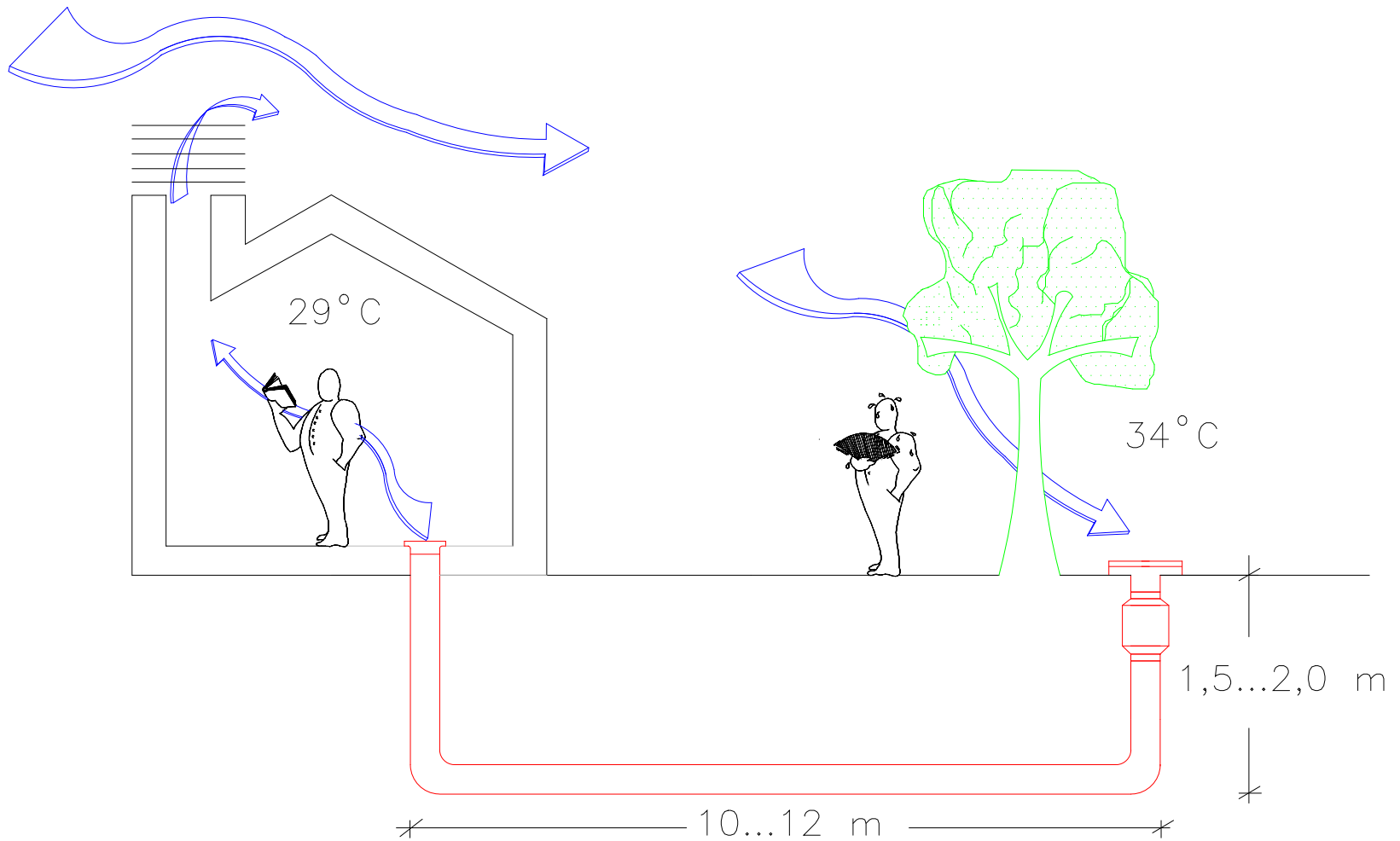
Enero: $+ \lambda_t \cdot \frac{10}{12}$

Julio: $- \lambda_t \cdot \frac{9}{12}$

Enero: $T_{PM} = 5 + \left(\frac{0,20}{0,030} + 0 \right) \cdot 1,47 \cdot \frac{10}{12} = 13,17 \text{ } ^\circ\text{C}$

Julio: $T_{PM} = 24 - \left(\frac{0,20}{0,030} + 0 \right) \cdot 1,47 \cdot \frac{9}{12} = 16,65 \text{ } ^\circ\text{C}$

Conductos enterrados



Ejemplo de cálculo

Diámetro del conducto: $D = 300 \text{ mm (0,3 m)}$

Sección del conducto: $S = \pi \cdot r^2 = 0,071 \text{ m}^2$

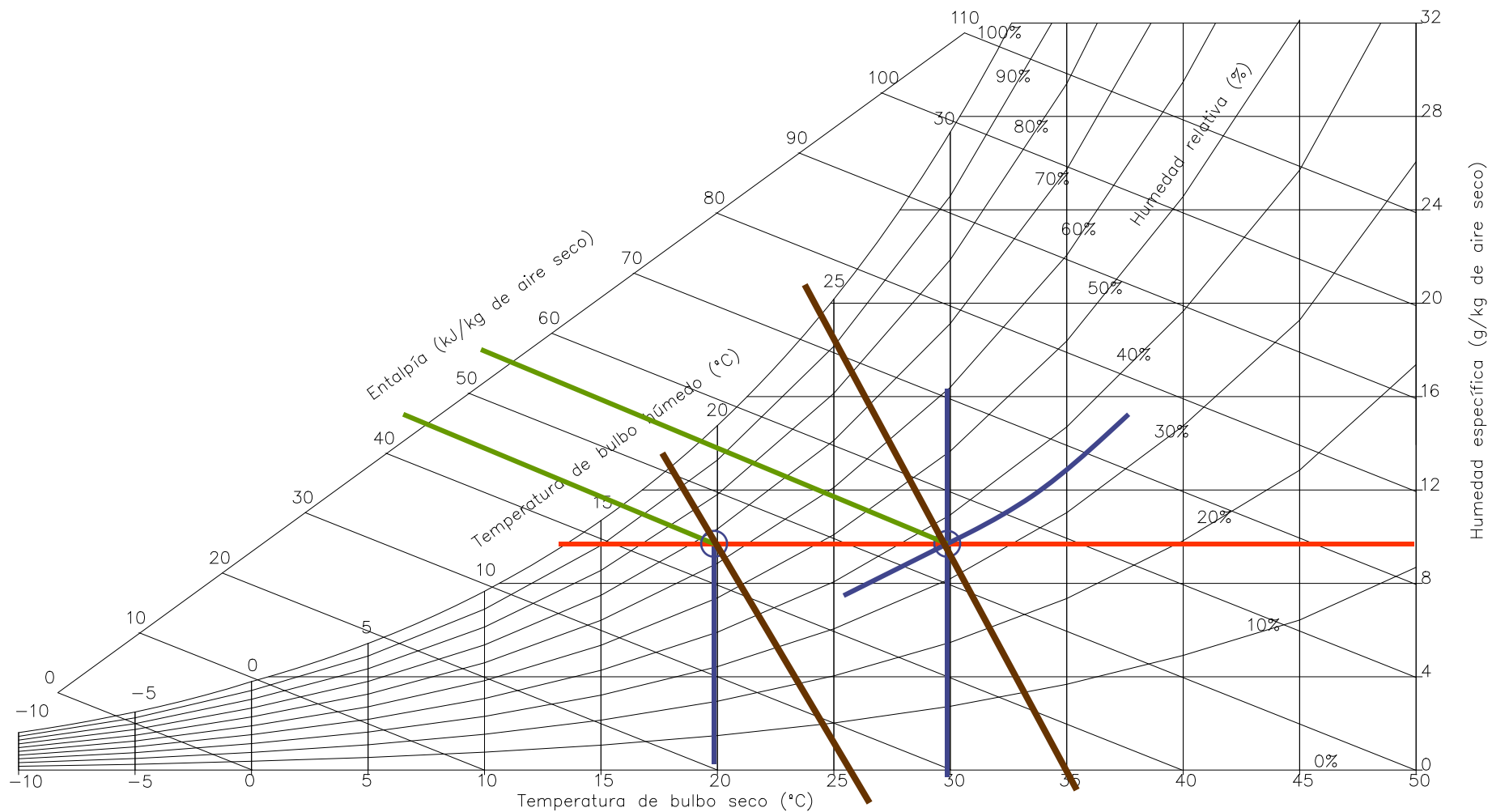
Velocidad de circulación del aire: $v_a = 2 \text{ m/s}$

Caudal de aire circulando por el conducto: $C = S \cdot v_a = 0,141 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\Lambda = \frac{1}{R_i} = \frac{\lambda}{\frac{D_e}{2} \cdot \ln \frac{D_e}{D_i}} = \frac{0,73}{0,16 \cdot \ln \frac{0,32}{0,30}} = 70,69 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + R_i} = \frac{1}{\frac{1}{14,6} + \frac{1}{70,69}} = 12,10 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$T_m = \frac{T_{\text{entrada}} + T_{\text{salida}}}{2} = \frac{30 + 20}{2} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$



Capacidad de enfriamiento del conducto

$$\frac{\Phi}{A} = U \cdot (T_m - T_t) = 12,10 \cdot (25 - 15) = 121,00 \text{ W/m}^2$$

La carga térmica por unidad de caudal que debe eliminar

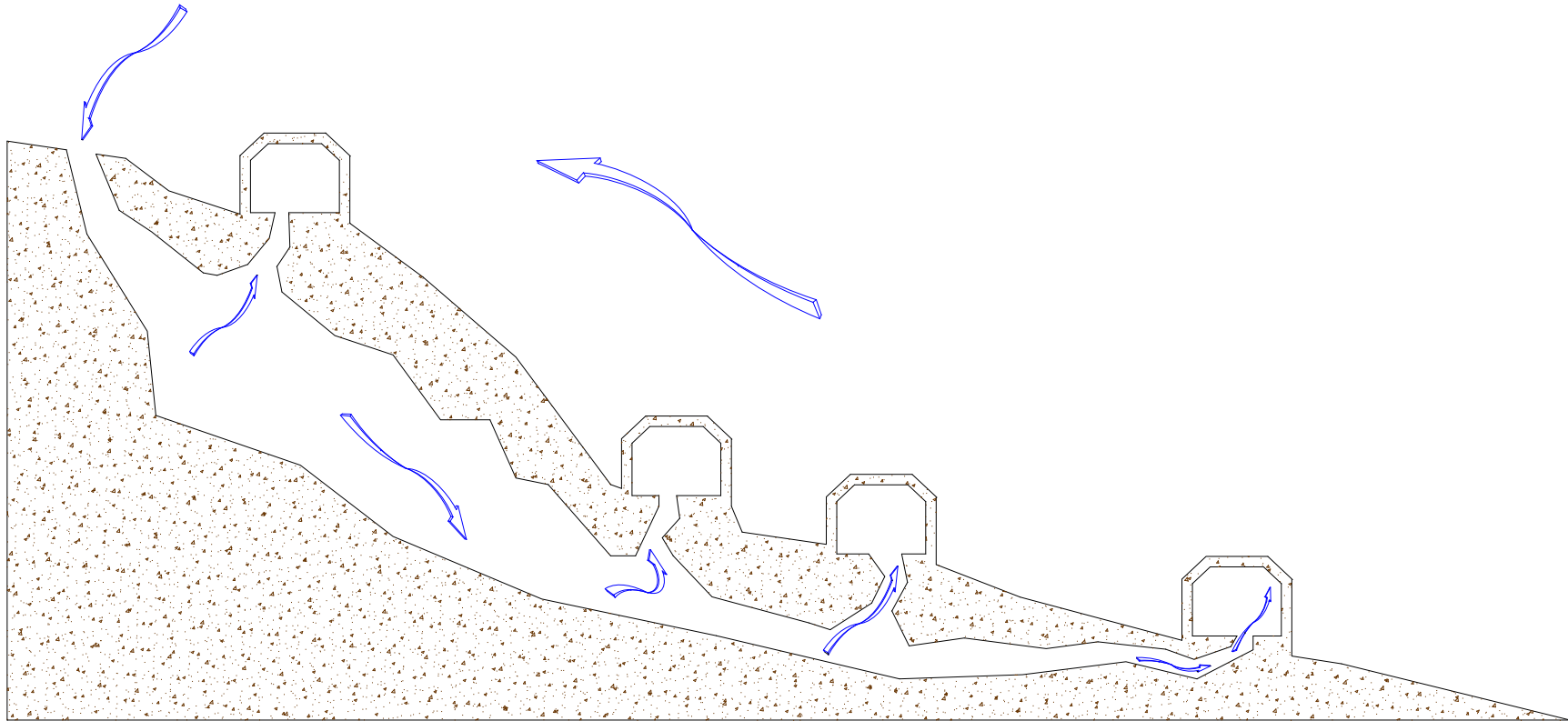
$$\left(\frac{i}{V_e} \right)_{\text{entrada}} - \left(\frac{i}{V_e} \right)_{\text{salida}} = \frac{55,46}{0,870} - \frac{41,63}{0,845} = 14,481 \text{ kJ/m}^3 = 14481 \text{ W} \cdot \text{s/m}^3$$

$$\frac{\text{Energía a eliminar x Caudal}}{\text{Capacidad de enfriamiento}} = \frac{14481 \times 0,141}{121} = 16,87 \text{ m}^2$$

Perímetro del conducto: 1,005 m

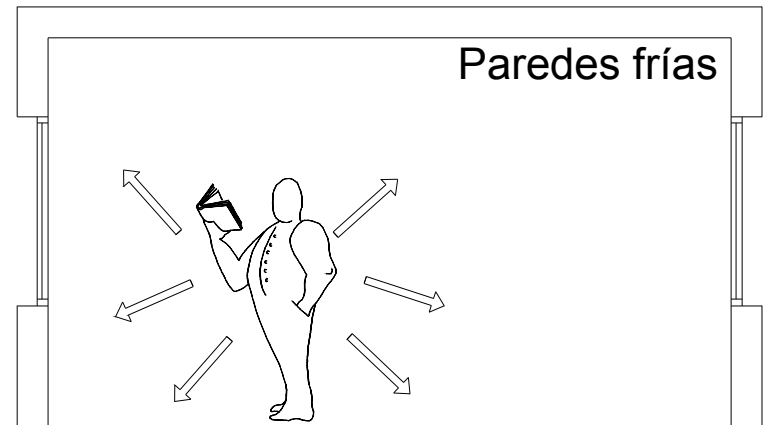
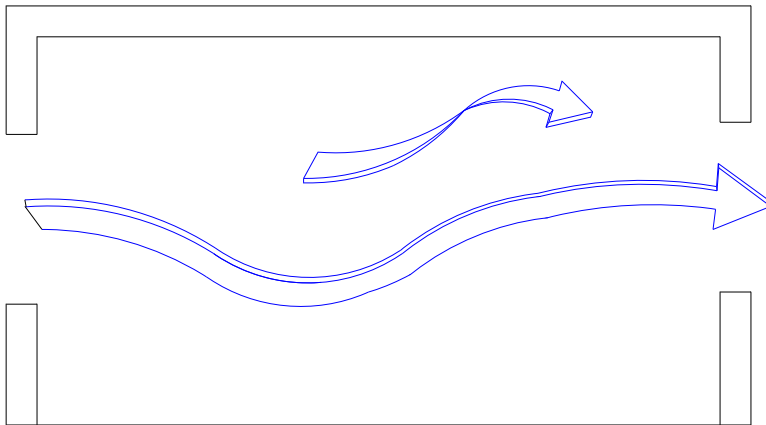
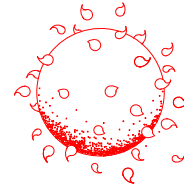
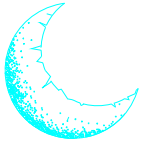
Longitud del conducto necesaria: $\frac{16,87}{1,005} = 16,79 \text{ m de longitud}$

Enfriamiento convectivo



Villas Costozza (Vicenza)

Enfriamiento convectivo



MASA E INERCIA TÉRMICA

LA ACUMULACIÓN DE LA ENERGÍA

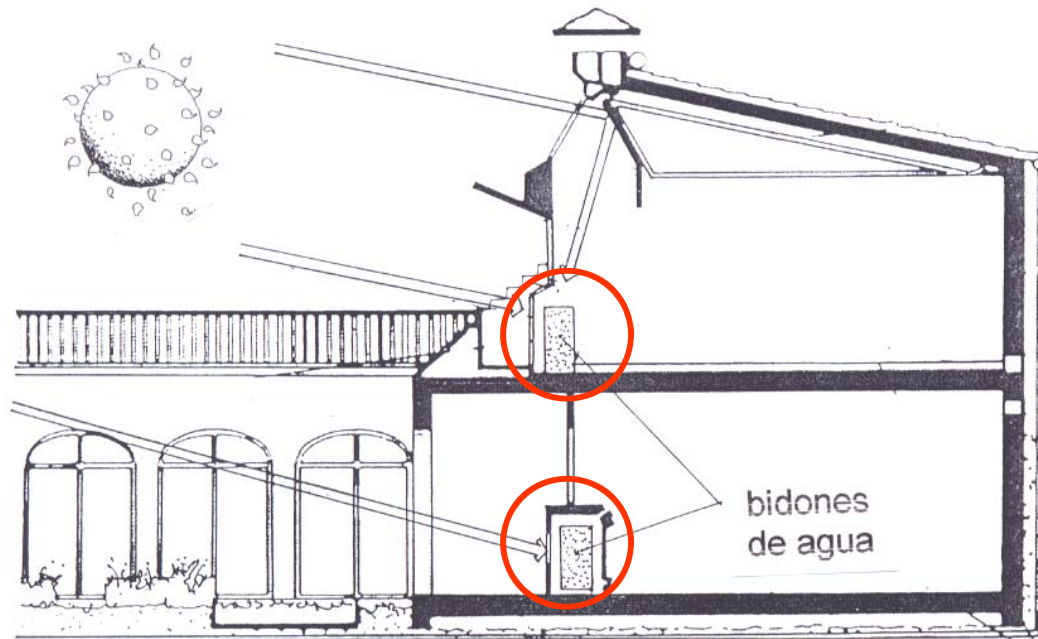
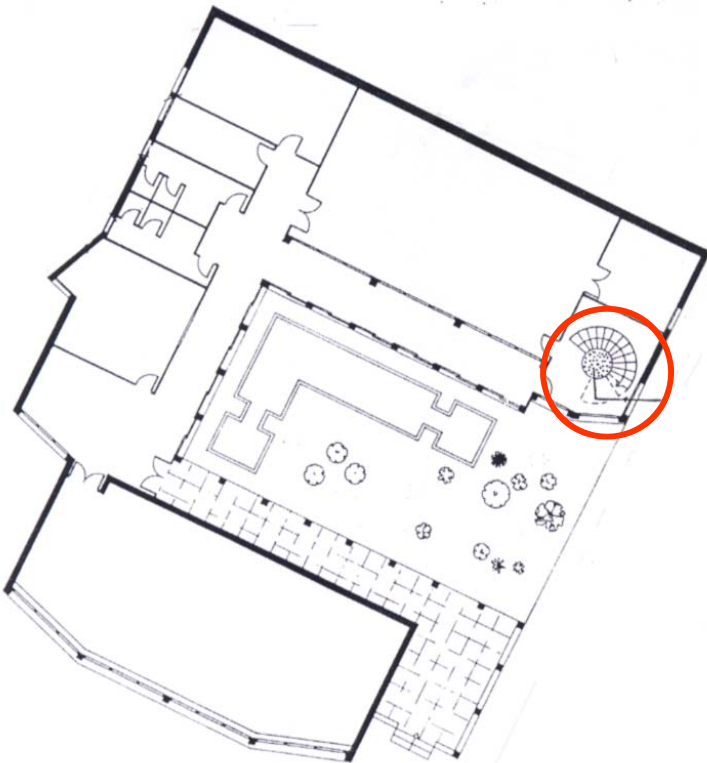
- Sistemas térmicos
 - Sistemas térmicos en forma de calor sensible
 - Sistemas térmicos en forma de calor latente
- Sistemas químicos
- Sistemas mecánicos
- Sistemas en forma de gases combustibles
- Sistemas electromagnéticos

Acumulación en calor sensible

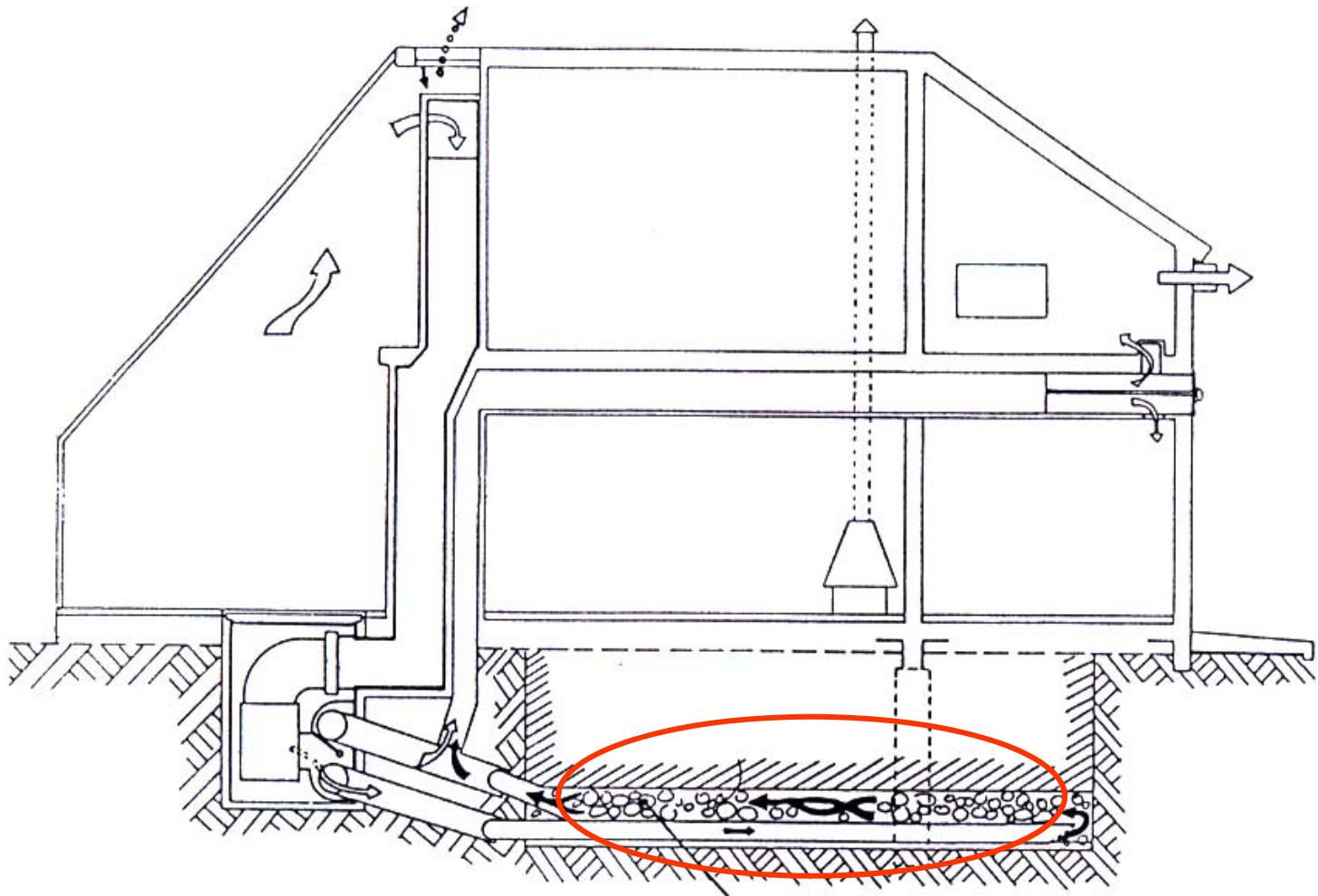
- $m_t = V \cdot \rho \cdot c_e$

- $Q = m_t \cdot \Delta T = V \cdot \rho \cdot c_e \cdot \Delta T$

Acumulación en agua (Los Molinos)



Acumulación en grava



Acumulación en calor sensible

- $m_t = V \cdot \rho \cdot c_e$ Para $\Delta T = 40 - 20 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
- $Q = m_t \cdot \Delta T = V \cdot \rho \cdot c_e \cdot \Delta T$ $V = 1 \text{ m}^3$

MATERIAL	Calor específico (kJ/kg·K)	Energía acumulada (MJ)
Piedra	0,7...0,9	~ 48
Tierra	0,6...2,5	~ 40
Cerámica	0,84	~ 30
Hormigón	1,0..1,08	~ 48
Agua	4,18	83,6

Acumulación en calor latente

Sal de Glauber



Acumulación en calor latente

GRUPO	Sustancia	Temperatura de cambio de estado (°C)	Calor latente de cambio de estado (kJ/kg)
Sales saturadas	$\text{SO}_4\text{Na}_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	32,4	250
	$\text{NaH}(\text{PO}_4) \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	36,0	263
Mezclas eutécticas	CaCl_2 - MgCl_2 - H_2O 41% 10% 49%	25,0	175
	Urea - $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$ 45,3% 54,7%	46,0	172
Parafinas		1...50	125...209

Comparación entre calor sensible y latente

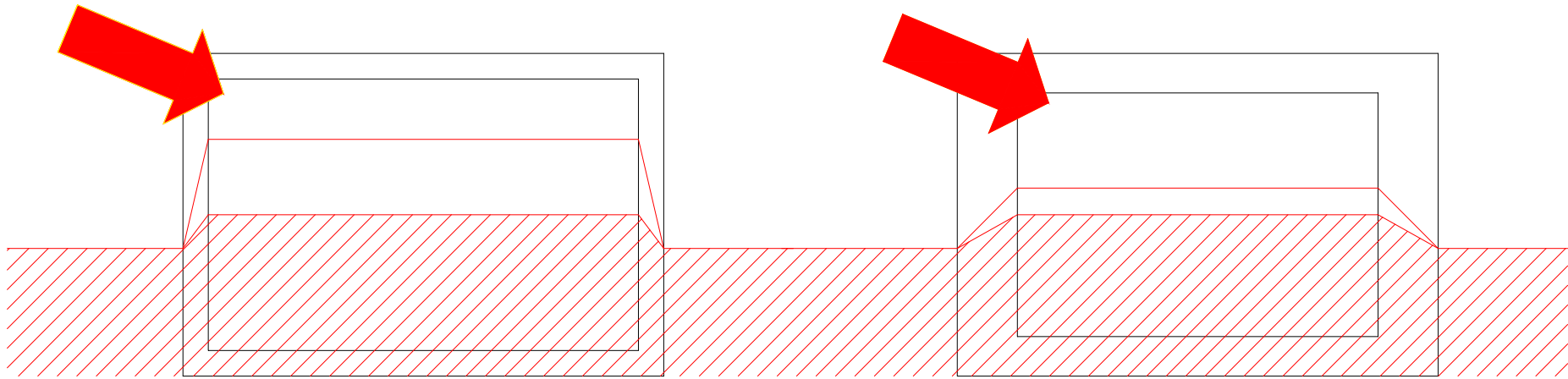
MATERIAL	Energía acumulada (MJ)
Piedra	~ 48
Tierra	~ 40
Cerámica	~ 30
Hormigón	~ 48
Agua	83,6
Parafinas	125...209

2. EL EDIFICIO COMO ACUMULADOR DE ENERGÍA

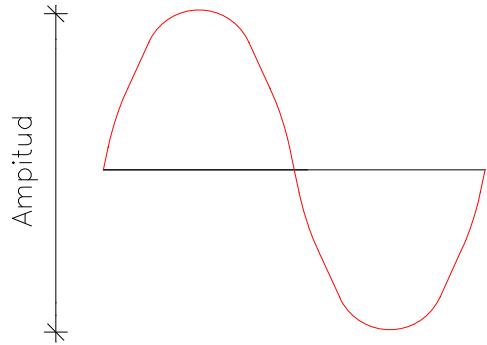
$$m_t = V \cdot \rho \cdot c_e$$



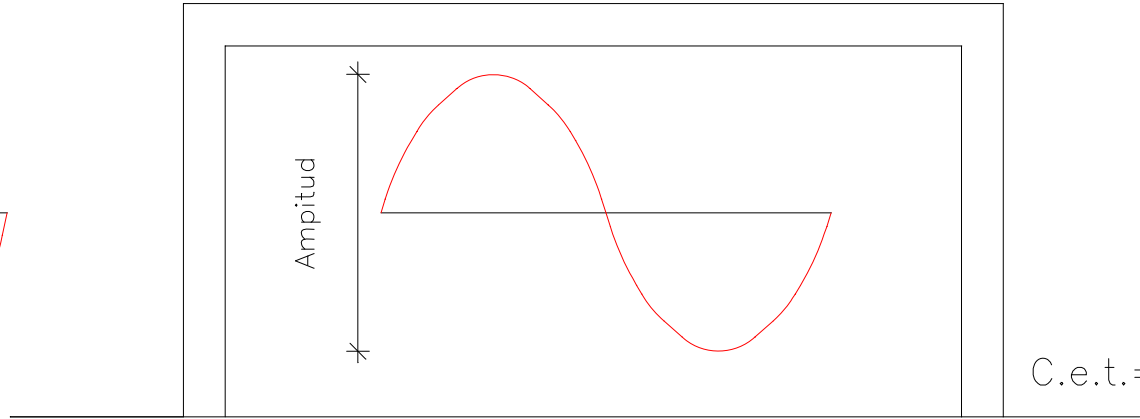
La variación de temperatura según la masa



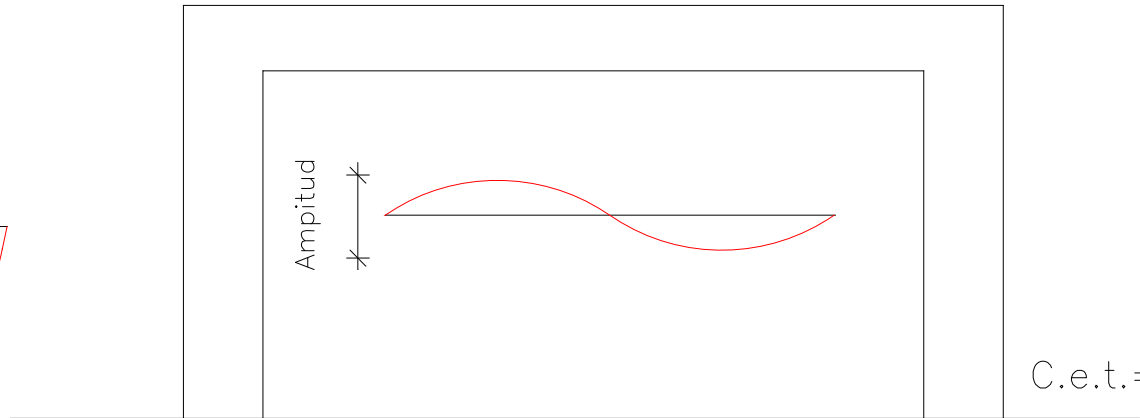
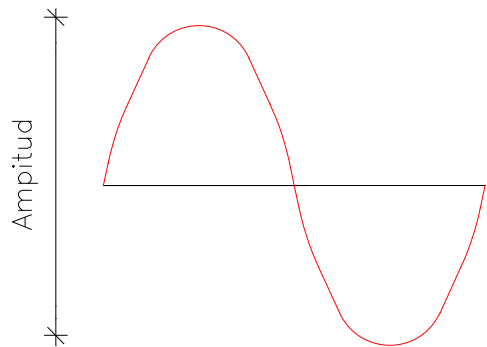
Coeficiente de estabilidad térmica



EDIFICIO SIN INERCIA TÉRMICA



EDIFICIO CON INERCIA TÉRMICA



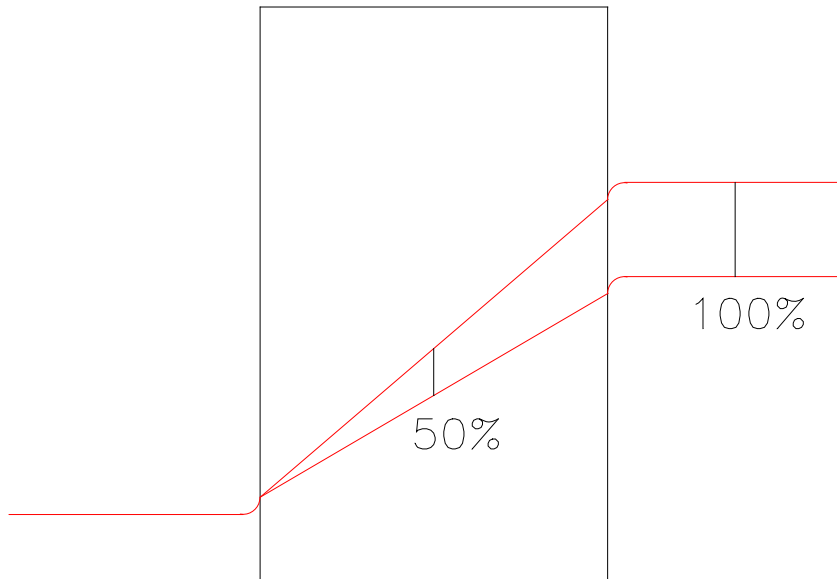
Fluctuación de la
temperatura exterior

Fluctuación de la
temperatura interior

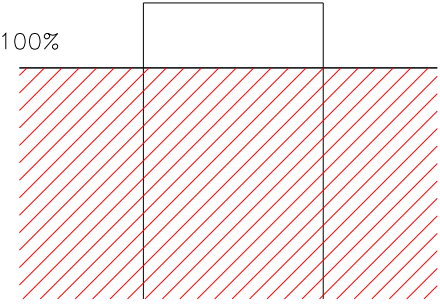
Coeficientes de estabilidad térmica

C.e.t. > 1	Local donde los efectos del sobrecalentamiento son críticos.
C.e.t. = 1,0	Local en el que la temperatura varía al mismo ritmo que en el exterior.
C.e.t. entre 1,0 y 0,5	Local con suficiente inercia térmica. Se reduce el efecto de la temperatura exterior.
C.e.t. < 0,5	Local con gran inercia térmica. Repercute en el local menos del 50% de la fluctuación de la temperatura exterior.

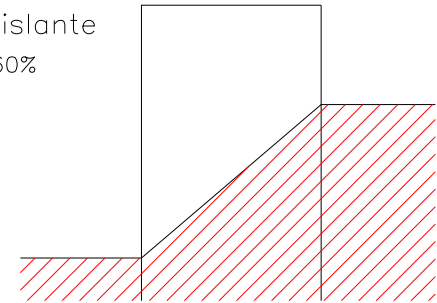
Inercia efectiva



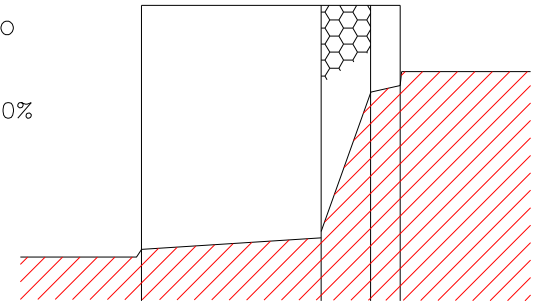
Partición interior
aporte efectivo: 100%



Cerramiento sin aislante
aporte efectivo: 60%



Cerramiento aislado por el interior
aporte efectivo: 10%

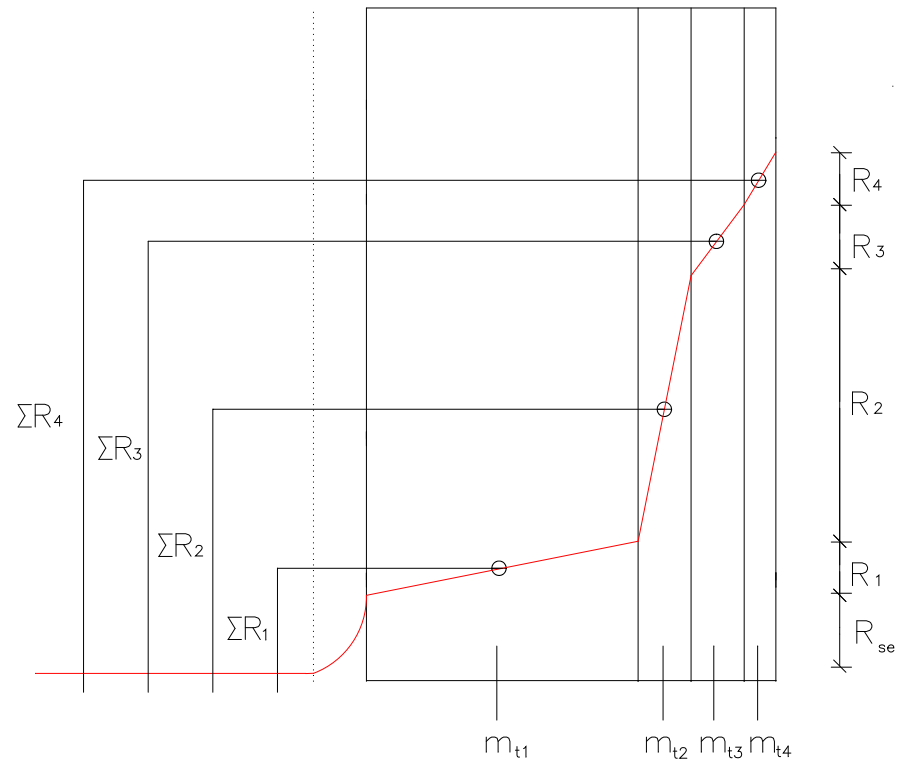


Constante térmica del tiempo

$$CTT = (R_{se} + 0,5 \cdot R_1) \cdot m_{t1} + (R_{se} + R_1 + 0,5 \cdot R_2) \cdot m_{t2} + \dots + (R_{se} + R_1 + R_2 + \dots + 0,5 \cdot R_n) \cdot m_{tn}$$

Masa térmica útil

$$m_{tu} = \frac{CTT}{R_T}$$



Inercia térmica y aislamiento

INERCIA TÉRMICA	Locales de uso permanente	Deseable
	Locales de uso eventual	No deseable
AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL INTERIOR	Locales de uso permanente	Por el exterior
	Locales de uso eventual	Por el interior

Comportamiento medioambiental de los materiales aislantes térmicos

- Reciclabilidad
- Carácter ecológico
- Carga energética

Comportamiento medioambiental de los materiales aislantes térmicos

■ ESPUMA DE POLIURETANO

La materia prima es el petróleo. Se obtiene de la polimerización del isocianato (altamente dañino para el ser humano) y del poliol.

Como agente espumante utiliza un HCFC (dañino para la capa de ozono), diclorometano (peligroso para las personas que lo manipulan) o CO_2 .



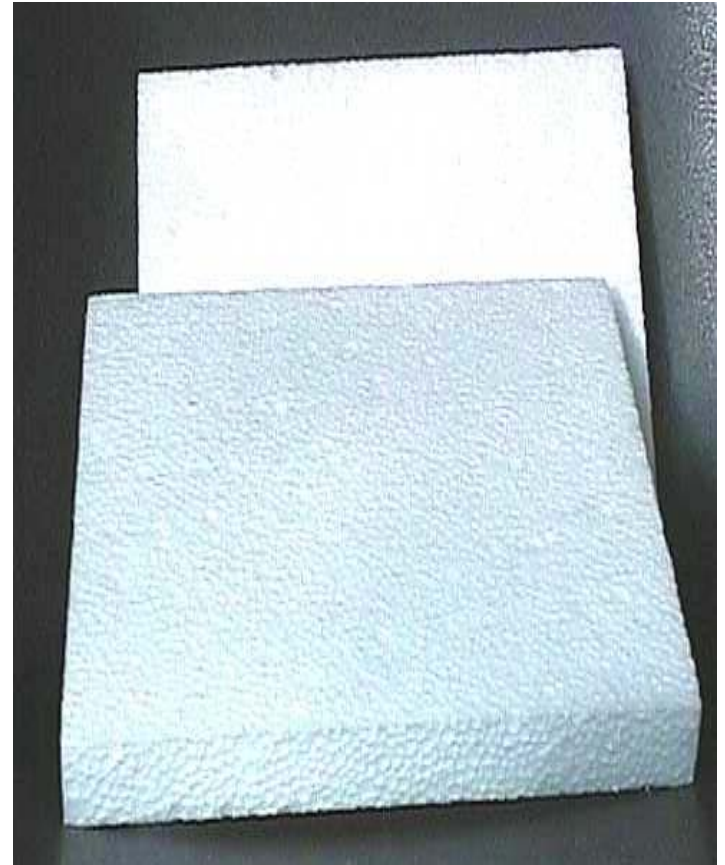
Comportamiento medioambiental de los materiales aislantes térmicos

■ POLIESTIRENO EXPANDIDO

La materia prima es el petróleo. Se obtiene de la polimerización del pentano y del estireno.

Como agente hinchante utiliza el agua.

Admite el reciclado, aunque aún no se ha experimentado.



Comportamiento medioambiental de los materiales aislantes térmicos

■ POLIESTIRENO EXTRUIDO

La materia prima es el petróleo. Se obtiene de la polimerización del pentano y del estireno.

Como agente espumante utiliza un HCFC (dañino para la capa de ozono) o CO_2 (causante del efecto invernadero).

Precisa de más energía en su fabricación que el poliestireno expandido.



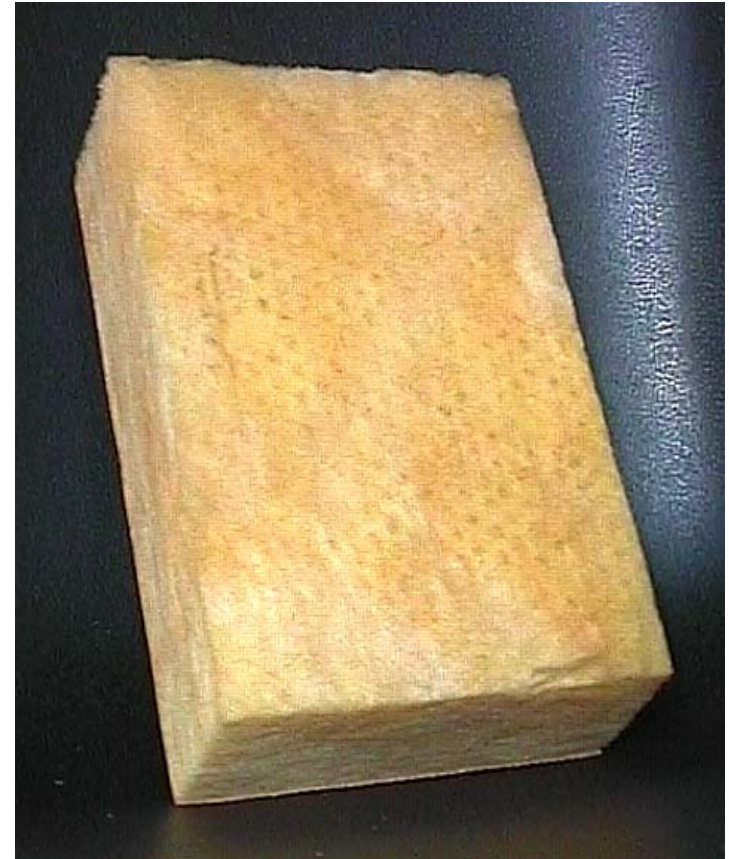
Comportamiento medioambiental de los materiales aislantes térmicos

■ LANA DE VIDRIO

La materia prima son arenas silíceas, cuarcitas y calizas.

El impacto medioambiental radica en la energía necesaria para la fusión, y la presencia ocasional de plomo o sosa cáustica.

En la fusión se libera SO_2 , y en el hilado fenol, formaldehído y amonio (aunque en procesos



Comportamiento medioambiental de los materiales aislantes térmicos

■ LANA DE ROCA

La materia prima son rocas basálticas y escorias de alto horno.

El impacto medioambiental radica en la energía necesaria para la fusión.

El aglutinante, a diferencia de las lanas de vidrio, es un aceite mineral, menos problemático.



Comportamiento medioambiental de los materiales aislantes térmicos

■ ARCILLA AISLANTE

Es un producto obtenido de la cocción de tierras arcillosas a las que se añade cáscara de cereal.

Su impacto medioambiental se reduce a la energía de su cocción.

Su trituración final podría convertirlo en reciclable.

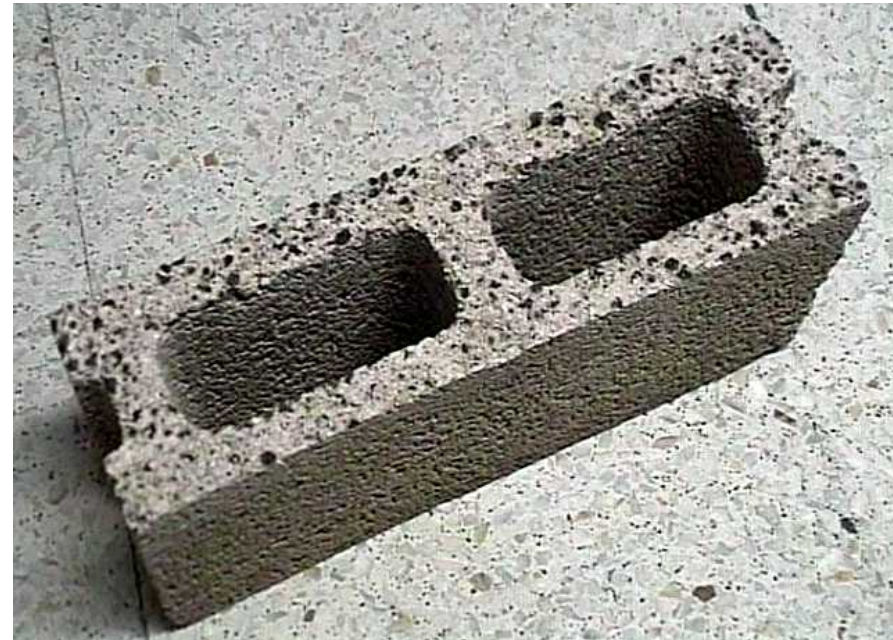


Comportamiento medioambiental de los materiales aislantes térmicos

■ HORMIGÓN ALIGERADO

El producto es un hormigón con arcilla expandida u otro aligerante como árido.

Su impacto medioambiental es menor que en los hormigones convencionales al sustituirse la grava (de



Comportamiento medioambiental de los materiales aislantes térmicos

■ VIDRIO CELULAR

La materia prima del vidrio celular o espuma de vidrio es la misma empleada en la fabricación de vidrios convencionales, con la inclusión de un agente espumante.

El impacto medioambiental radica en la energía necesaria para la fusión, y la presencia ocasional de

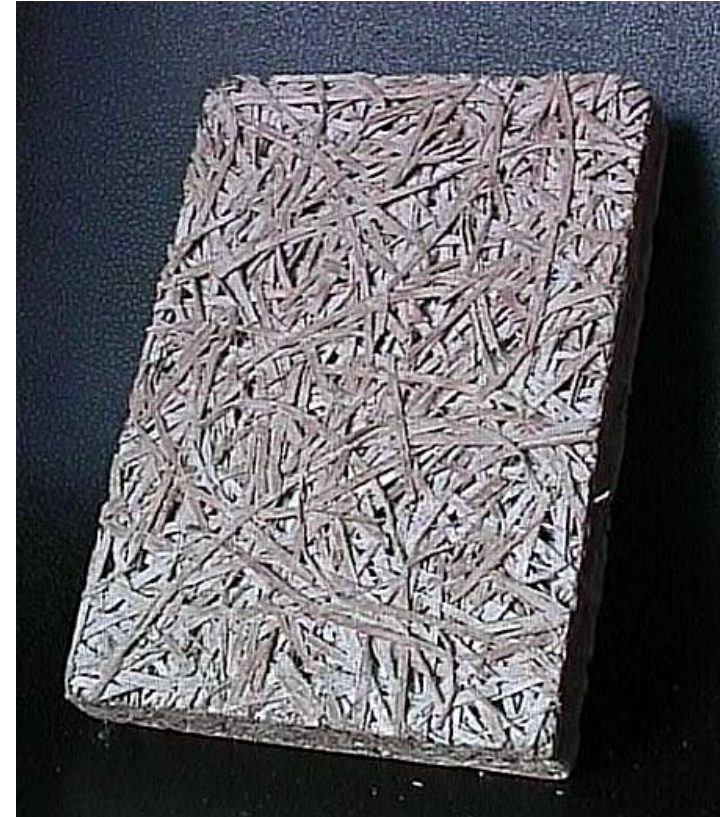


Comportamiento medioambiental de los materiales aislantes térmicos

■ VIRUTA DE MADERA

Es un producto obtenido de la amalgama de viruta de madera con cemento.

La madera es un material renovable, cuya explotación puede llevarse a cabo de forma sostenible. Por otro lado, la viruta es un material residual resultado de la explotación maderera.



Comportamiento medioambiental de los materiales aislantes térmicos

■ FIBRA DE MADERA

Es un producto obtenido de residuos madereros.

Baja conductividad térmica
con alta densidad

El coste energético es bajo.

Reintegración natural al
medio o reutilización en
combustión.



Comportamiento medioambiental de los materiales aislantes térmicos

■ CORCHO NEGRO AGLOMERADO

Es una sustancia renovable, cuya materia prima es la corteza de los alcornoques.

Su contenido energético es muy bajo, ya que se aglomera utilizando sus propias resinas naturales en presencia de vapor.

La degradación natural es muy buena y se puede incinerar sin desprender



materiales aislantes térmicos conductivos

■ FIBRA DE CÁÑAMO

Es una sustancia renovable, cuya materia prima son diferentes tipos de cáñamos.

El coste energético es bajo. Es un material renovable, cuya explotación puede llevarse a cabo de forma sostenible.

No lleva aditivos que puedan ser perjudiciales



materiales aislantes térmicos conductivos

■ FIBRA DE LINO

Es una sustancia renovable, cuya materia prima es el lino.

El coste energético es bajo. Es un material renovable, cuya explotación puede llevarse a cabo de forma sostenible.

No lleva aditivos que puedan ser perjudiciales para la salud o el medio



materiales aislantes térmicos conductivos

■ VIRUTA DE MADERA DISGREGADA

Es un producto obtenido del aglomerado natural de madera en forma de restos de virutas.

La madera es un material renovable, cuya explotación puede llevarse a cabo de forma sostenible. Por otro lado, la viruta es un material residual resultado de la explotación maderera.



3. COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES

1. La conductividad térmica
2. La difusividad térmica
3. La efusividad térmica

La conductividad térmica

λ

Conductividad térmica	Alta	Calentamiento y acumulación	Rápidos
	Baja		Lentos

La difusividad térmica

$$a = \frac{\lambda}{\rho \bullet C_e}$$

Difusividad térmica	Alta	Calentamiento	Rápido
	Baja		Lento

La efusividad térmica

$$b = \sqrt{\rho \cdot c_e \cdot \lambda}$$

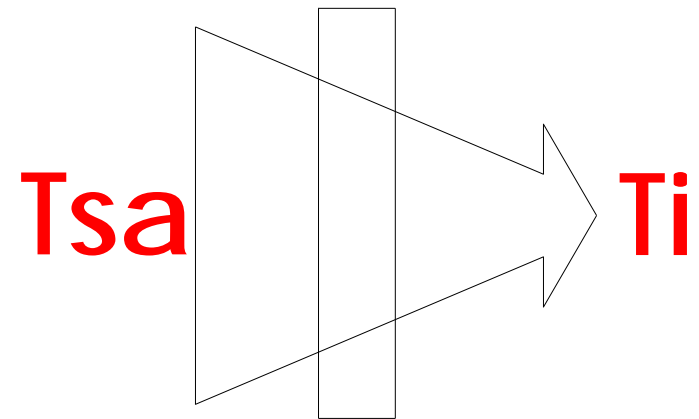
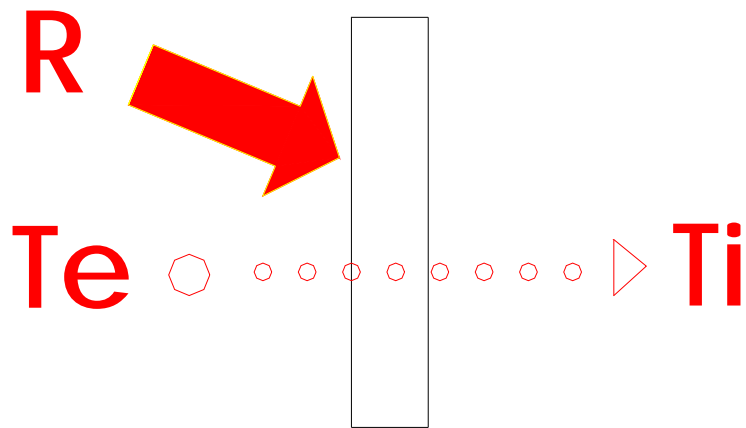
Efusividad térmica	Alta	Acumulación	Grande
	Baja		Pequeña

Material	Densidad (kg/m³)	Índice de acumulación relativa (-)	Arena seca	1500	0,88
			Hormigón en masa con arcilla expandida	1500	0,90
			Fábrica de ladrillos perforados	1600	1,00
Poliestireno expandido I	10	0,03	Tapial	1600	1,00
Vidrio celular	160	0,08	Hormigón en masa con áridos ligeros	1600	1,07
Maderas ligeras (abeto, álamo, pino, cedro,...)	200	0,14	Grava suelta	1700	1,11
Hormigón celular sin árido	305	0,16	Fábrica de ladrillos silicocalcáreos	1600	1,11
Placa de hormigón con fibra de madera	300	0,19	Morteros de cal y bastardos	1600	1,22
Fibra de madera	300	0,19	Fábrica de ladrillos macizos	2000	1,31
Tablero de fibra de madera	500	0,22	Baldosín catalán	2000	1,31
Fábrica de bloques de hormigón con arcilla expandida	400	0,25	Plaqueta	2000	1,36
Moquetas	1000	0,26	Alicatado	2000	1,38
Cartón yeso doble	415	0,29	Gres	2100	1,39
Viruta de madera prensada	650	0,30	Terrazo	1800	1,42
Contrachapado	600	0,37	Suelo arenoso	1700	1,46
Placa de cartón yeso	900	0,41	Fibro cemento	2000	1,51
Enlucido de yeso	600	0,41	Agua líquida	1000	1,55
Placa de escayola	800	0,48	Hormigón en masa normal sin vibrar	2000	1,57
Maderas pesadas (castaño, encina, haya,...)	800	0,50	Roca porosa en general	1700	1,65
Fábrica de bloques de termoarcilla	826	0,51	Encachado de piedra	2000	1,66
Táblex	800	0,51	Vidrio plano	2500	1,68
Linóleo	1200	0,56	Suelo vegetal	1800	1,71
Hormigón armado con áridos ligeros	1000	0,57	Mortero de cemento	2000	1,74
Fábrica de ladrillos huecos	1200	0,70	Picón	2100	1,82
Fábrica de bloques huecos de hormigón	1400	0,80	Mármol	2500	1,97
Vidrio moldeado simple	900	0,82	Hielo a 0 °C	900	2,00

Material	Densidad (kg/m ³)	Índice de acumulación relativa (-)
Hielo a 0 °C	900	2,00
Hormigón armado normal	2400	2,01
Hormigón en masa normal vibrado	2400	2,01
Arena con humedad natural	1700	2,05
Suelo arcilloso	2000	2,14
Suelo coherente con humedad natural	1800	2,49
Pizarra	2700	2,54
Granito	3000	2,81
Caliza	3000	2,99
Basalto	3000	3,07
Plomo	11250	7,08
Fundición	7500	13,60
Acero y fundición	7850	14,16
Bronce	8500	14,23
Zinc	6860	16,75
Latón	8500	18,39
Aluminio	2700	21,91
Cobre	8900	35,66

4. LA ONDA TÉRMICA POR RADIACIÓN

La temperatura sol aire



La temperatura sol aire

$$T_{SA} = R_{se} \cdot (\alpha \cdot I - \varepsilon \cdot I_L) + \theta_e$$

Cubierta :

$$T_{SA} = 0,05 \cdot \alpha \cdot I_W - \varepsilon \cdot 5 + \theta_e$$

Muros:

$$T_{SA} = 0,06 \cdot \alpha \cdot I_W + \theta_e$$

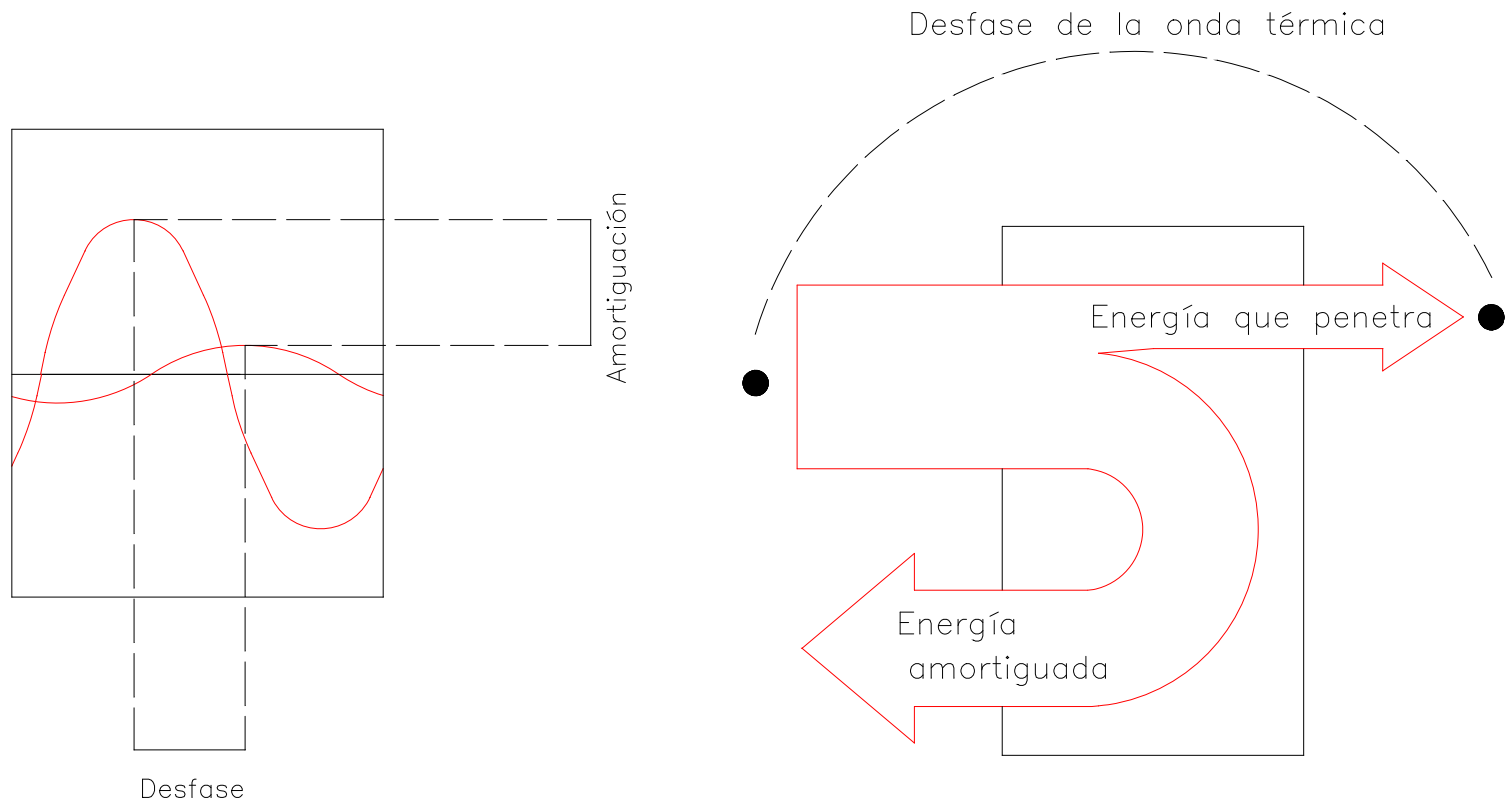
Temperatura sol-aire (Madrid/Julio/Sur)

(Madrid / Julio / Fachada orientada a Sur)																			
	α (-)	10:00			11:00			12:00			13:00			14:00			15:00		
		Irrad. solar (W/m ²)	Temp. exterior (°C)	Temp. sol-aire (°C)	Irrad. solar (W/m ²)	Temp. exterior (°C)	Temp. sol-aire (°C)	Irrad. solar (W/m ²)	Temp. exterior (°C)	Temp. sol-aire (°C)	Irrad. solar (W/m ²)	Temp. exterior (°C)	Temp. sol-aire (°C)	Irrad. solar (W/m ²)	Temp. exterior (°C)	Temp. sol-aire (°C)	Irrad. solar (W/m ²)	Temp. exterior (°C)	Temp. sol-aire (°C)
Ladrillo blanco	0,15	156	25,7	27,10	210	27,3	29,19	244	29	31,20	210	29,9	31,79	156	30,8	32,20	103	31,7	32,63
Mármol blanco	0,35	156	25,7	28,98	210	27,3	31,71	244	29	34,12	210	29,9	34,31	156	30,8	34,08	103	31,7	33,86
Enfoscado	0,60	156	25,7	31,32	210	27,3	34,86	244	29	37,78	210	29,9	37,46	156	30,8	36,42	103	31,7	35,41
Ladrillo amarillo	0,65	156	25,7	31,78	210	27,3	35,49	244	29	38,52	210	29,9	38,09	156	30,8	36,88	103	31,7	35,72
Ladrillo rojo	0,75	156	25,7	32,72	210	27,3	36,75	244	29	39,98	210	29,9	39,35	156	30,8	37,82	103	31,7	36,34
Granito	0,85	156	25,7	33,66	210	27,3	38,01	244	29	41,44	210	29,9	40,61	156	30,8	38,76	103	31,7	36,95
Ladrillo marrón	0,95	156	25,7	34,59	210	27,3	39,27	244	29	42,91	210	29,9	41,87	156	30,8	39,69	103	31,7	37,57

Incremento virtual de la temperatura exterior (Madrid/Julio/Sur)

	15:00 horas	12:00 horas
Ladrillo blanco	0,93 °C	2,20 °C
Mármol blanco	2,16 °C	5,12 °C
Enfoscado	3,71 °C	8,78 °C
Ladrillo amarilla	4,02 °C	9,52 °C
Ladrillo rojo	4,64 °C	10,98 °C
Granito	5,25 °C	12,44 °C
Ladrillo marrón	5,87 °C	13,91 °C

Desfase y amortiguación de la onda térmica



Desfase de la onda térmica

$$d_f = 0,0167 \cdot \frac{t}{2} \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot C_e}{\pi \cdot \lambda \cdot t}} \cdot d$$

$$d_f = \frac{0,0231 \cdot d}{\sqrt{a}}$$

Amortiguación de la onda térmica

$$f_a = 1 - e^{\left(-0,0167 \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot \rho \cdot C_e}{\lambda \cdot t}} \cdot d \right)}$$

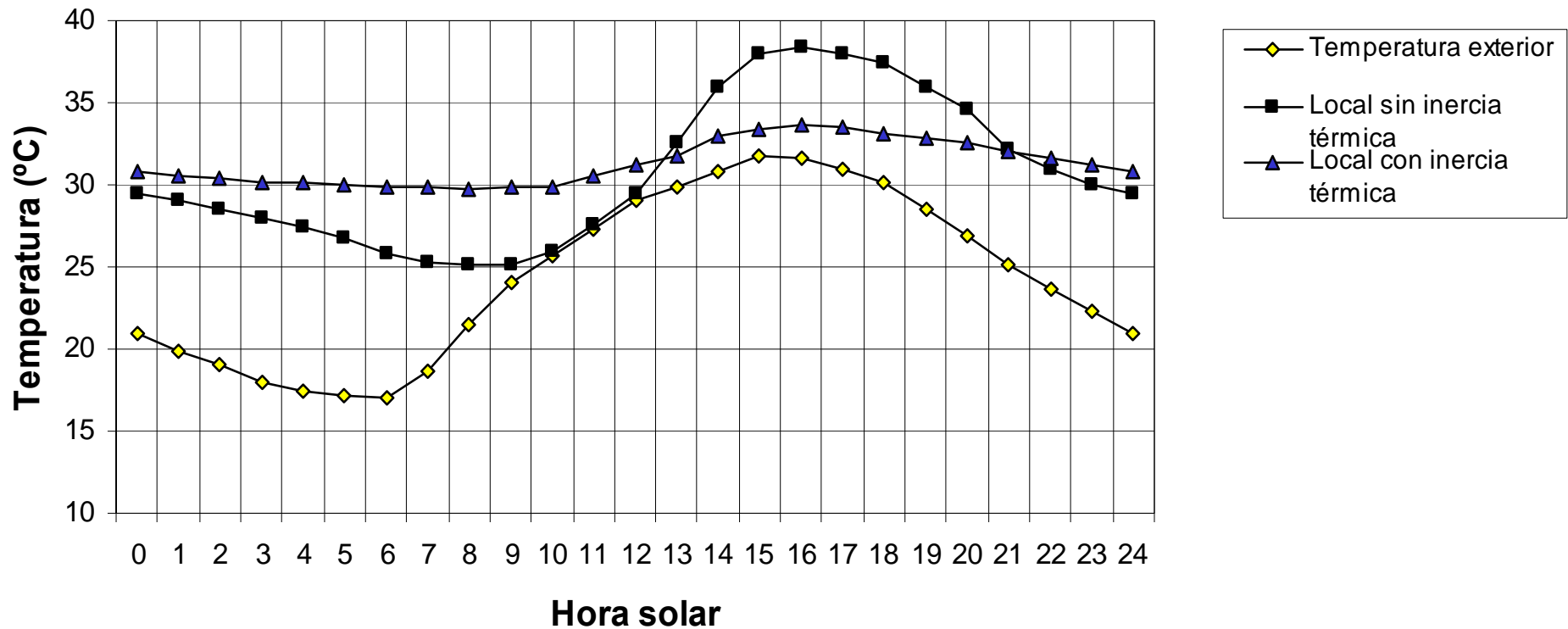
$$f_a = 1 - e^{\left(\frac{-0,0060 \cdot b \cdot d}{\lambda} \right)}$$

CAPA	Espesor (m)	λ (W/m.°C)	a (m²/s x10 ⁻⁶)	b (s ^{1/2} .W/m².°C)	Desfase (h)	Desfase acumulado (h)	Amortiguación de cada capa (tanto por uno)	Amortig. sobre la energía que traspasa	Energía que traspasa (tanto por uno)
Ladrillo perforado de 1600 kg/m³	0,12	0,760	0,57	1011	3,67		0,62		1,00-0,62= 0,38
Poliestireno expandido de Tipo V	0,05	0,035	0,97	36	1,17	3,67 + 1,17= 4,84	0,27	0,27x0,38= 0,10	0,38-0,10= 0,28
Ladrillo hueco de 1200 kg/m³	0,09	0,490	0,49	703	2,97	4,84 + 2,97= 7,81	0,54	0,54x0,28= 0,15	0,28-0,15= 0,13
Yeso de 800 kg/m³	0,02	0,300	0,38	490	0,75	7,81 + 0,75= 8,56	0,18	0,18x0,13= 0,02	0,13-0,02= 0,11
				Desfase total		8,56	Amortiguación total		1,00-0,11= 0,89

Verano

Local sin ventilación nocturna

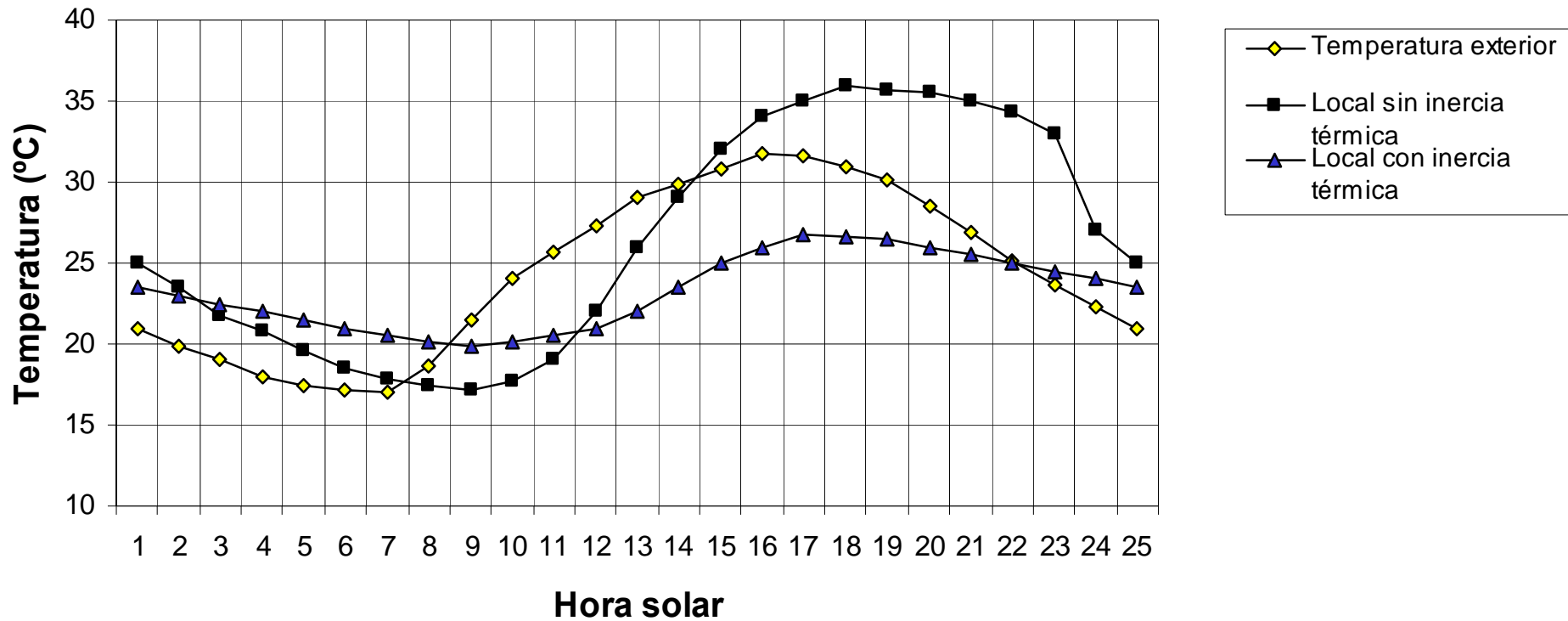
Mes de Julio / Madrid / Sur
Local sin ventilación



Verano

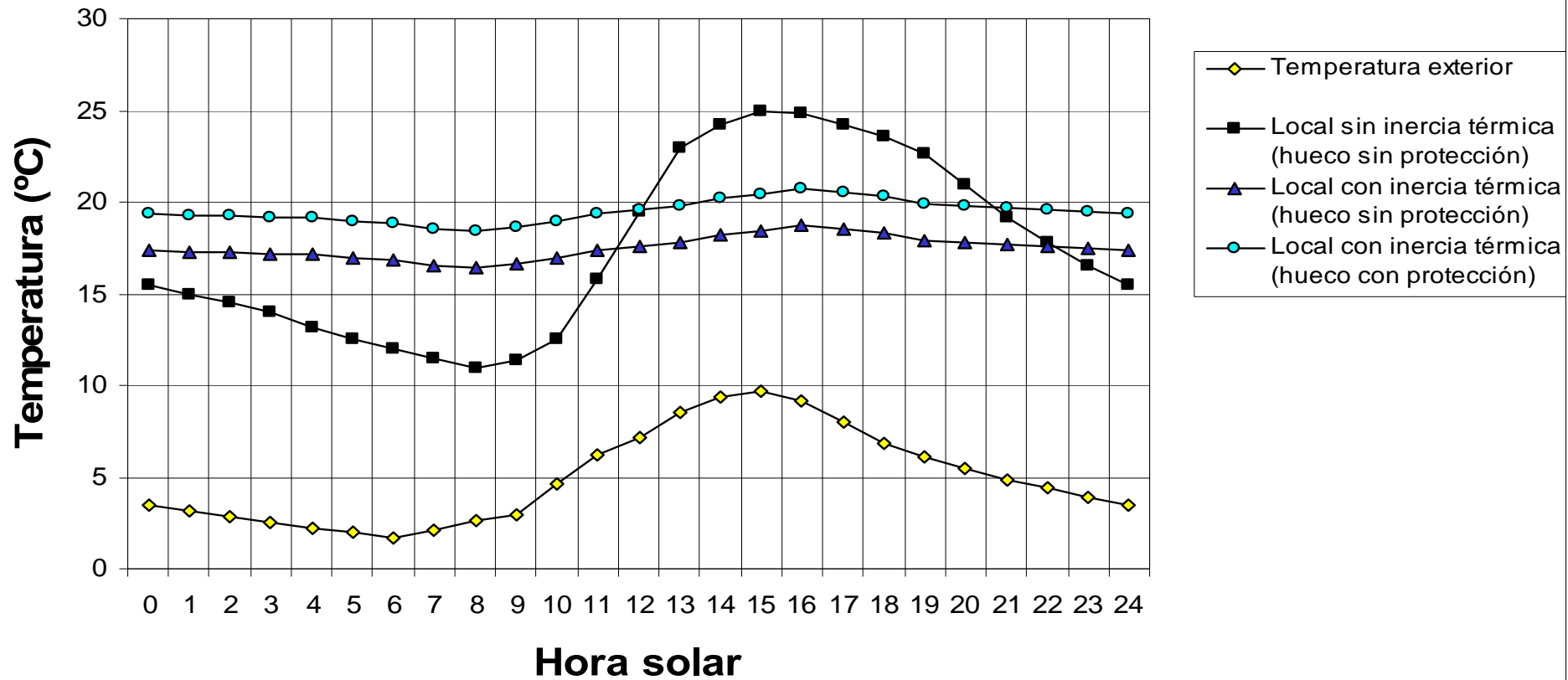
Local con ventilación nocturna

Mes de Julio / Madrid / Sur
Local con ventilación nocturna



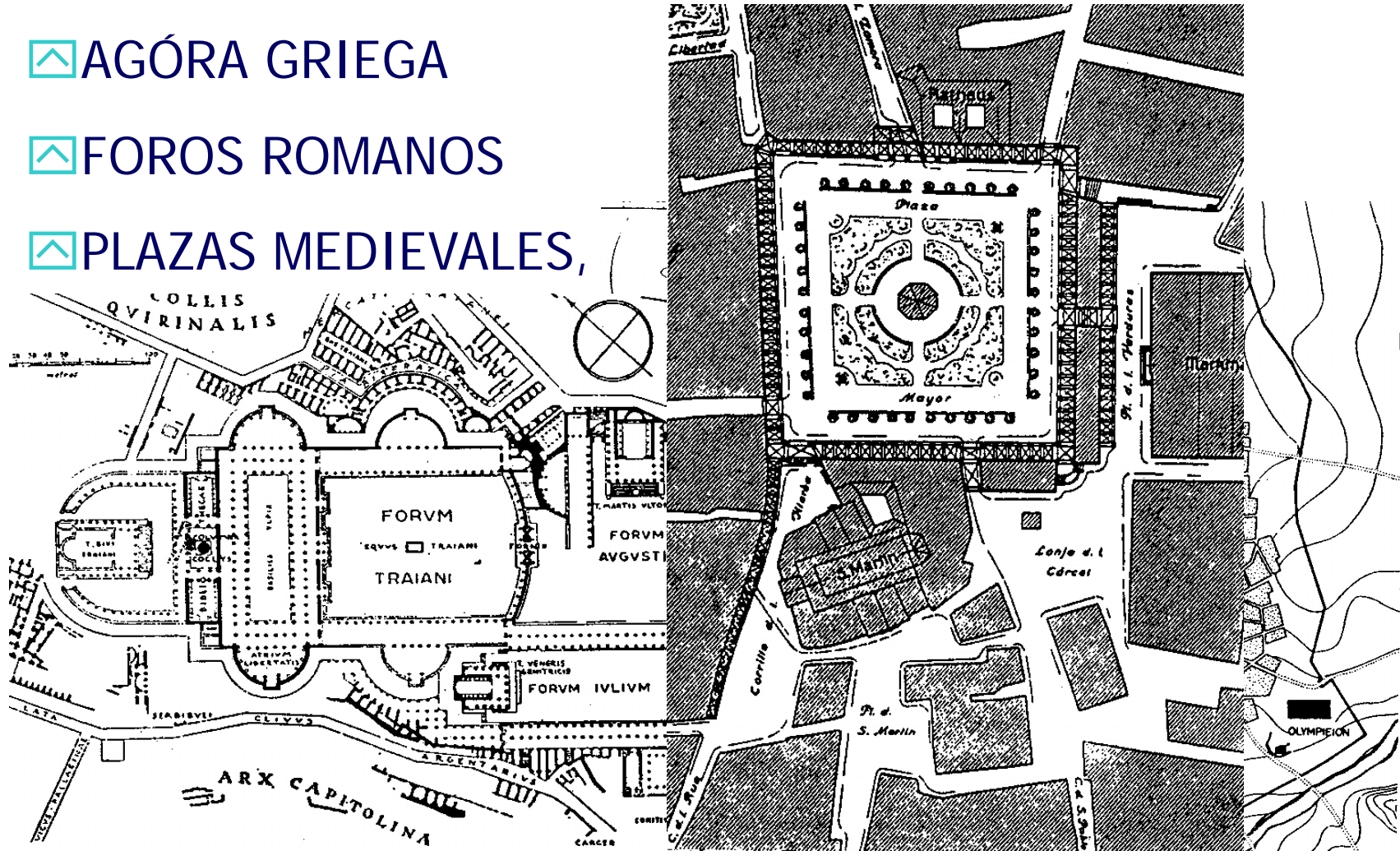
Invierno

Mes de Diciembre / Madrid / Sur



3. Construcción del espacio urbano: diseño de espacios exteriores

- AGÓRA GRIEGA
- FOROS ROMANOS
- PLAZAS MEDIEVALES,

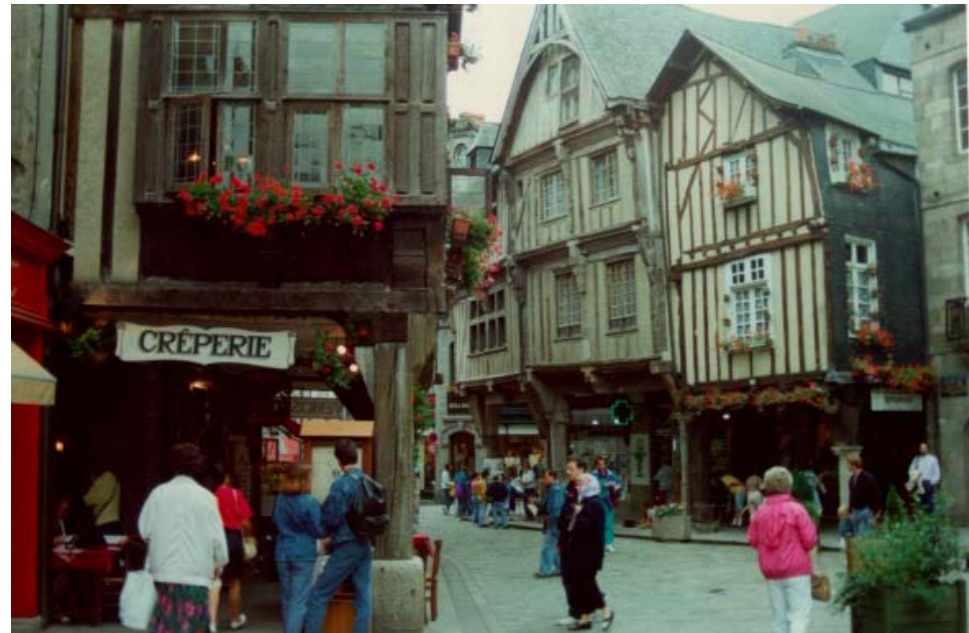
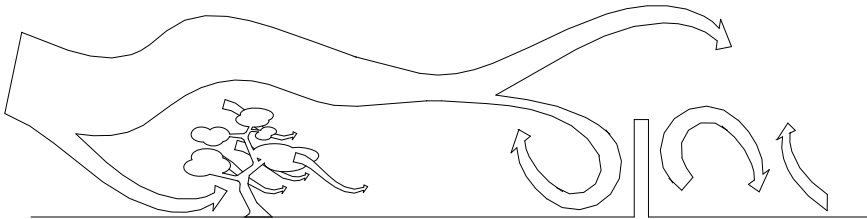


Elementos y factores externos que afectan al bienestar

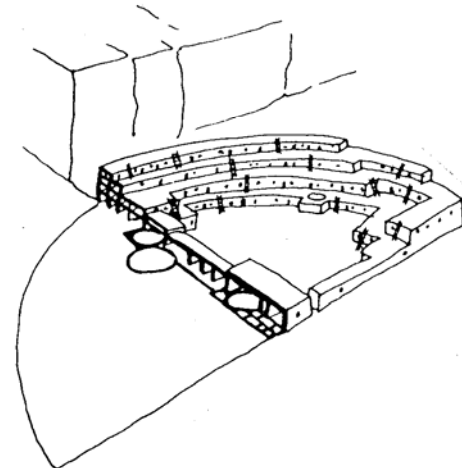
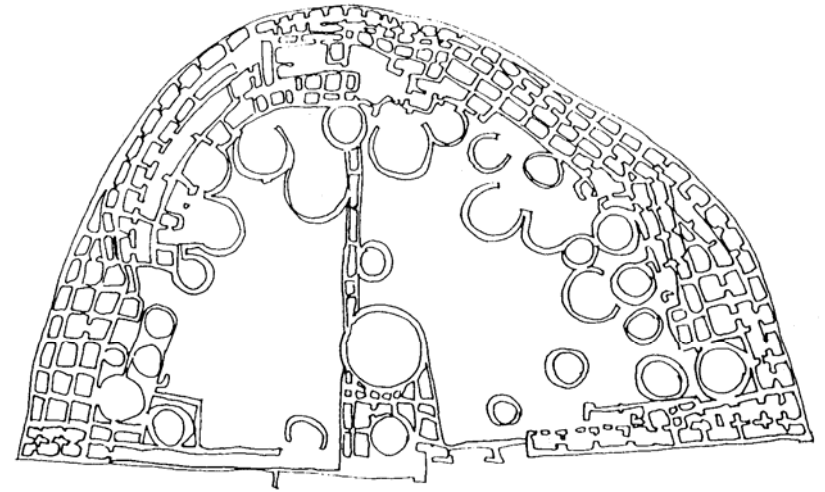
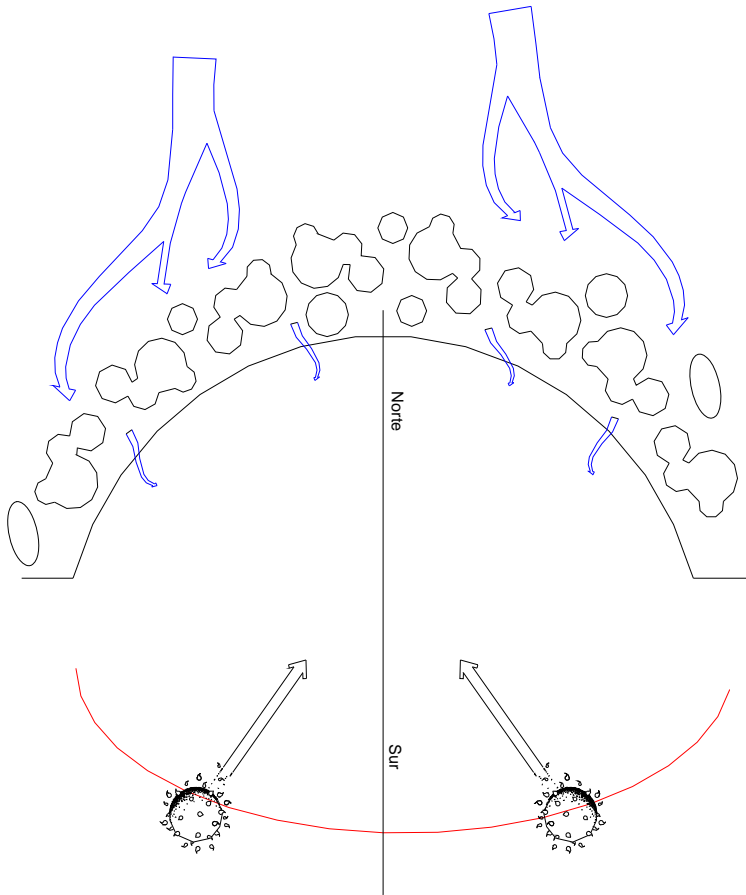
- La temperatura del aire
- La humedad del aire
- La radiación solar
- La calidad del aire (polvo y contaminación en general)
- El ruido urbano
- El viento
- La lluvia.

Estrategias en invierno

- Favorecer la radiación solar sobre las personas o el entorno físico
- Reducir los efectos del viento
- Crear protecciones contra la lluvia.



Diseño del espacio publico en clima frío



Características ópticas de algunos acabados constructivos

ACABADO	ABSORTANCIA para onda corta α	REFLECTANCIA para onda corta ρ	EMITANCIA en onda larga¹ ε
Plata mate	0,12	0,88	0,05
Ladrillo blanco	0,15	0,85	0,90
Espejo	0,15	0,85	0,05
Pintura blanca mate	0,25	0,75	0,90
Aluminio pulido	0,30	0,70	0,05
Mármol blanco	0,37	0,63	0,90
Cemento claro	0,55	0,45	0,90
Ladrillo amarillo	0,67	0,33	0,90
Ladrillo rojo	0,77	0,23	0,90
Cemento oscuro	0,78	0,22	0,90
Granito	0,87	0,13	0,90
Ladrillo marrón	0,97	0,03	0,90

Expresión del bienestar

$$M - W = \pm CV \pm R \pm CC \pm RS + EV + D + A$$

donde:

M	Velocidad del metabolismo.
CV	Intercambios por convección.
R	Intercambios por radiación.
EV	Pérdidas por evapotranspiración.
CC	Intercambio por conducción.
W	Energía mecánica efectiva exterior.
RS	Intercambios de calor latente (evaporación respiratoria) y sensible producidos en la respiración.
D	Difusión de vapor de agua desde la piel.
A	Energía acumulada.

$$M = \pm CV \pm R + EV$$

Energía que debe disipar una persona en un espacio público, en función de su actividad y de la radiación solar que recibe.

⌘ Ejemplo: $35 + 110 = 145 \text{ W}$

radiación solar recibida

velocidad del metabolismo



Intercambios por convección

$$\Phi_{cv} = A \cdot h_c \cdot \Delta T$$

salto térmico entre la temperatura media de la envolvente y la temperatura del aire

$$h_c = 5,6 + 18,6 \cdot v_a$$

para $v_a = 0$ m/s

$$h_c = 5,6 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

para $v_a = 0,5$ m/s

$$h_c = 14,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

para $v_a = 1,0$ m/s

$$h_c = 24,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

para $v_a = 1,5$ m/s

$$h_c = 33,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

para $v_a = 2,0$ m/s

$$h_c = 42,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = (T_{\text{ropa}} - T_{\text{aire}})$$

Temperatura superficial de la ropa

$$T_{ropa} = 29,55 + 0,196 \cdot T_s - 1,065 \cdot M - 0,155 \cdot R_{ropa} \cdot \{3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{ropa} \cdot [(T_{ropa} + 273)^4 - (T_{mr} + 273)^4] + f_{ropa} \cdot h_c \cdot (T_{ropa} - T_s)\}$$

en la que:

M	Actividad metabólica (met).
f_{ropa}	Relación entre la superficie del cuerpo arropado y la superficie del cuerpo desnudo (adimensional). $f_{ropa} = 1,0 + 0,3 \cdot R_{ropa}$
T_s	Temperatura seca del aire (°C).
T_{mr}	Temperatura media radiante (°C)
h_c	Coeficiente convectivo (W/m ² ·°C).
T_{ropa}	Temperatura superficial del arropamiento (°C).
R_{ropa}	Resistencia térmica del arropamiento (clo).

para $va = 0$ m/s

$$T_{ropa} = 10,2 \text{ °C}$$

para $va = 0,5$ m/s

$$T_{ropa} = 6,8 \text{ °C}$$

para $va = 1,0$ m/s

$$T_{ropa} = 5,4 \text{ °C}$$

para $va = 1,5$ m/s

$$T_{ropa} = 4,6 \text{ °C}$$

para $va = 2,0$ m/s

$$T_{ropa} = 4,1 \text{ °C}$$

Intercambio por convección y radiación combinados

$$\Phi_{cv} + R_{OL} = (T_{ropa} - T_{piel}) / (0,15 \cdot R_{ropa})$$

energía a disipar **145 - 25 = 130 W** **pérdidas por radiación**

$$T_{piel} = 29,55 + 0,196 \cdot T_s - 1,065 \cdot M \cdot (1 - 0,295 \cdot R_{ropa})$$

para $v_a = 0$ m/s $\Phi_{cv} + R_{OL} = (10,2 - 29,8) / (0,15 \times 1,19) = -110$ W

para $v_a = 0,5$ m/s $\Phi_{cv} + R_{OL} = (6,8 - 29,8) / (0,15 \times 1,19) = -129$ W

para $v_a = 1,0$ m/s $\Phi_{cv} + R_{OL} = (5,4 - 29,8) / (0,15 \times 1,19) = -137$ W

para $v_a = 1,5$ m/s $\Phi_{cv} + R_{OL} = (4,6 - 29,8) / (0,15 \times 1,19) = -141$ W

para $v_a = 2,0$ m/s $\Phi_{cv} + R_{OL} = (4,1 - 29,8) / (0,15 \times 1,19) = -144$ W

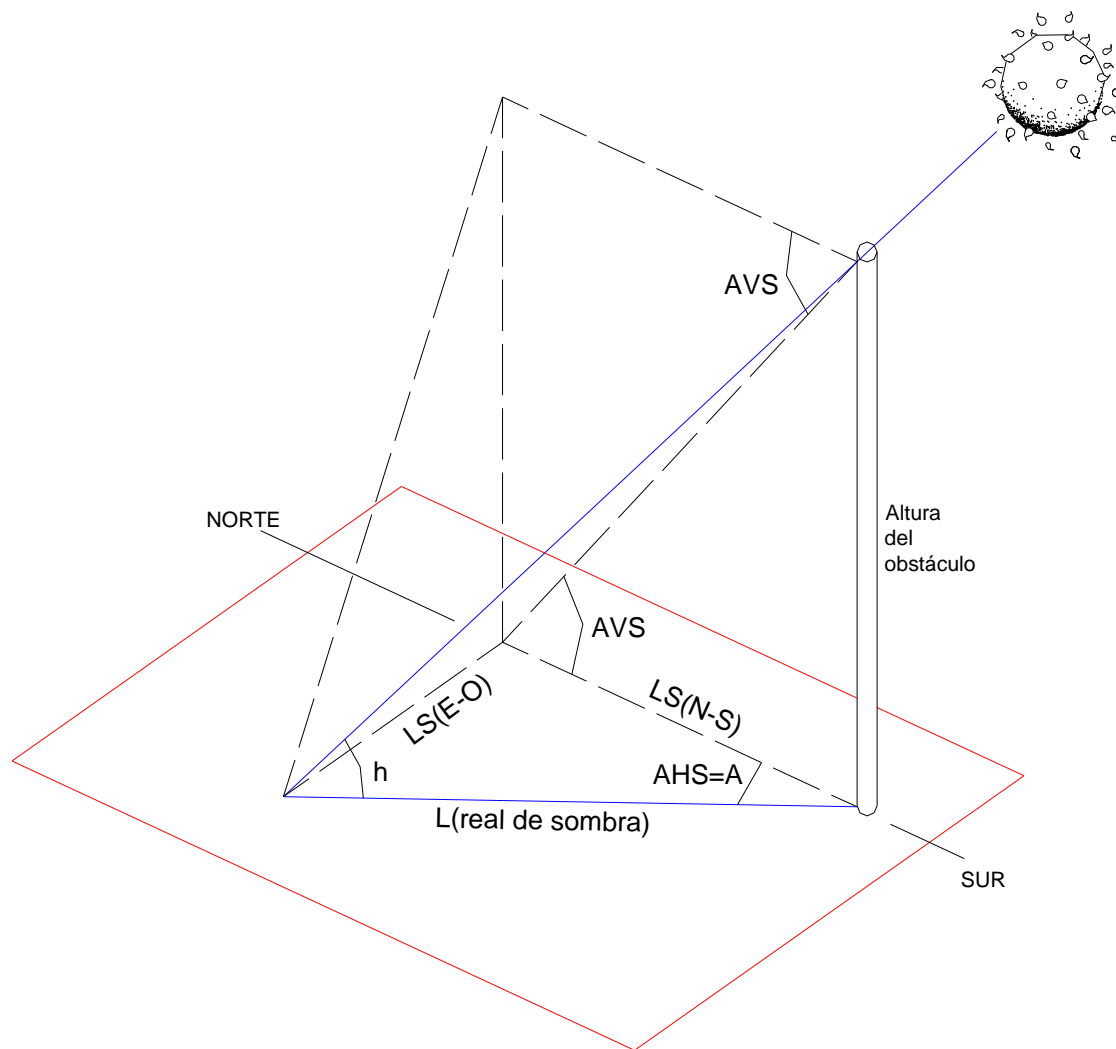
Temperatura exterior de la envolvente (para $v_a = 1 \text{ m/s}$)

Actividad (m et)	Arropamiento (clo)	Temperatura ambiente (°C)										
		-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
1,00	0,0	27,5	28,5	29,5	30,4	31,4	32,4	33,4	34,4	35,3	36,3	37,3
1,00	0,5	9,0	12,2	15,5	18,8	22,1	25,3	28,6	31,9	35,1	38,4	41,7
1,00	1,0	3,1	7,1	11,1	15,1	19,1	23,1	27,1	31,1	35,1	39,1	43,1
1,00	1,5	0,4	4,7	9,1	13,4	17,7	22,1	26,4	30,7	35,1	39,4	43,7
1,25	0,0	27,2	28,2	29,2	30,2	31,2	32,1	33,1	34,1	35,1	36,1	37,0
1,25	0,5	8,8	12,1	15,4	18,7	21,9	25,2	28,5	31,8	35,0	38,3	41,6
1,25	1,0	3,1	7,1	11,0	15,0	19,0	23,0	27,0	31,0	35,0	39,0	43,0
1,25	1,5	0,4	4,7	9,0	13,4	17,7	22,0	26,3	30,7	35,0	39,3	43,7
1,50	0,0	27,0	28,0	28,9	29,9	30,9	31,9	32,9	33,8	34,8	35,8	36,8
1,50	0,5	8,7	12,0	15,3	18,6	21,8	25,1	28,4	31,6	34,9	38,2	41,5
1,50	1,0	3,0	7,0	11,0	15,0	19,0	23,0	27,0	31,0	35,0	38,9	42,9
1,50	1,5	0,3	4,6	9,0	13,3	17,6	22,0	26,3	30,6	35,0	39,3	43,6
1,75	0,0	26,7	27,7	28,7	29,6	30,6	31,6	32,6	33,6	34,5	35,5	36,5
1,75	0,5	8,6	11,9	15,2	18,4	21,7	25,0	28,3	31,5	34,8	38,1	41,4
1,75	1,0	2,9	6,9	10,9	14,9	18,9	22,9	26,9	30,9	34,9	38,9	42,9
1,75	1,5	0,3	4,6	8,9	13,3	17,6	21,9	26,3	30,6	34,9	39,3	43,6
2,00	0,0	26,4	27,4	28,4	29,4	30,4	31,3	32,3	33,3	34,3	35,3	36,2
2,00	0,5	8,5	11,8	15,1	18,3	21,6	24,9	28,1	31,4	34,7	38,0	41,2
2,00	1,0	2,9	6,9	10,8	14,8	18,8	22,8	26,8	30,8	34,8	38,8	42,8
2,00	1,5	0,2	4,6	8,9	13,2	17,6	21,9	26,2	30,5	34,9	39,2	43,5
2,25	0,0	26,2	27,2	28,1	29,1	30,1	31,1	32,1	33,0	34,0	35,0	36,0
2,25	0,5	8,4	11,7	14,9	18,2	21,5	24,8	28,0	31,3	34,6	37,8	41,1
2,25	1,0	2,8	6,8	10,8	14,8	18,8	22,8	26,8	30,8	34,8	38,7	42,7
2,25	1,5	0,2	4,5	8,8	13,2	17,5	21,8	26,2	30,5	34,8	39,2	43,5
2,50	0,0	25,9	26,9	27,9	28,8	29,8	30,8	31,8	32,8	33,7	34,7	35,7
2,50	0,5	8,3	11,5	14,8	18,1	21,4	24,6	27,9	31,2	34,5	37,7	41,0
2,50	1,0	2,7	6,7	10,7	14,7	18,7	22,7	26,7	30,7	34,7	38,7	42,7
2,50	1,5	0,1	4,5	8,8	13,1	17,5	21,8	26,1	30,5	34,8	39,1	43,5
2,75	0,0	25,6	26,6	27,6	28,6	29,6	30,5	31,5	32,5	33,5	34,5	35,4
2,75	0,5	8,2	11,4	14,7	18,0	21,3	24,5	27,8	31,1	34,3	37,6	40,9
2,75	1,0	2,7	6,7	10,6	14,6	18,6	22,6	26,6	30,6	34,6	38,6	42,6
2,75	1,5	0,1	4,4	8,8	13,1	17,4	21,8	26,1	30,4	34,7	39,1	43,4
3,00	0,0	25,4	26,4	27,3	28,3	29,3	30,3	31,3	32,2	33,2	34,2	35,2
3,00	0,5	8,0	11,3	14,6	17,9	21,1	24,4	27,7	31,0	34,2	37,5	40,8
3,00	1,0	2,6	6,6	10,6	14,6	18,6	22,6	26,6	30,6	34,6	38,5	42,5
3,00	1,5	0,0	4,4	8,7	13,0	17,4	21,7	26,0	30,4	34,7	39,0	43,4

Temperatura de la piel (°C)

Actividad (met)	Arropamiento (clo)	Temperatura ambiente (°C)										
		-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
1,00	0,0	27,5	28,5	29,5	30,4	31,4	32,4	33,4	34,4	35,3	36,3	37,3
1,00	0,5	27,7	28,6	29,6	30,6	31,6	32,6	33,5	34,5	35,5	36,5	37,5
1,00	1,0	27,8	28,8	29,8	30,8	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7	36,6	37,6
1,00	1,5	28,0	29,0	29,9	30,9	31,9	32,9	33,9	34,8	35,8	36,8	37,8
1,25	0,0	27,2	28,2	29,2	30,2	31,2	32,1	33,1	34,1	35,1	36,1	37,0
1,25	0,5	27,4	28,4	29,4	30,4	31,4	32,3	33,3	34,3	35,3	36,3	37,2
1,25	1,0	27,6	28,6	29,6	30,6	31,6	32,5	33,5	34,5	35,5	36,5	37,4
1,25	1,5	27,8	28,8	29,8	30,8	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7	36,6	37,6
1,50	0,0	27,0	28,0	28,9	29,9	30,9	31,9	32,9	33,8	34,8	35,8	36,8
1,50	0,5	27,2	28,2	29,2	30,1	31,1	32,1	33,1	34,1	35,0	36,0	37,0
1,50	1,0	27,4	28,4	29,4	30,4	31,4	32,3	33,3	34,3	35,3	36,3	37,2
1,50	1,5	27,7	28,7	29,6	30,6	31,6	32,6	33,6	34,5	35,5	36,5	37,5
1,75	0,0	26,7	27,7	28,7	29,6	30,6	31,6	32,6	33,6	34,5	35,5	36,5
1,75	0,5	27,0	28,0	28,9	29,9	30,9	31,9	32,9	33,8	34,8	35,8	36,8
1,75	1,0	27,3	28,2	29,2	30,2	31,2	32,2	33,1	34,1	35,1	36,1	37,1
1,75	1,5	27,5	28,5	29,5	30,5	31,5	32,4	33,4	34,4	35,4	36,4	37,3
2,00	0,0	26,4	27,4	28,4	29,4	30,4	31,3	32,3	33,3	34,3	35,3	36,2
2,00	0,5	26,8	27,7	28,7	29,7	30,7	31,7	32,6	33,6	34,6	35,6	36,6
2,00	1,0	27,1	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	32,9	33,9	34,9	35,9	36,9
2,00	1,5	27,4	28,4	29,3	30,3	31,3	32,3	33,3	34,2	35,2	36,2	37,2
2,25	0,0	26,2	27,2	28,1	29,1	30,1	31,1	32,1	33,0	34,0	35,0	36,0
2,25	0,5	26,5	27,5	28,5	29,5	30,4	31,4	32,4	33,4	34,4	35,3	36,3
2,25	1,0	26,9	27,9	28,8	29,8	30,8	31,8	32,8	33,7	34,7	35,7	36,7
2,25	1,5	27,2	28,2	29,2	30,2	31,2	32,1	33,1	34,1	35,1	36,1	37,0
2,50	0,0	25,9	26,9	27,9	28,8	29,8	30,8	31,8	32,8	33,7	34,7	35,7
2,50	0,5	26,3	27,3	28,3	29,2	30,2	31,2	32,2	33,2	34,1	35,1	36,1
2,50	1,0	26,7	27,7	28,7	29,6	30,6	31,6	32,6	33,6	34,5	35,5	36,5
2,50	1,5	27,1	28,1	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	33,9	34,9	35,9	36,9
2,75	0,0	25,6	26,6	27,6	28,6	29,6	30,5	31,5	32,5	33,5	34,5	35,4
2,75	0,5	26,1	27,1	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	32,9	33,9	34,9	35,9
2,75	1,0	26,5	27,5	28,5	29,4	30,4	31,4	32,4	33,4	34,3	35,3	36,3
2,75	1,5	26,9	27,9	28,9	29,9	30,9	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,7
3,00	0,0	25,4	26,4	27,3	28,3	29,3	30,3	31,3	32,2	33,2	34,2	35,2
3,00	0,5	25,8	26,8	27,8	28,8	29,8	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,6
3,00	1,0	26,3	27,3	28,3	29,3	30,2	31,2	32,2	33,2	34,2	35,1	36,1
3,00	1,5	26,8	27,8	28,7	29,7	30,7	31,7	32,7	33,6	34,6	35,6	36,6

Cálculo de sombras arrojadas sobre el suelo por los edificios



Cálculo de sombras arrojadas sobre el suelo por los edificios

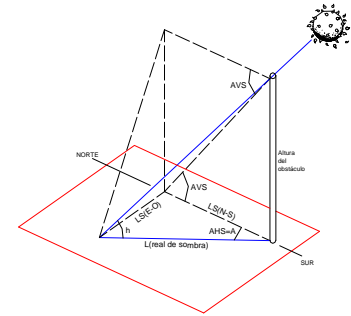
$$L_{\text{REAL DE SOMBRA}} = \frac{\text{Altura del obstáculo}}{\text{tg } h}$$

$$LS_{N-S} = \frac{\text{Altura del obstáculo}}{\text{tg } AS_V}$$

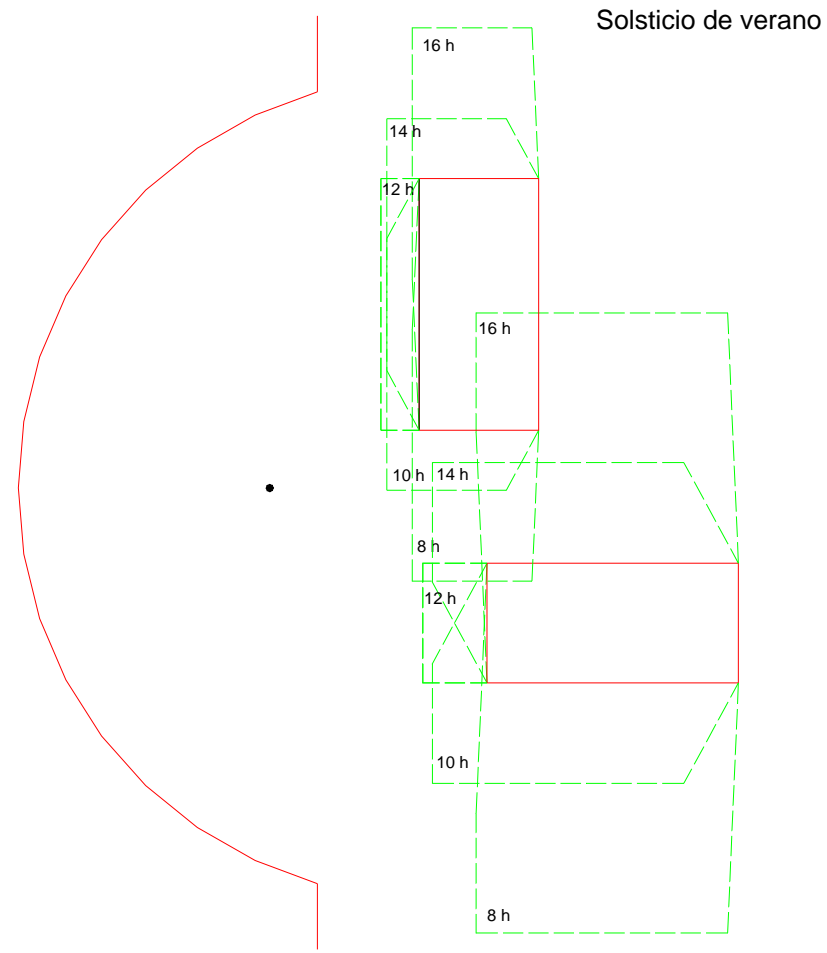
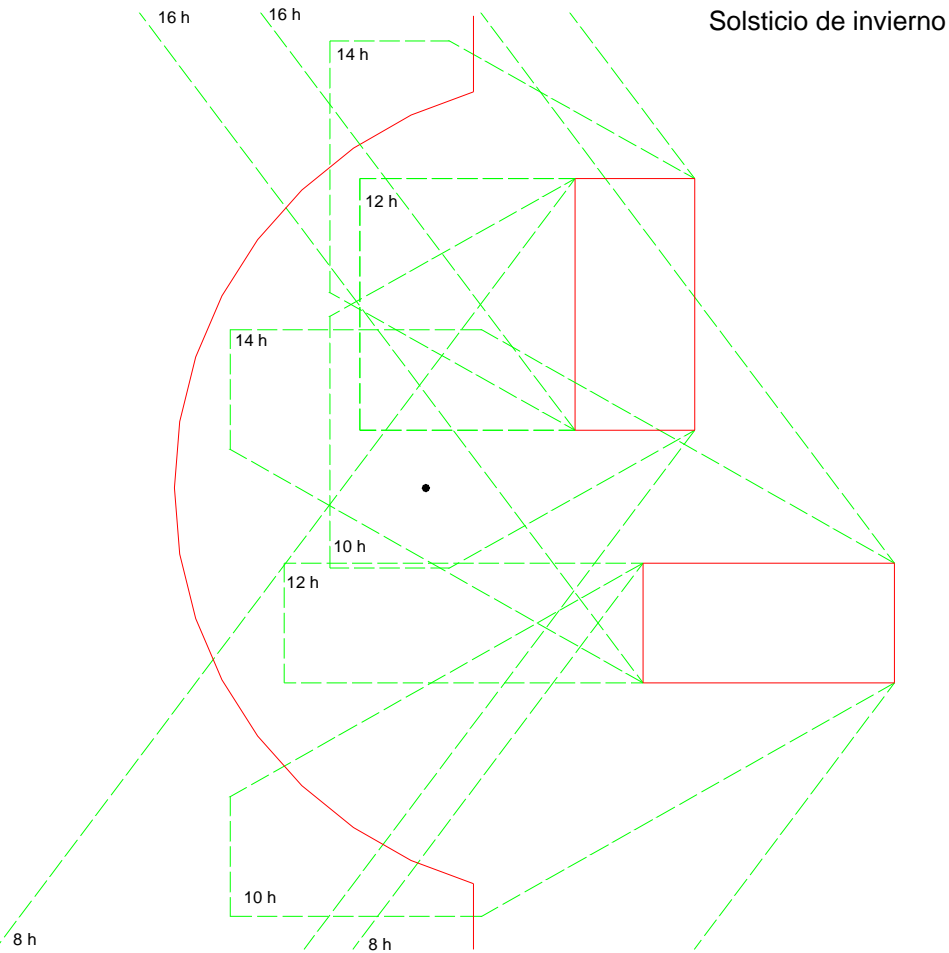
$$AVS = \text{arc tg } (\text{tg } h \cdot \sec AHS)$$

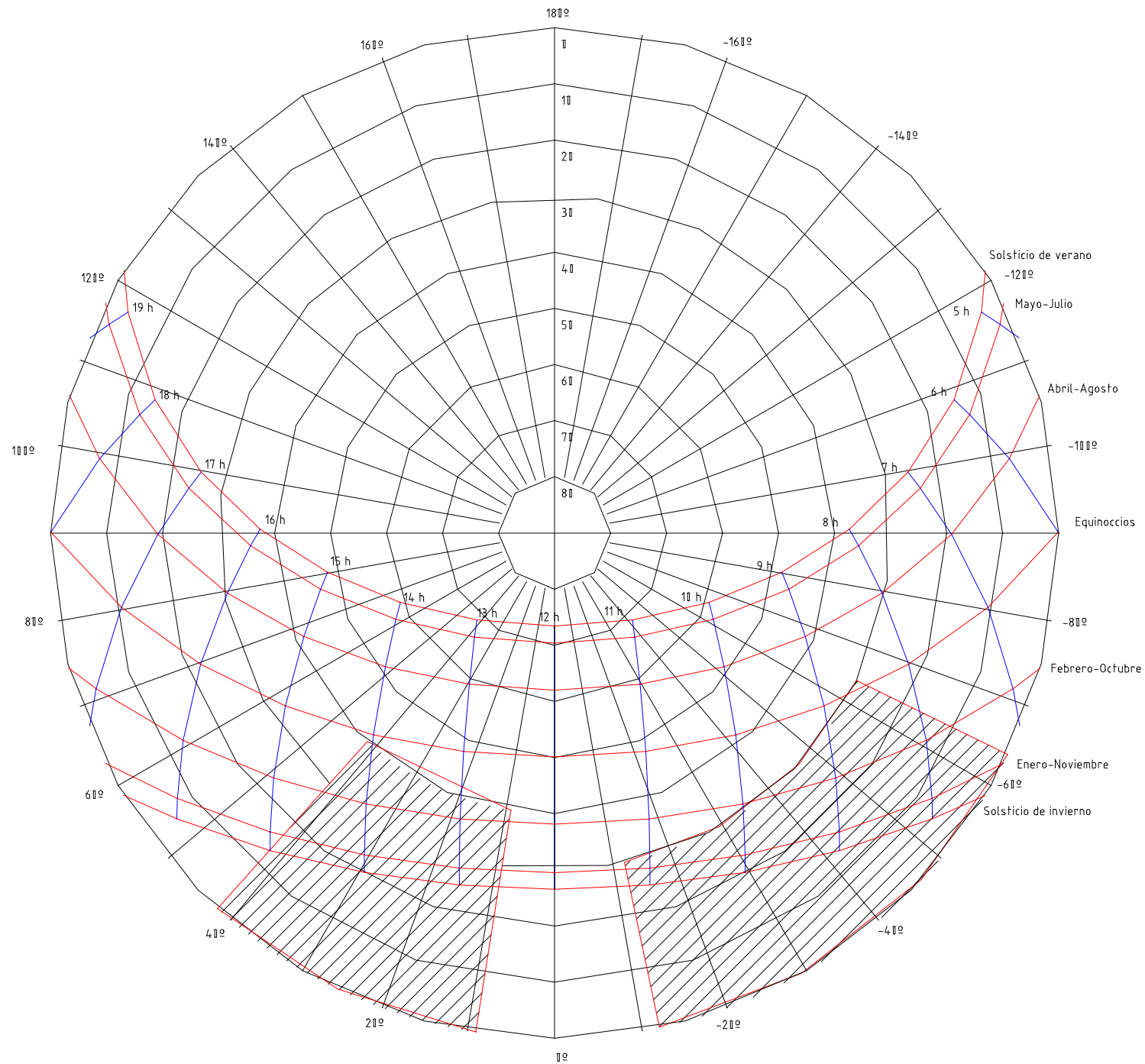
$$LS_{E-O} = LS_{N-S} \cdot \text{tg } AHS$$

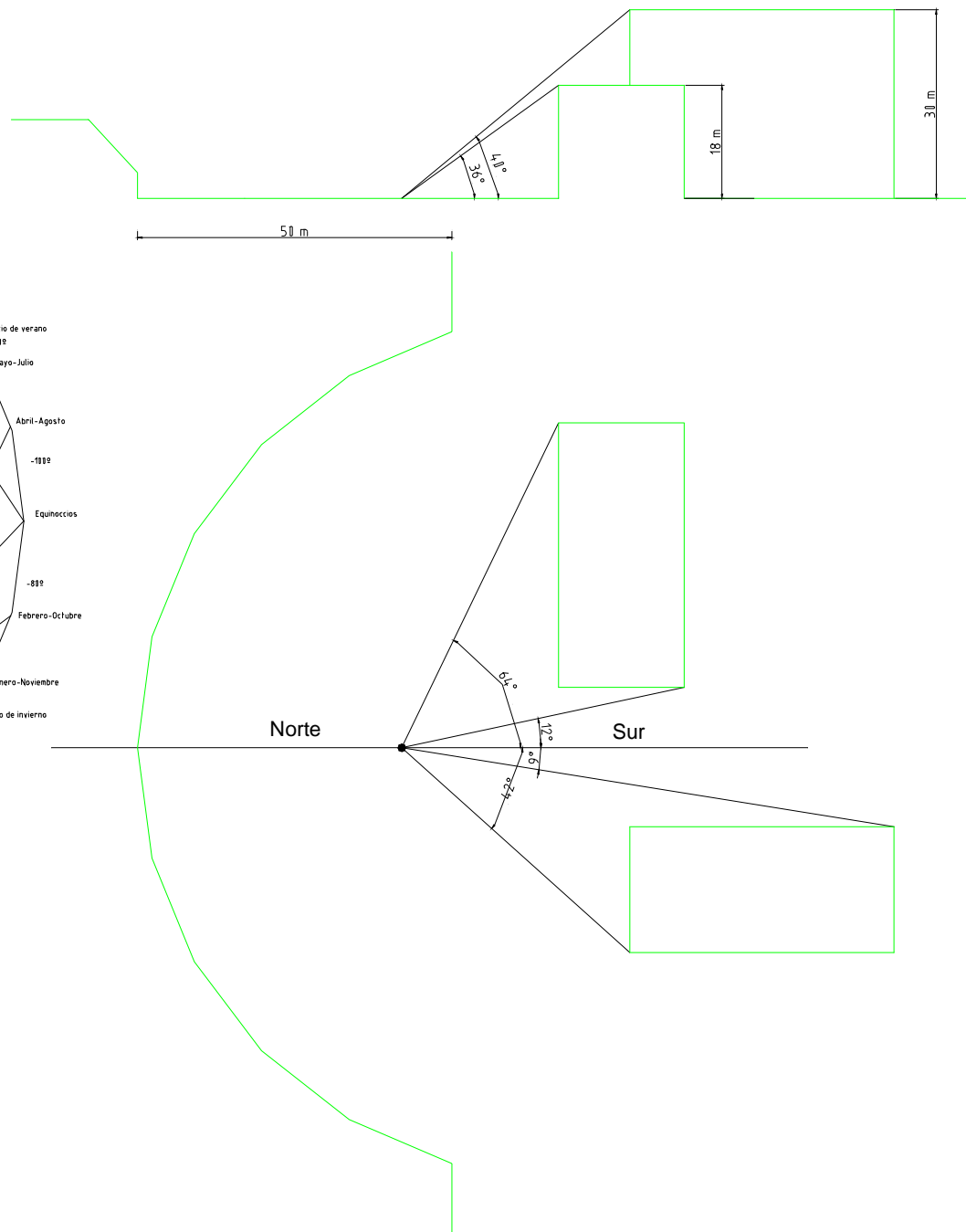
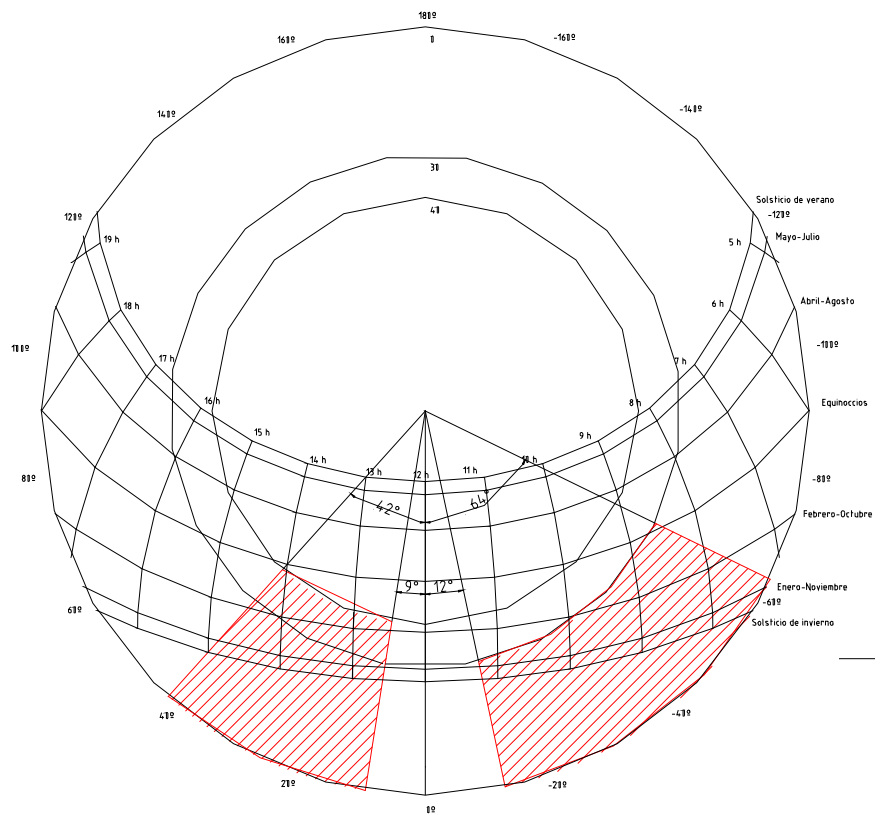
AHS= Acimut del sol



Sombras arrojadas sobre una plaza







Intercambios energéticos que se producen en el espacio exterior en condiciones de verano

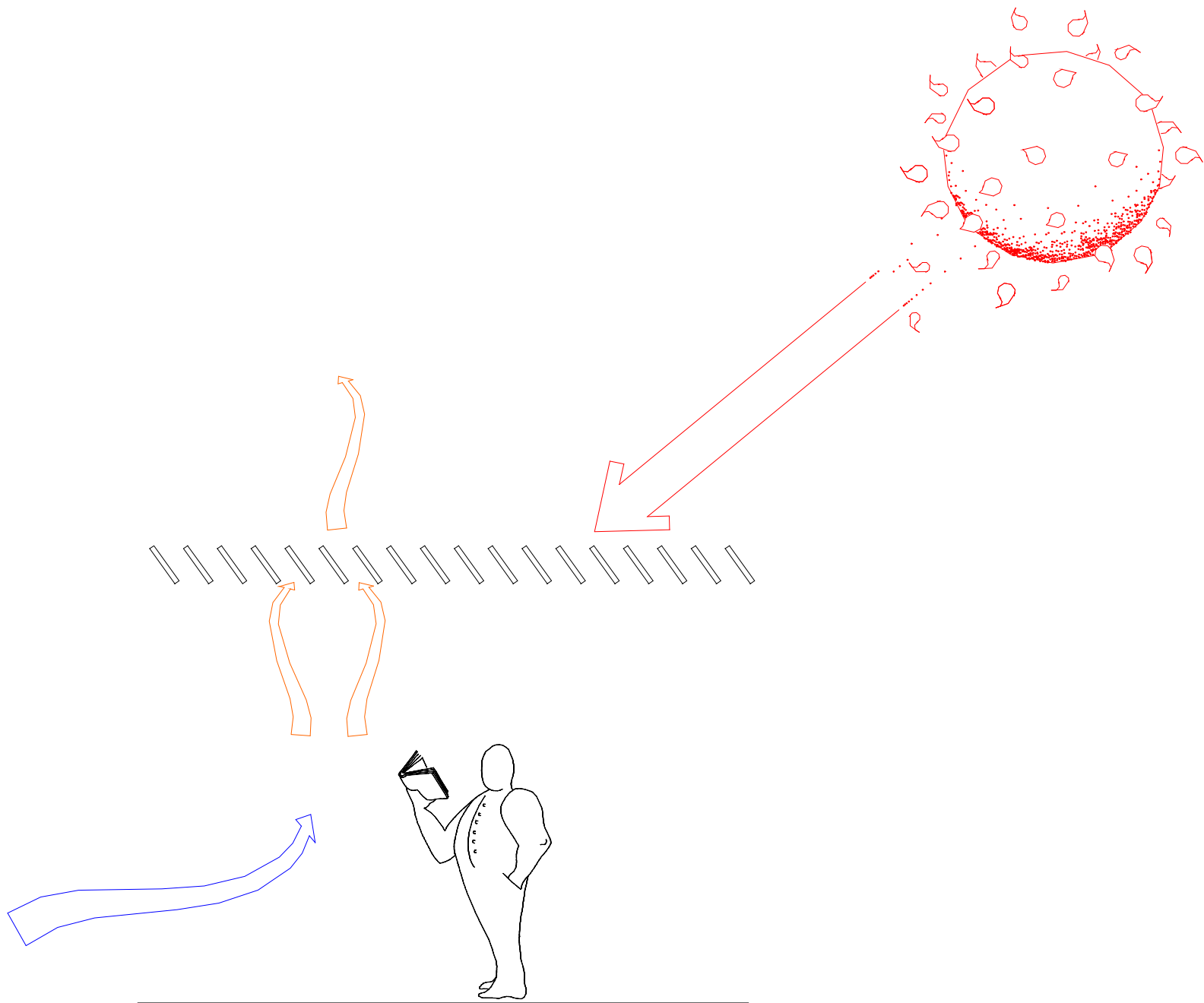
- ☒ Ganancias por radiación solar directa
- ☒ Ganancias por radiación solar reflejada en las superficies del entorno
- ☒ Ganancias por radiación solar difundida en la bóveda celeste, las nubes y otras superficies
- ☒ Intercambios por radiación de onda larga con las superficies calientes del entorno
- ☒ Intercambios por convección con el aire
- ☒ Pérdidas por radiación de onda larga con la bóveda celeste.

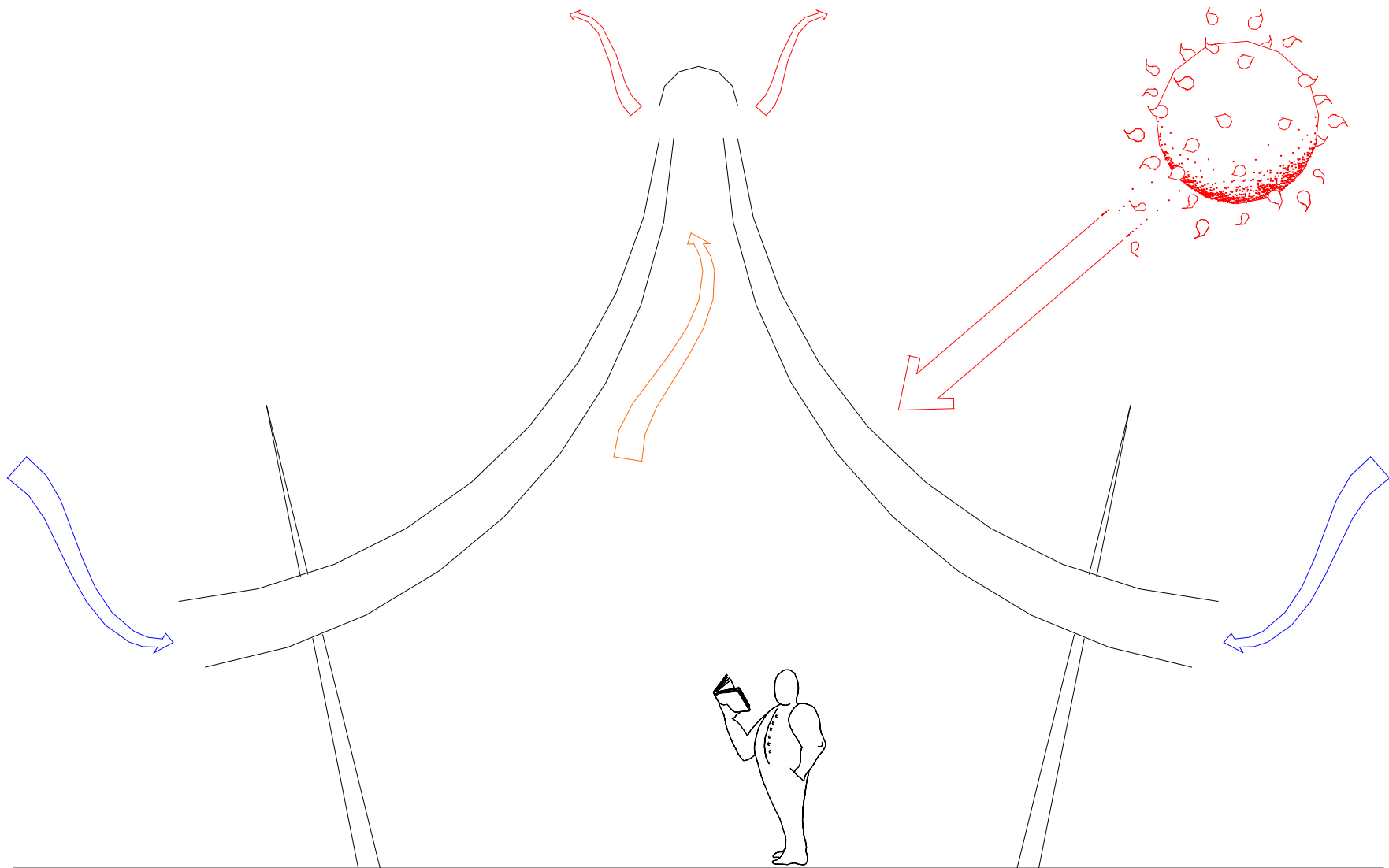
Actuaciones generales 4

- Reducir la radiación solar directa y reflejada.
- Favorecer la presencia de viento fresco.
- Incorporar superficies frías.
- Enfriar el aire

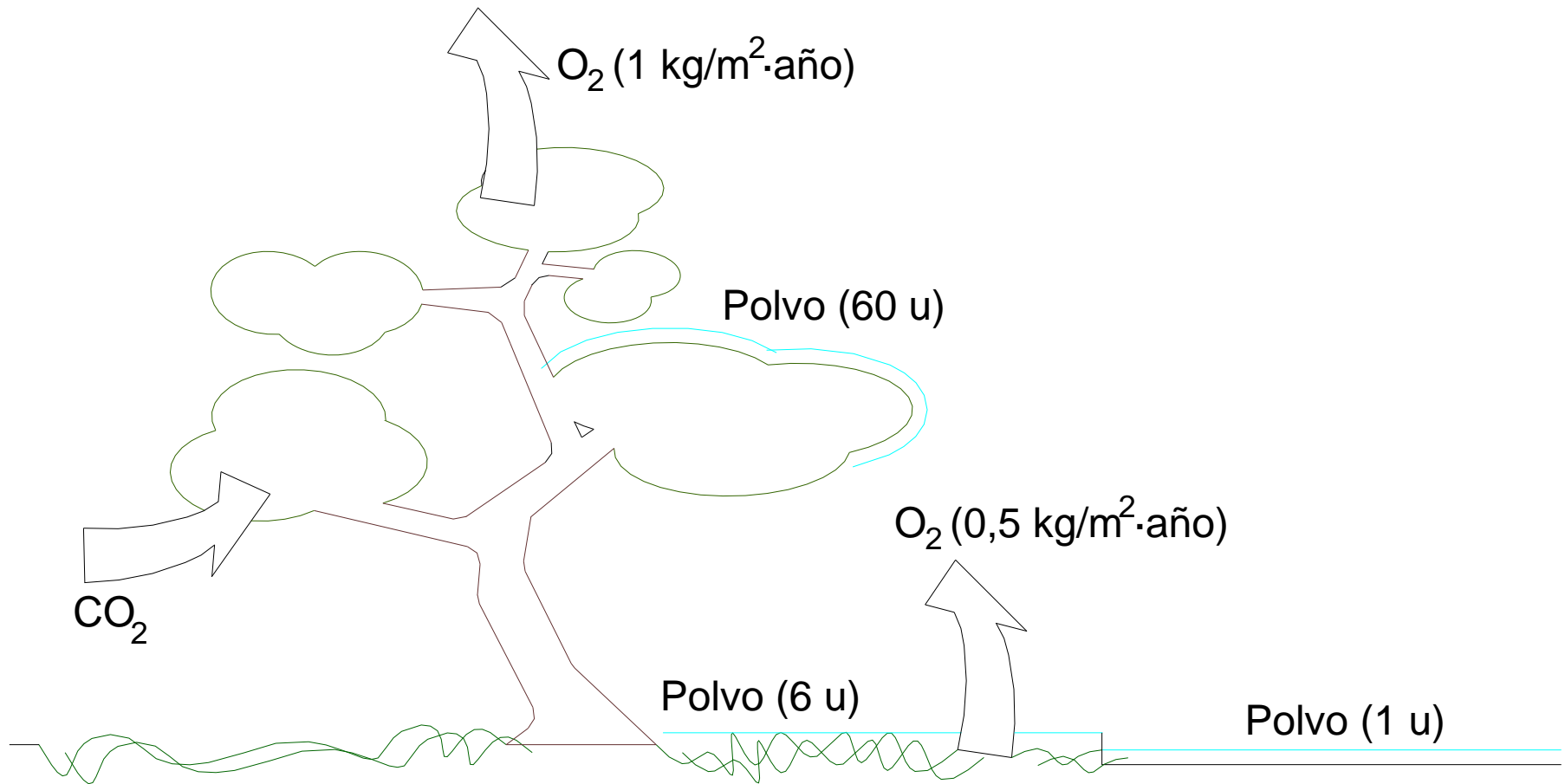
FENÓMENO	ESTRATEGIA BÁSICA	ESTRATEGIA ESPECÍFICA
Ganancias por radiación solar directa.	Sombreamiento	Empleo de protecciones solares
Ganancias por radiación solar reflejada en las superficies del entorno.	Empleo de superficies con bajos coeficientes de reflexión	Colores oscuros
		Agua
	Vegetación	
	Sombreamiento	Empleo de protecciones solares
Ganancias por radiación solar difundida en la bóveda celeste, las nubes y otras superficies.	Sombreamiento	Empleo de protecciones solares
Intercambios por radiación de onda larga con las superficies calientes del entorno.	Empleo de superficies con bajos coeficientes de absorción	Colores claros
		Agua
		Vegetación
	Sombreamiento	Empleo de protecciones solares
	Enfriamiento	Riego
Intercambios por convección con el aire.	Aumento de la velocidad del aire, si su temperatura es baja	Aprovechamiento del viento con el diseño del espacio
		Cambio de dirección y velocidad mediante obstrucciones
	Enfriamiento	Agua en fuentes o pulverizada
Pérdidas por radiación de onda larga con la bóveda celeste.	No sombreamiento	Empleo de protecciones solares móviles

Material		Absortancia	Reflectancia	Transmitancia
Cobertura textil de color claro	Limpia	0,10	0,65	0,25
	Sucia	0,30	0,55	0,15
Cobertura textil de color oscuro	Limpia	0,60	0,30	0,10
	Sucia	0,65	0,25	0,10
Cobertura de plástico de color claro	Limpia	0,10	0,75	0,15
	Sucia	0,30	0,65	0,05
Cobertura de plástico de color oscuro	Limpia	0,60	0,30	0,10
	Sucia	0,65	0,30	0,05
Cobertura opaca de color claro	Limpia	0,20	0,80	0
	Sucia	0,40	0,60	0
Cobertura opaca de color oscuro	Limpia	0,80	0,20	0
	Sucia	0,80	0,20	0
Cobertura vegetal	Tupida	0,80	0,20	0
	Poco tupida	0,55	0,15	0,30
Cobertura de lamas opacas	Claras	0,20	0,80	0
	Oscuras	0,80	0,20	0



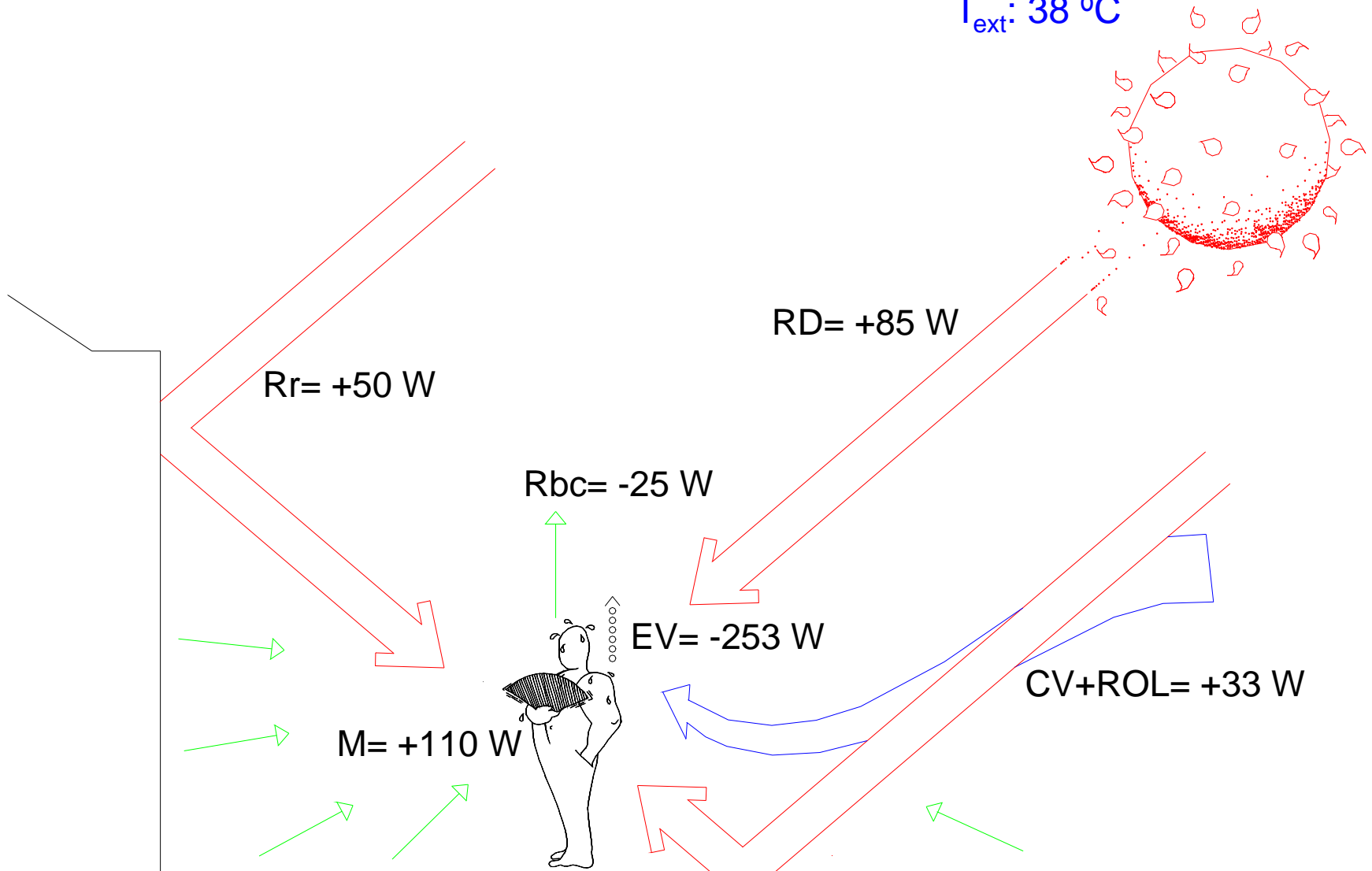


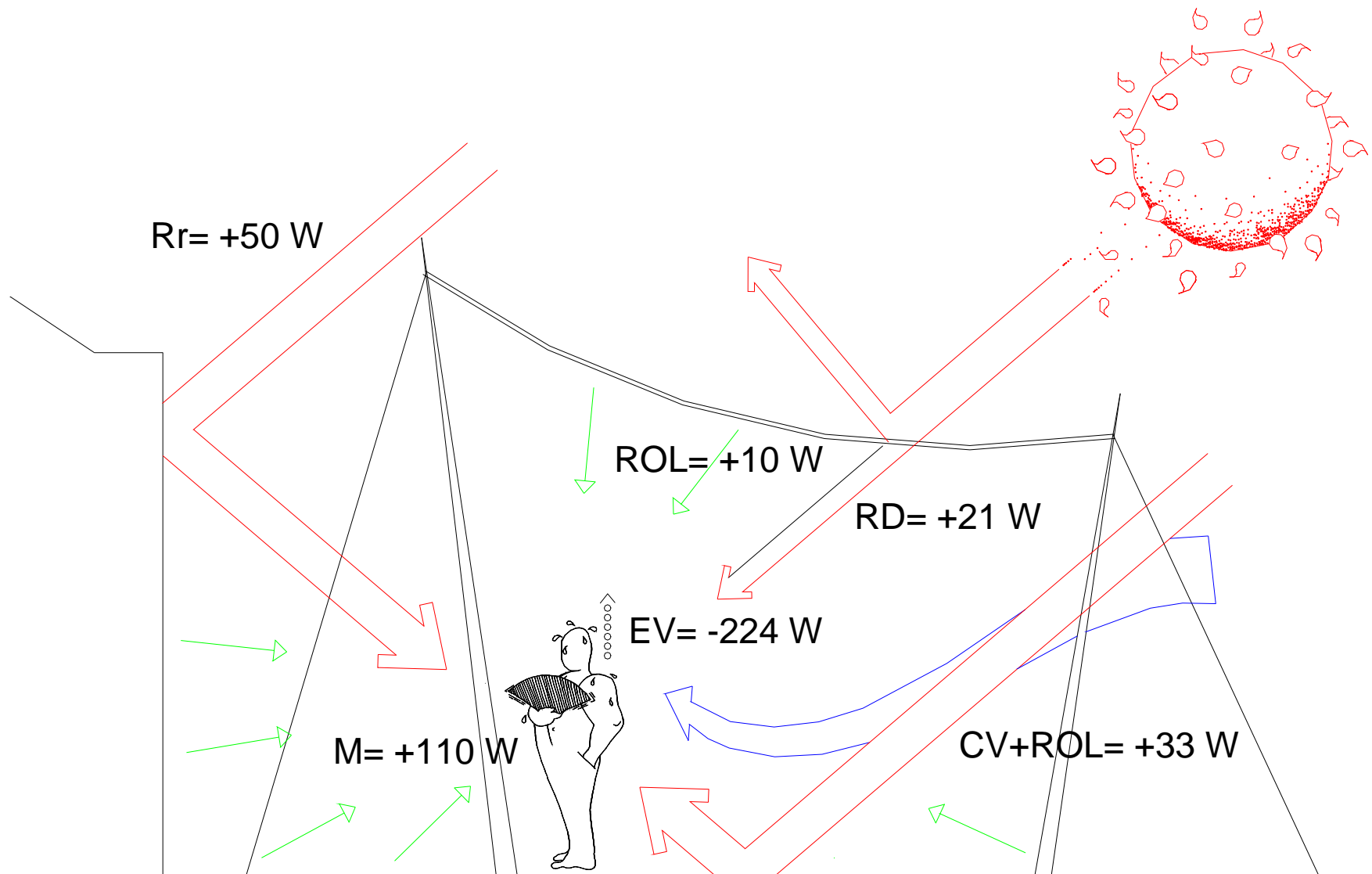
Efectos globales de la vegetación

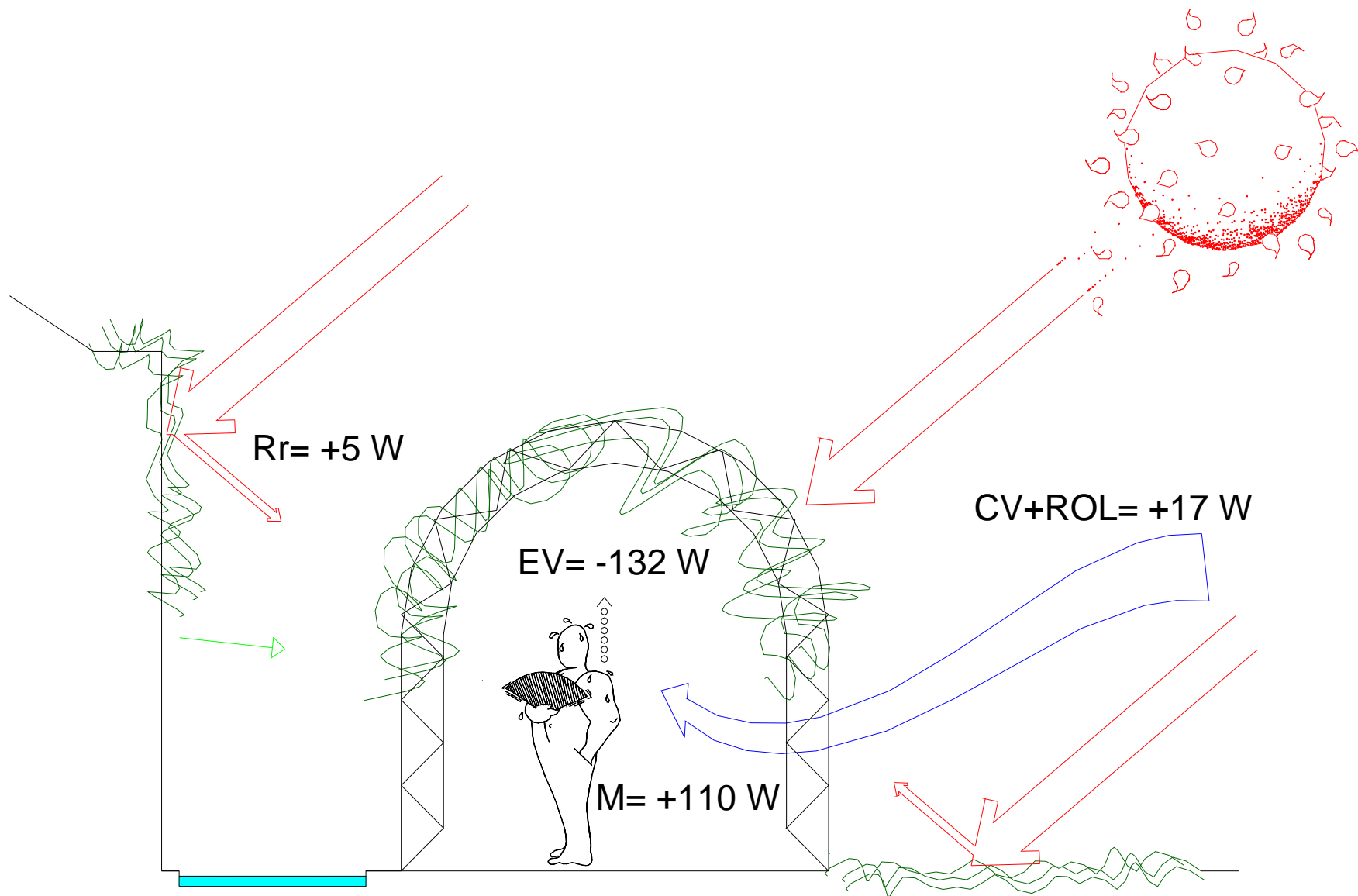


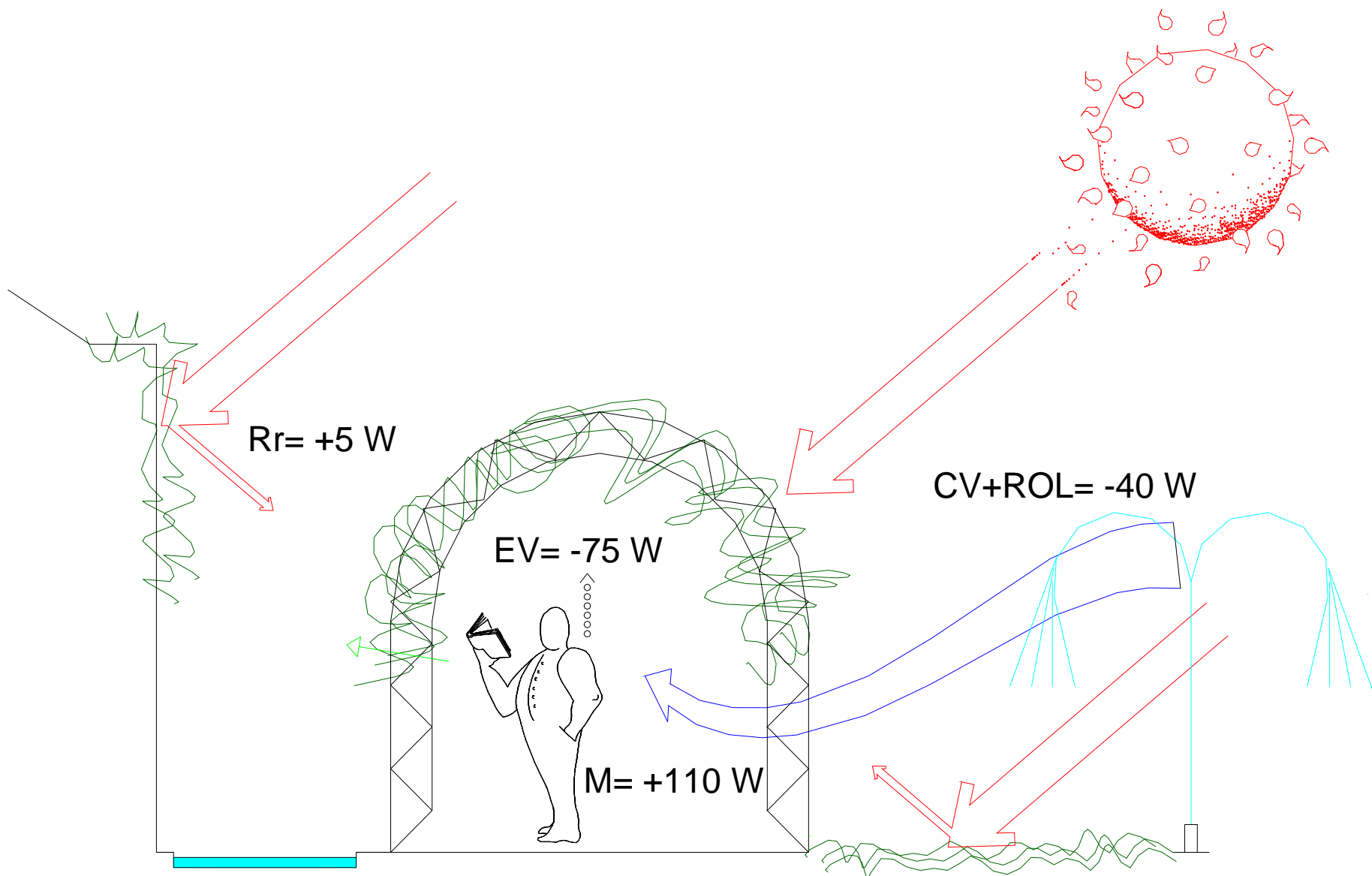
Tipo de pavimento	Expuesto a sol	Sombreado
Pavimento de color claro	La temperatura exterior más 10 °C	La temperatura exterior
Pavimento de color medio	La temperatura exterior más 20 °C	La temperatura exterior más 5 °C
Pavimento de color oscuro	La temperatura exterior más 30 °C	La temperatura exterior más 10 °C
Césped	Regado: La temperatura exterior menos 5 °C Sin regar: La temperatura exterior	

Madrid, día descubierto
14:00 mes de julio
 $T_{\text{ext}} = 38\text{ }^{\circ}\text{C}$









4. Ejemplo de aplicación SOLAR DECATHLON

Solar Decathlon 2005: Las 10 pruebas

1	Arquitectura – Satisfacción de las necesidades bienestar, con una buena organización de espacios
2	Atractivo – Grado de aceptación desde la perspectiva de la demanda social
3	Desarrollo del Proyecto – Calidad de la documentación generada (diseño, construcción y coste); modelado energético de la vivienda
4	Comunicaciones – Elaboración de contenidos (bases, principios de diseño y tecnologías empleadas) y presentación a los visitantes (organizadores, profesionales, medios de comunicación y usuarios de internet)
5	Confort – Niveles adecuados de temperatura, humedad relativa y calidad del aire

Solar Decathlon 2005: Las 10 pruebas

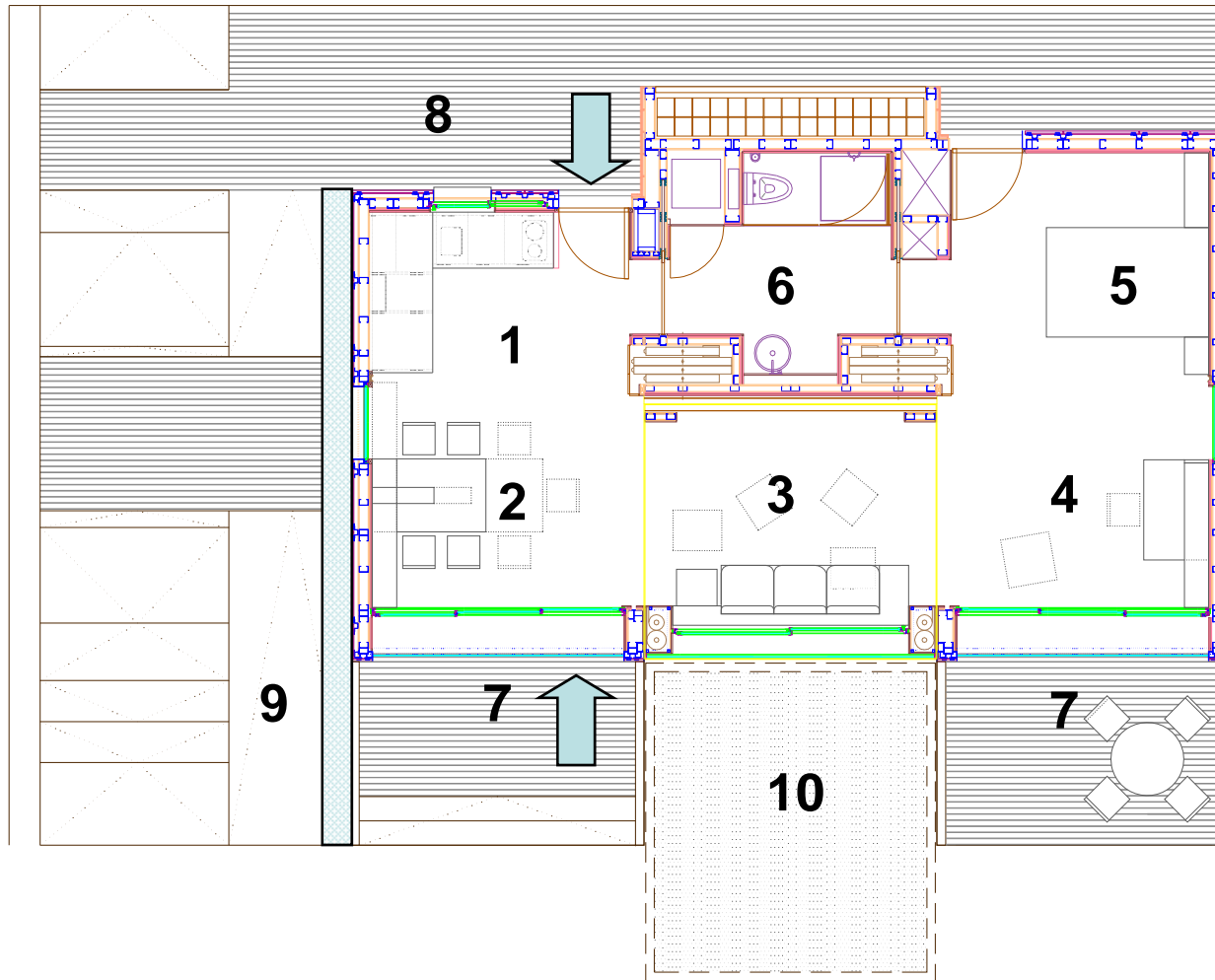
6	Equipamiento – Funcionamiento diario de electrodomésticos (lavadora, secadora, lavavajillas, microondas, frigorífico, televisión, video, ordenador, etc)
7	Agua caliente – Suministro diario de determinada cantidad de agua caliente sanitaria mediante energía solar
8	Iluminación - Niveles adecuados de iluminación natural y artificial, utilizando tecnologías eficientes
9	Balance energético – Se valora en qué medida la energía solar es capaz de suministrar la electricidad requerida para satisfacer las necesidades de la vivienda
10	Movilidad – Suministro de electricidad para alimentar un coche eléctrico con el que realizar determinados recorridos

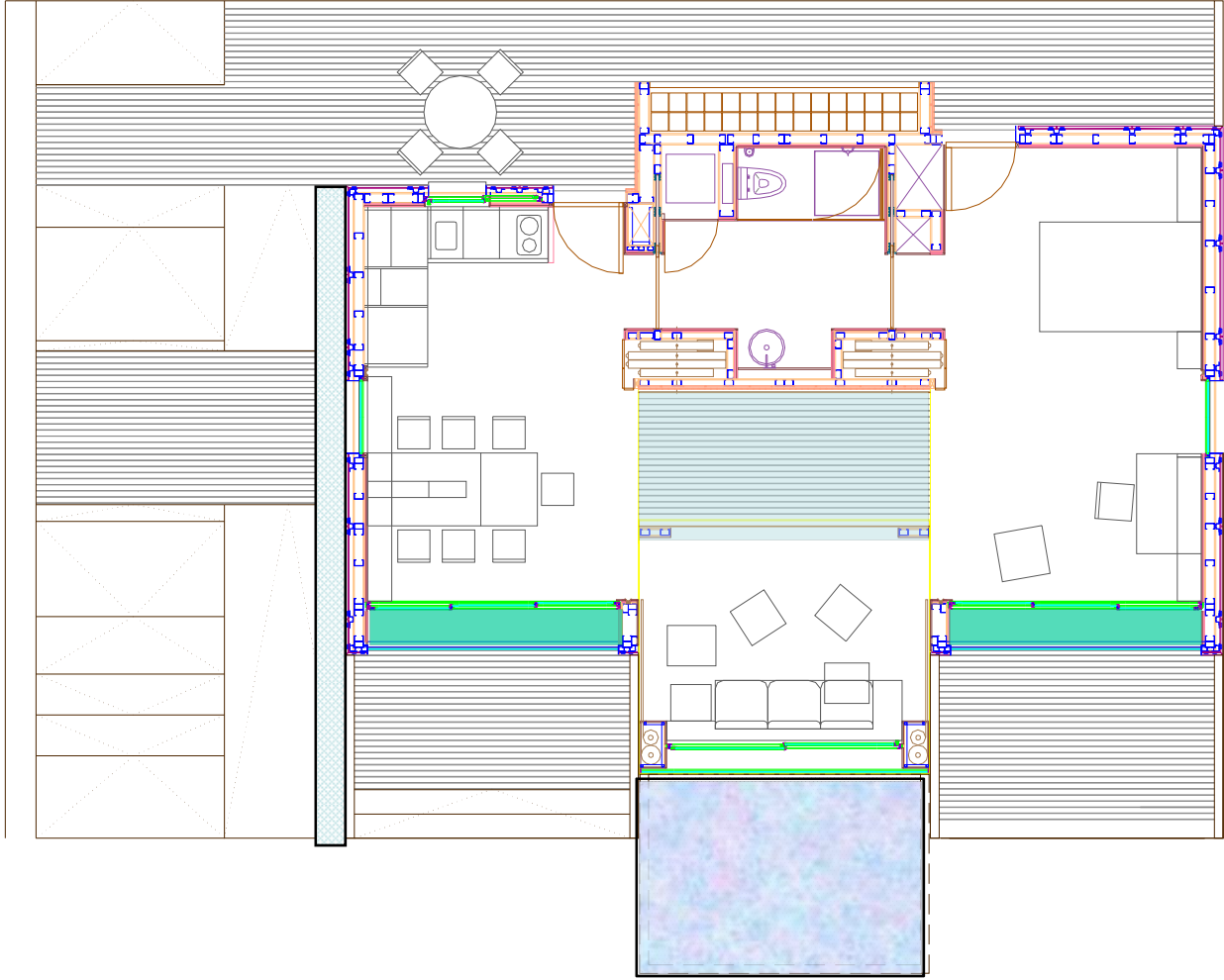


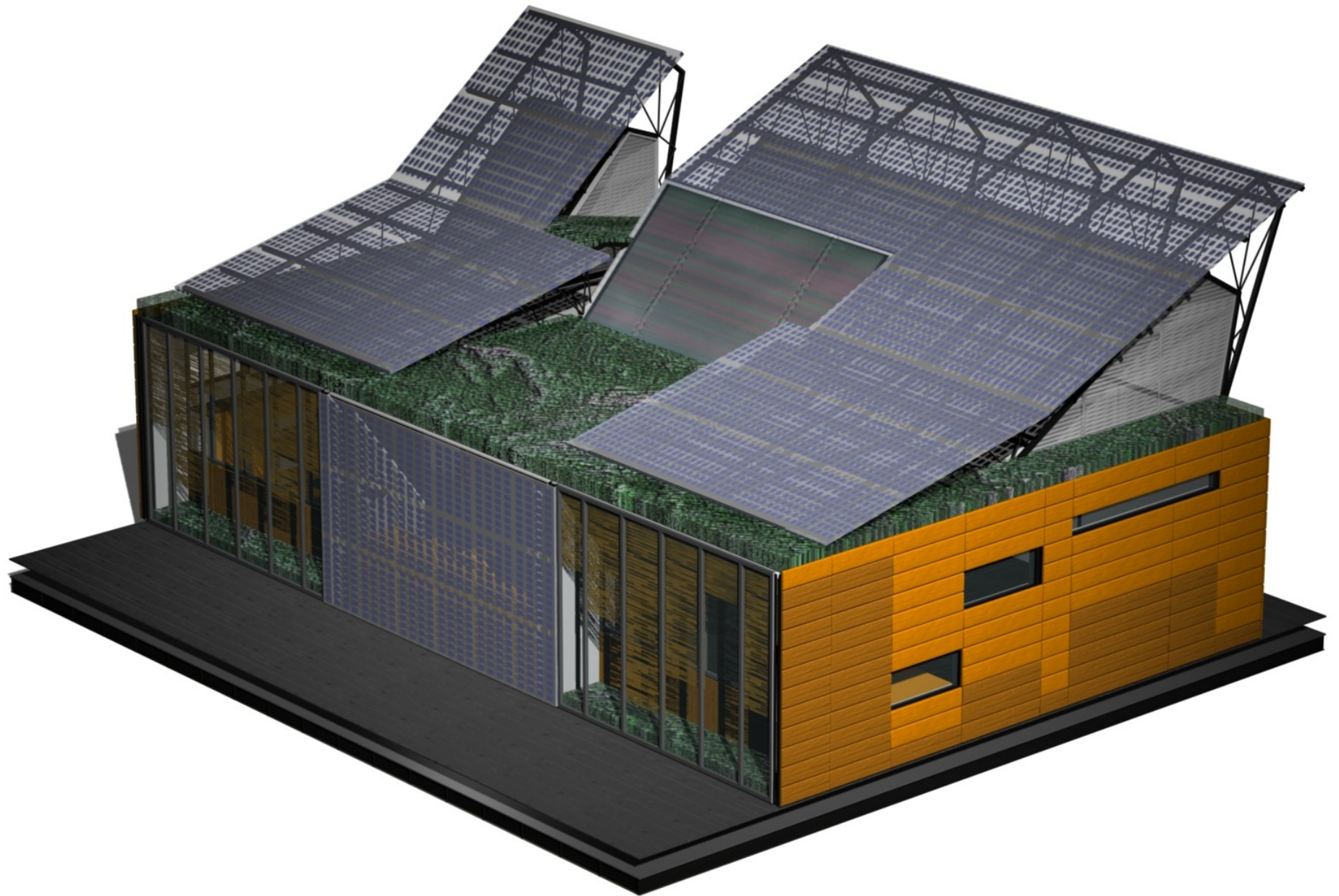
¿Qué tiene MAGIC BOX?

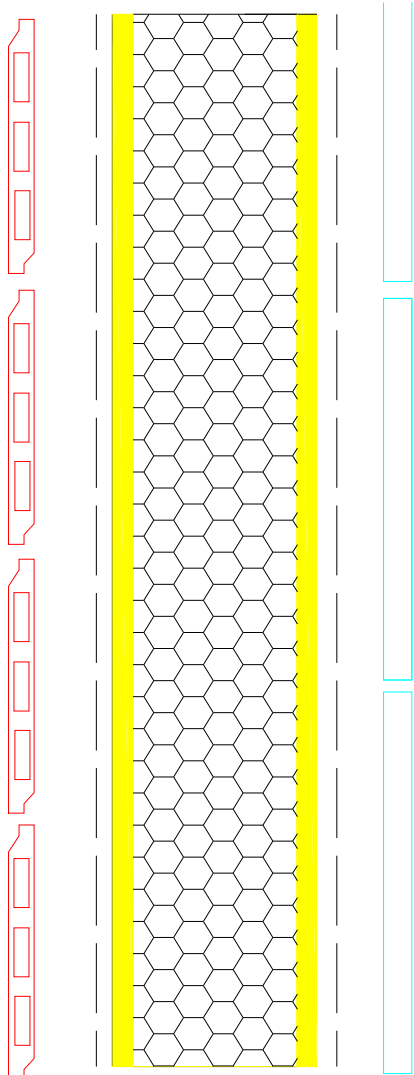
- Concepción bioclimática y sostenible con una integración atractiva de las tecnologías solares
- Multifuncionalidad de espacios para que se adapte a las necesidades de los usuarios
- Carácter europeo y mediterráneo, con la presencia de vegetación en la cubierta y en dos invernaderos, con masa térmica, materiales cerámicos e, incluso, con un patio

Vivienda
de **70 m²**
en una
parcela de
500 m²

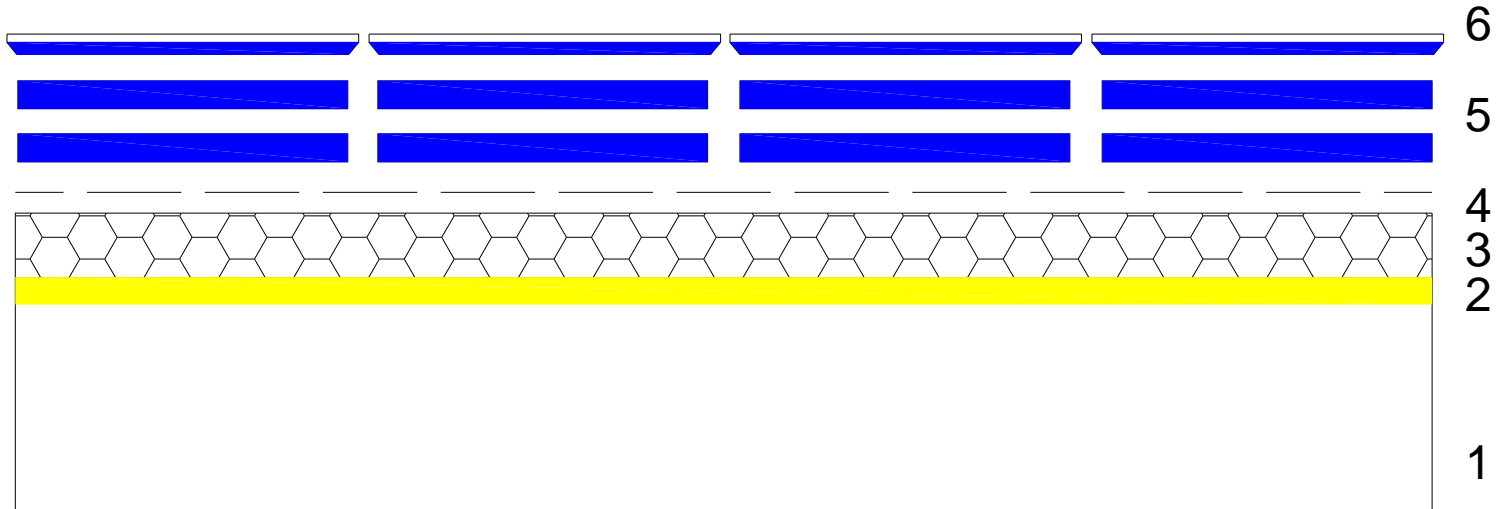


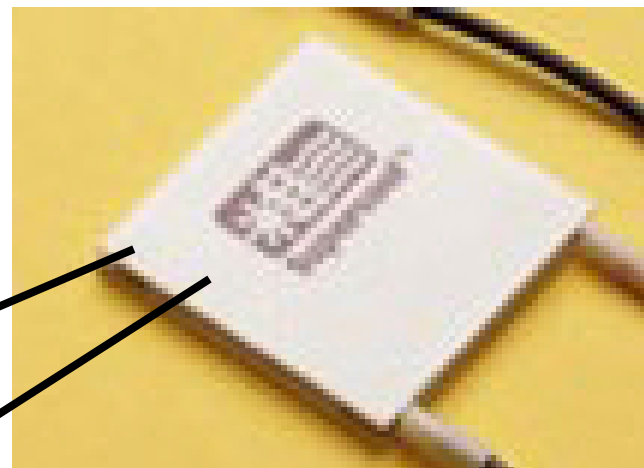
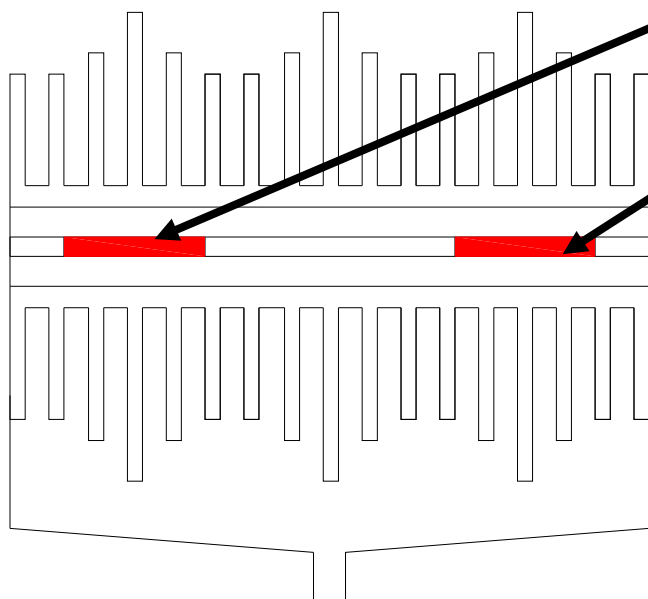


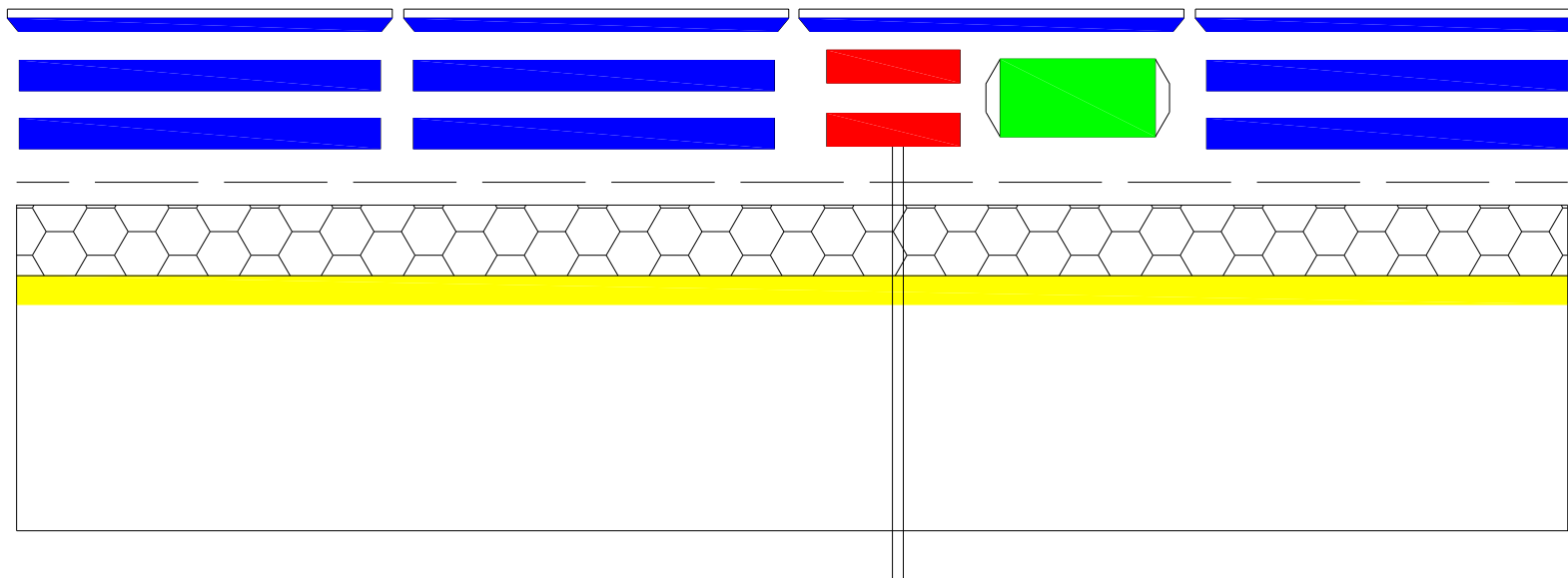




Control de la temperatura

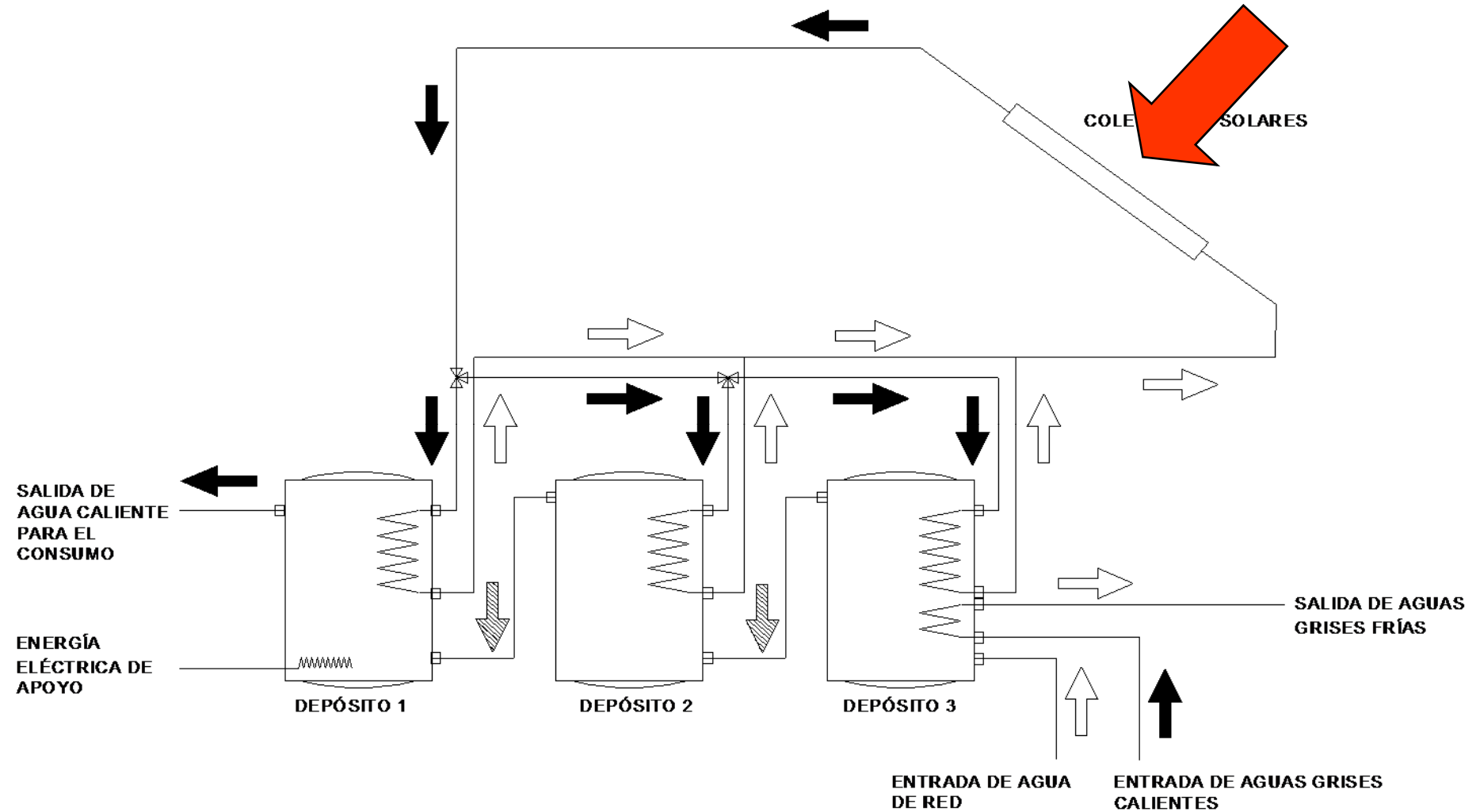






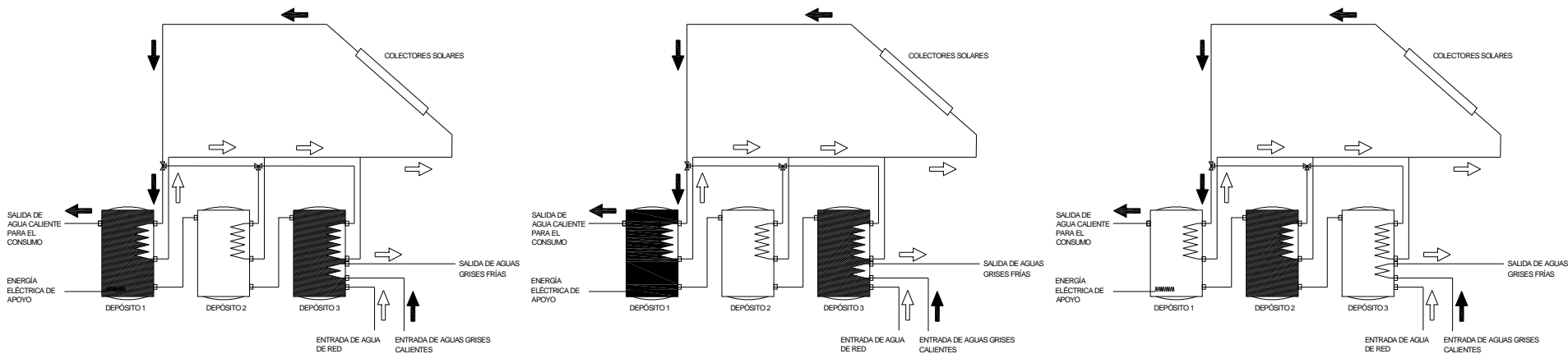


Producción de ACS



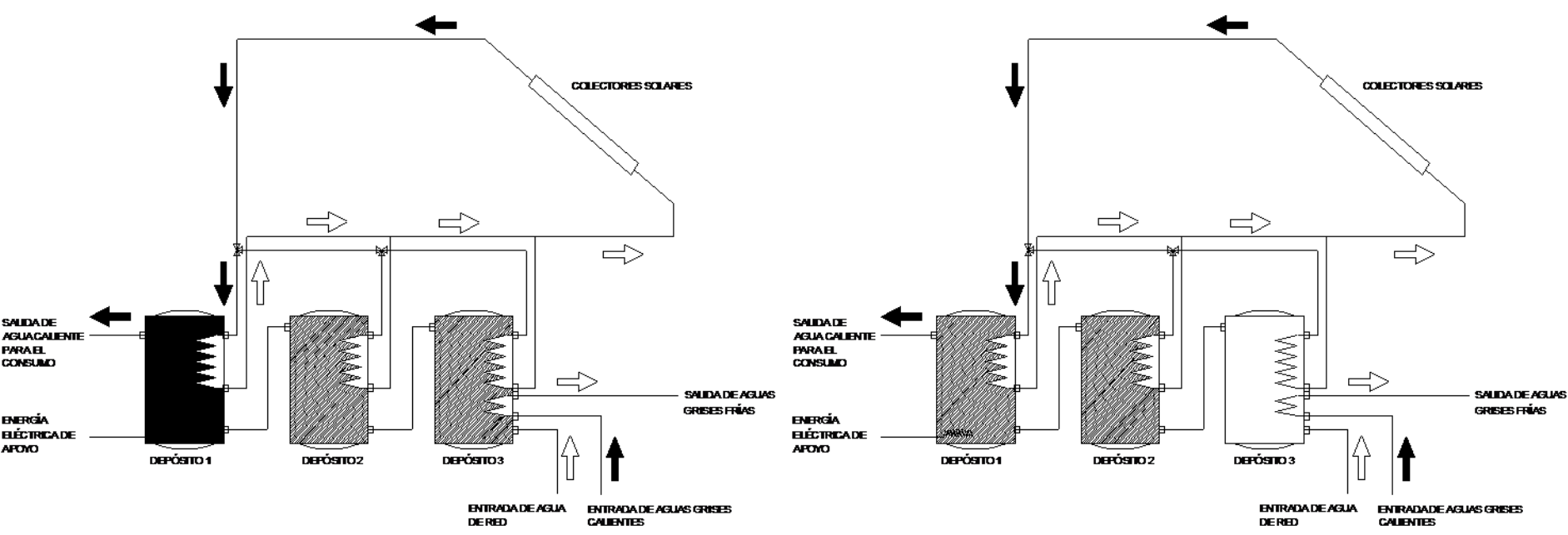
Situación climatológica de baja radiación solar.

- 1. No hay suficiente temperatura en el depósito 1. No llega por tanto nada al depósito 2. El depósito 3 está precalentado con la energía residual.
- 2. Aportación de energía de apoyo exclusivamente al depósito i para asegurar la temperatura de consumo deseada sin gastar más energía que la imprescindible para el consumo del momento.
- 3. Tras el consumo el depósito 2 ha recibido el agua precalentada que estaba en el depósito 3. El depósito 1 está preparado para calentarse con energía solar. El depósito 3 está preparado para recoger la energía de las aguas grises que se acaban de consumir.



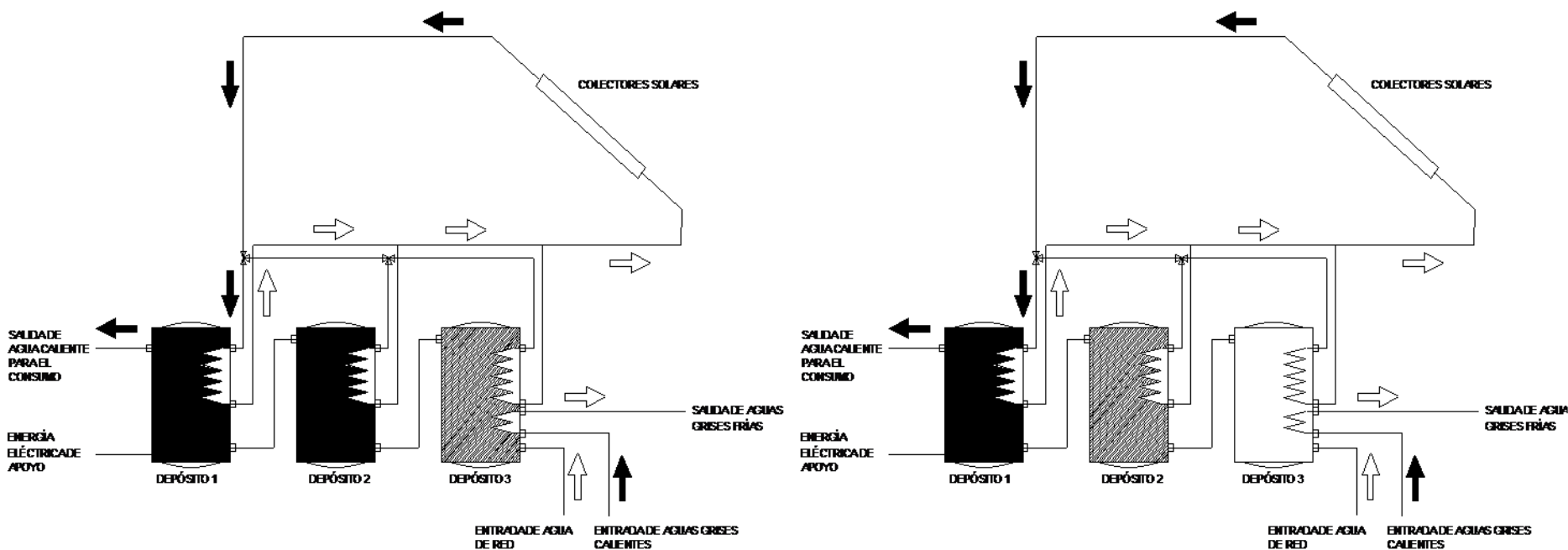
Situación climatológica con radiación solar suficiente.

- 1. Se ha alcanzado la temperatura adecuada en el depósito 1. Al depósito 2 llega algo de energía excedente. El depósito 3 está precalentado con la energía residual.
- 2. No es necesaria energía auxiliar de apoyo. Tras el consumo el depósito 1 ha recibido el agua precalentada que estaba en el depósito 2, y el depósito 2 la precalentada que estaba en el depósito 3. El depósito 1 está preparado para completar el calentamiento con una pequeña cantidad de energía solar. El depósito 3 está preparado para recoger la energía de las aguas grises que se acaban de consumir.

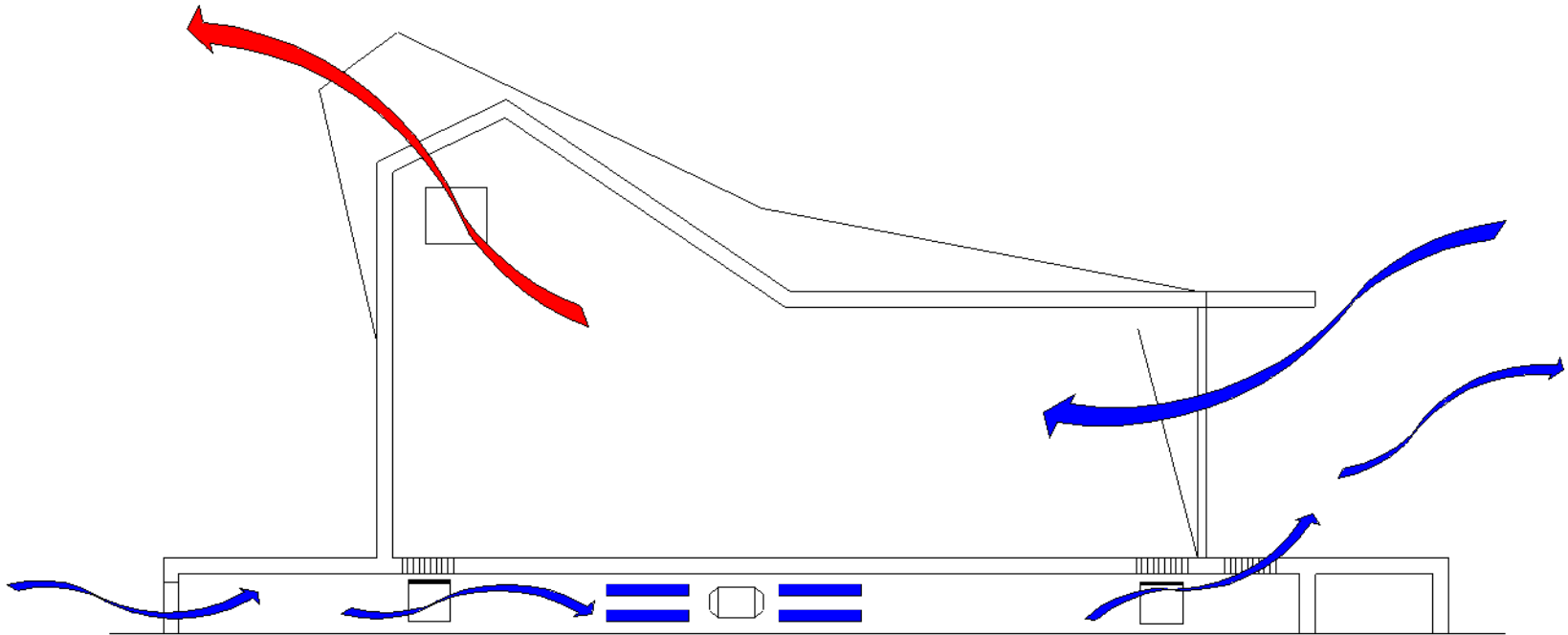


Situación climatológica con radiación solar superior a la necesaria.

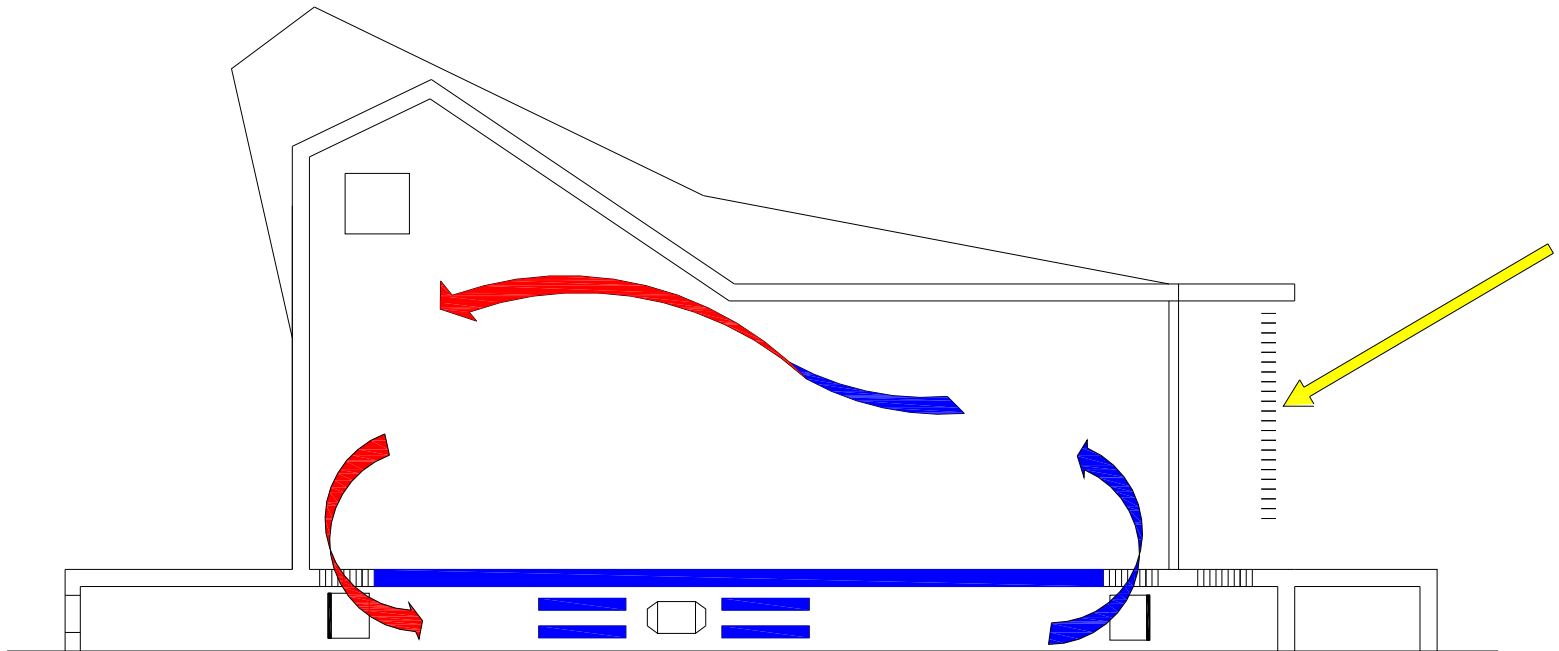
1. Se ha alcanzado la temperatura adecuada en el depósito 1. Al depósito 2 puede que llegue suficiente energía solar como para que también alcance la temperatura adecuada. El depósito 3 está precalentado con la energía residual y tal vez con energía solar excedente.
2. No es necesaria energía auxiliar de apoyo. Tras el consumo el depósito 1 ha recibido el agua caliente a la temperatura adecuada que estaba en el depósito 2, y el depósito 2 la precalentada que estaba en el depósito 3. El depósito 1 está preparado para el consumo y el depósito 2 para completar el calentamiento con energía solar. El depósito 3 está preparado para recoger la energía de las aguas grises que se acaban de consumir, y tal vez de energía solar excedente.



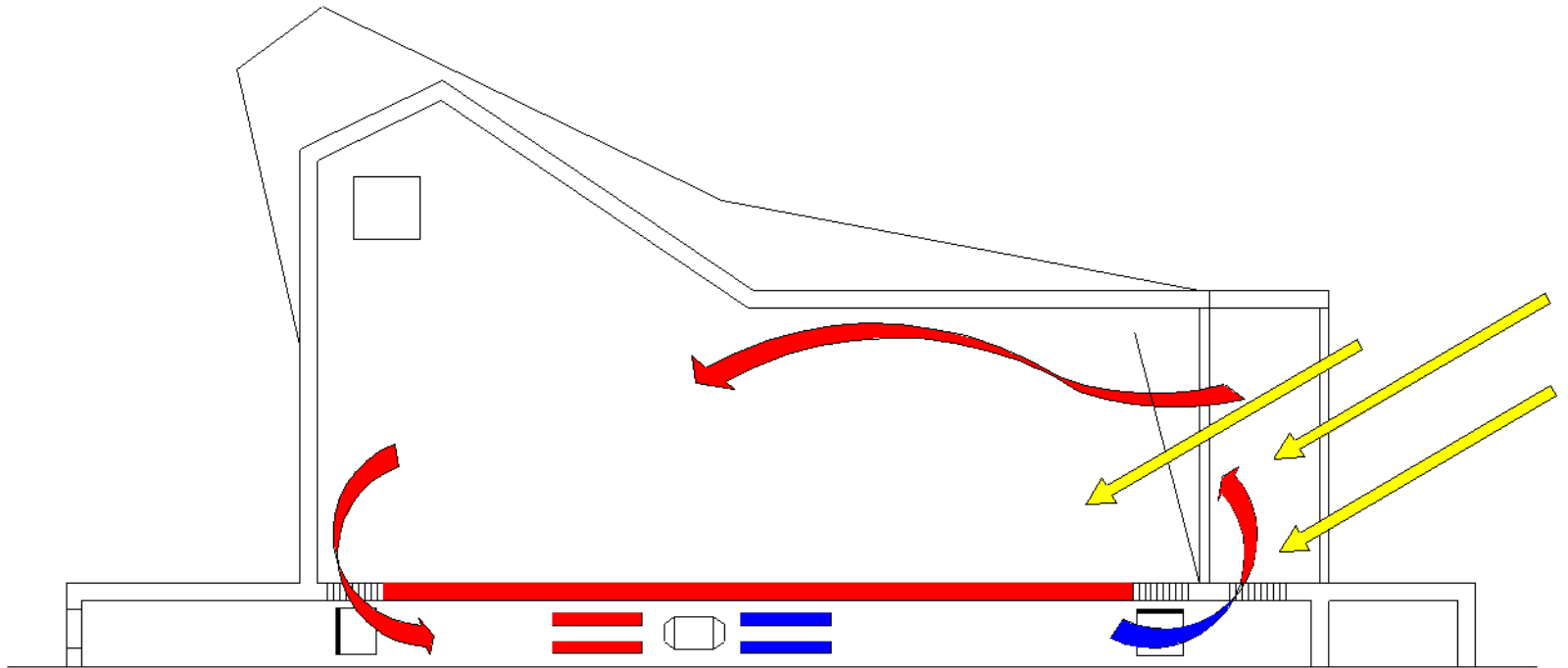
Noche de verano



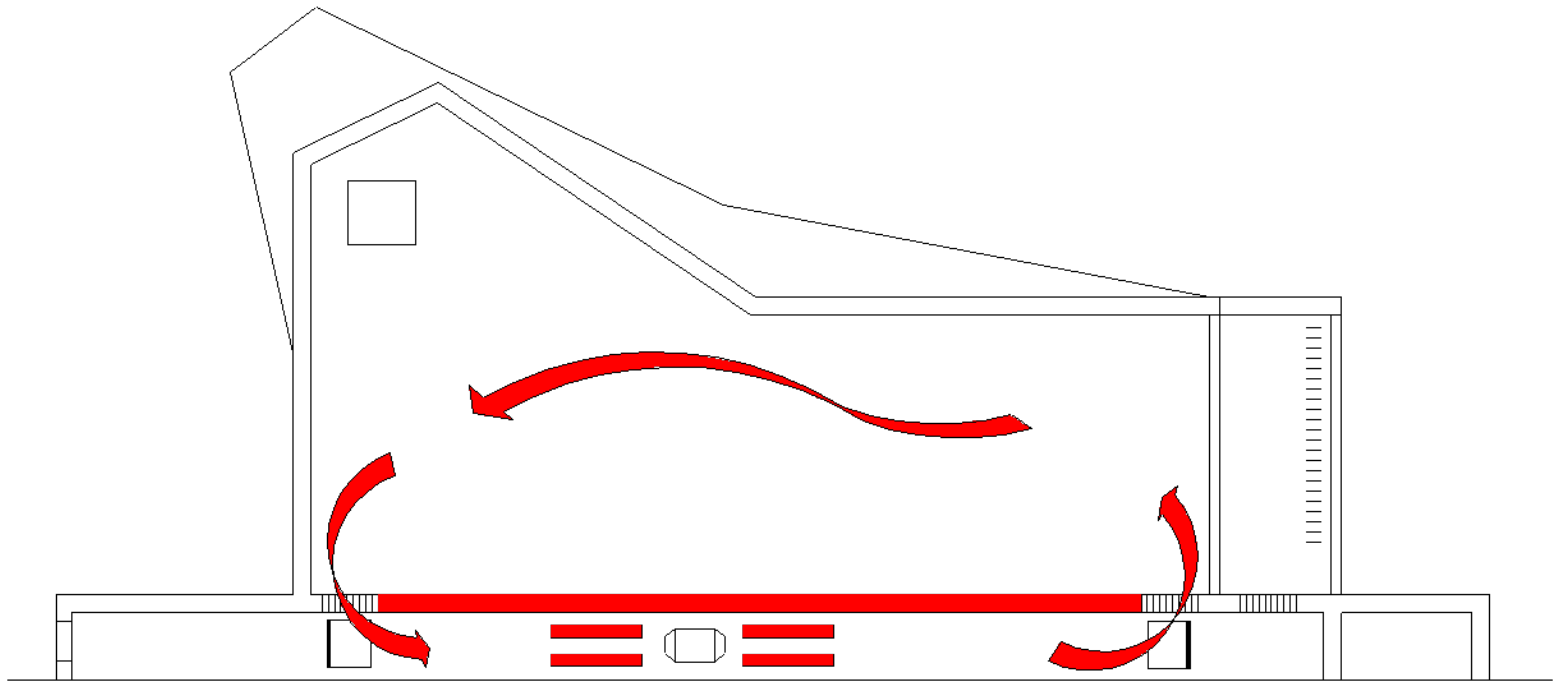
Día de verano



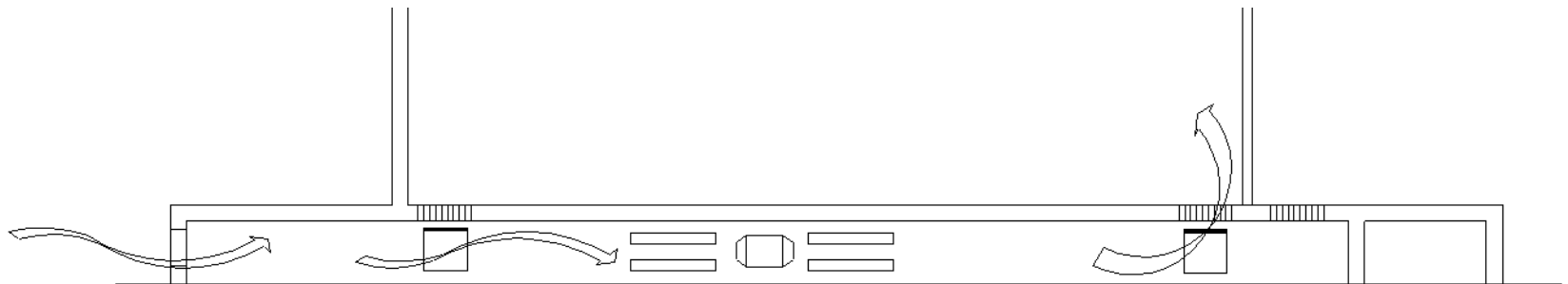
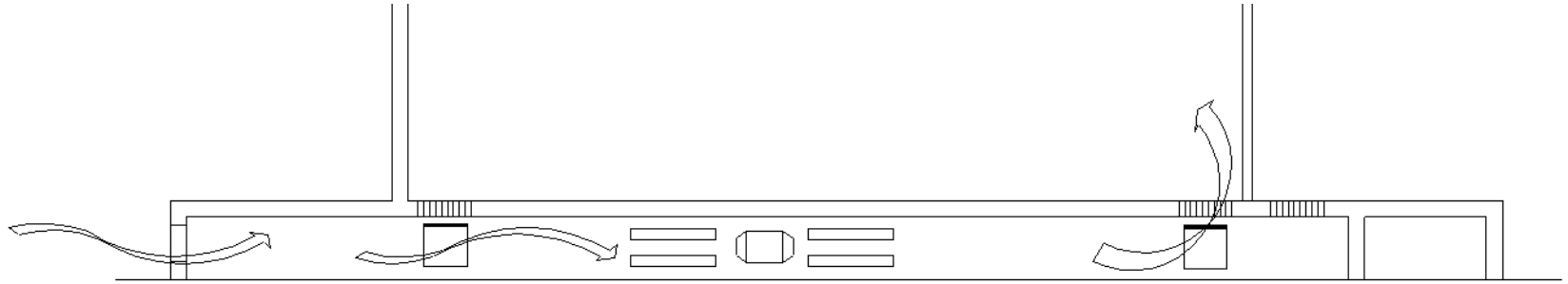
Día de invierno



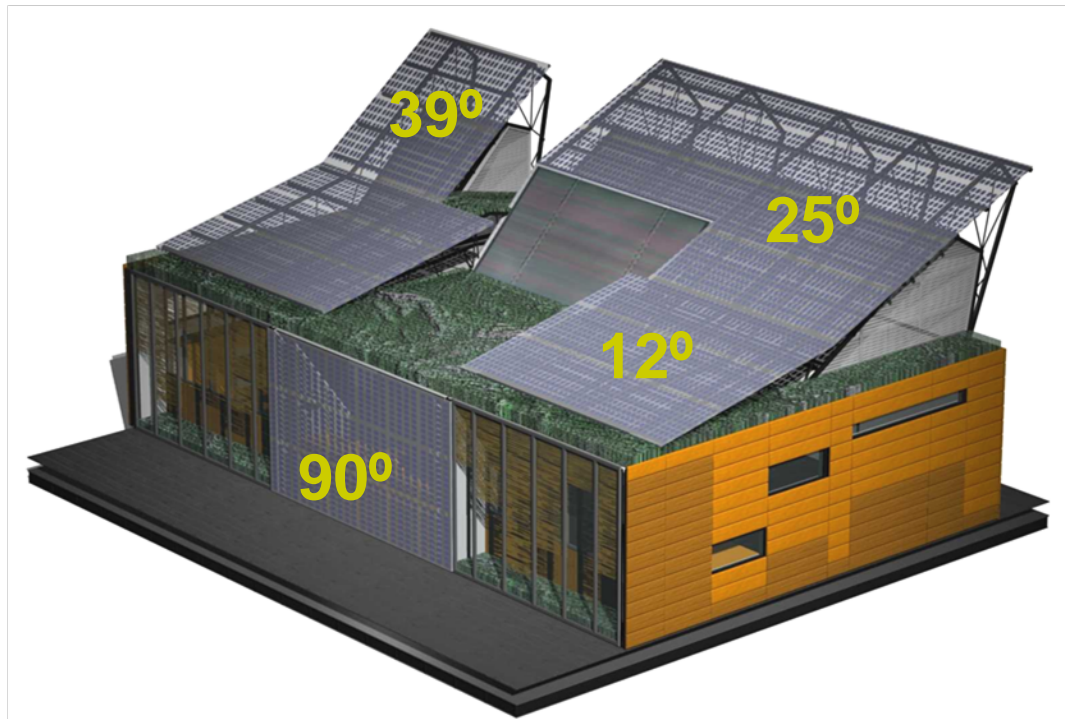
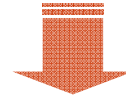
Noche de invierno



Ventilación



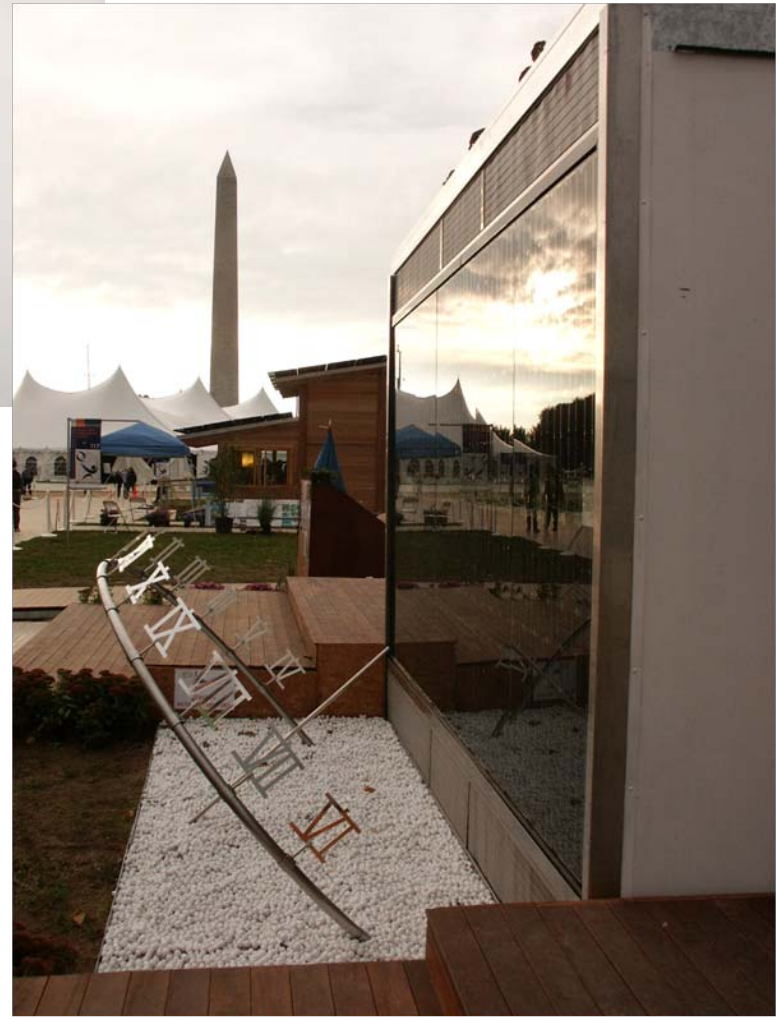
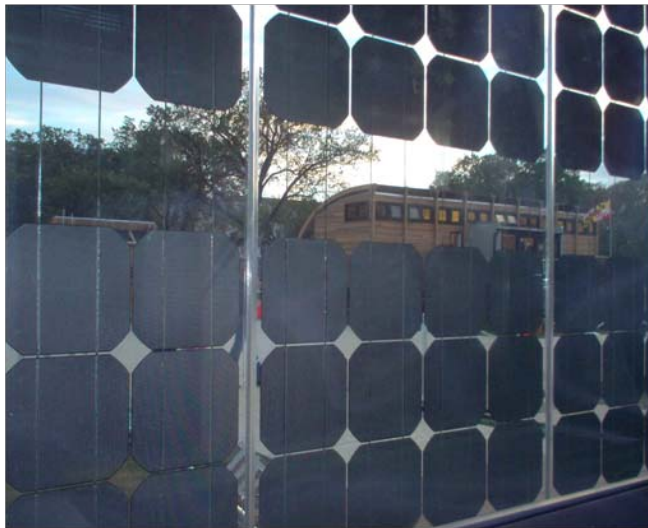
El sistema fotovoltaico

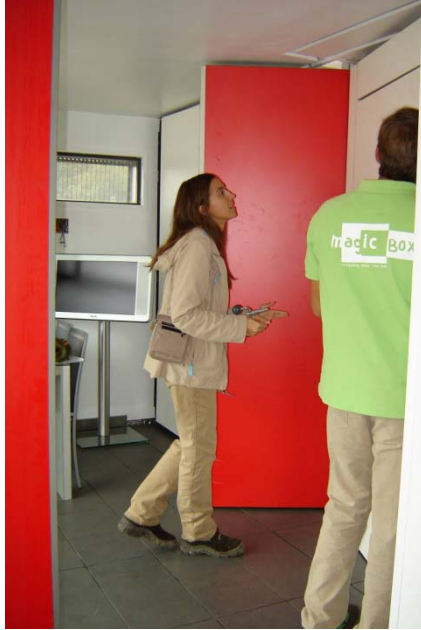


4 Planos
de captación

Potencia
instalada: 8,1 kWp
(90% en cubierta,
10% en fachada)

Módulos comerciales
(adaptados y a medida)



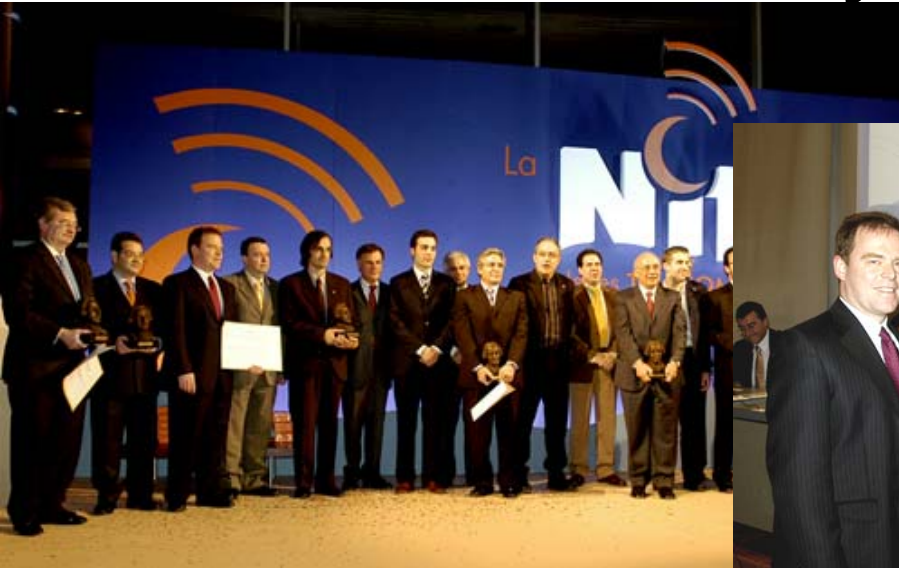








Premios y distinciones



Premio "Salvá i Campillo"



"Eurosolar" Berlín



Premio "Holcim North America"

