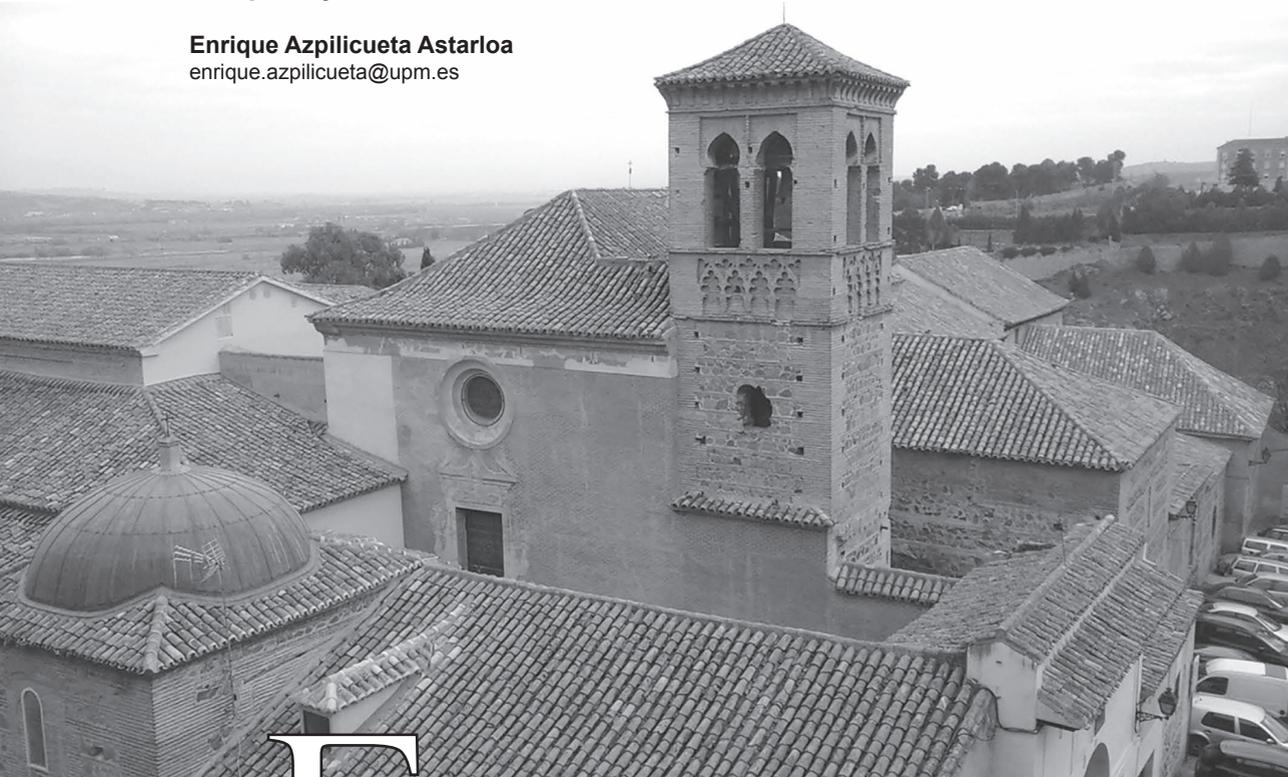


**Consolación Ana Acha Román**  
estudio@annamolldexeus.com

**Anna Moll Dexeus**  
alcha@infonegocio.com

**Enrique Azpilicueta Astarloa**  
enrique.azpilicueta@upm.es



**E**

**strategias bioclimáticas del  
convento de la Concepción  
Francisca (Toledo, España).**

*Bioclimatic strategies of the convent  
of the Franciscan Conception  
(Toledo, Spain).*

Primera revisión recibida 18 de Julio 2016  
Versión final aprobada 4 de noviembre 2016

## **Resumen**

*El convento de la Concepción Francisca de Toledo (ciudad patrimonio de la humanidad, España), ha sido concebido y construido considerando diversas estrategias bioclimáticas que se pueden agrupar según su escala: urbana, arquitectónica y de detalle. Entre ellas: el predominio de las orientaciones sur y este en fachadas; la disposición de los cuerpos edificados, de compacidad media, favoreciendo la porosidad del conjunto y el empleo de muros de fábrica mixta de mampostería y ladrillo de gran inercia térmica. Estos recursos constructivos han posibilitado durante siglos un clima interior en el convento protegido de los rigores climáticos exteriores. Desde estas condiciones, el confort interior se puede alcanzar fácilmente mediante el uso de técnicas actuales de acondicionamiento ambiental.*

## **Palabras clave**

*Bioclimática; restauración, fábrica mixta, inercia térmica, porosidad.*

## **Abstract**

*The convent of the Franciscan Conception of Toledo (World Heritage City, Spain), has been conceived and built considering various bioclimatic strategies that can be grouped according to their scale: urban, architectural and detail. Among them: the predominance of the south and east orientations in facades; The disposition of the built bodies, of average compactness, favoring the porosity of the whole and the use of walls of mixed factory of masonry and brick of great thermal inertia. These constructive resources have made possible for centuries an interior climate in the convent protected from the rigors of external weather. From these conditions, interior comfort can be easily achieved by using current environmental conditioning techniques.*

## **Keywords**

*Bioclimatic; restoration, Mixed factory, Thermal inertia, porosity.*

# ***Estrategias bioclimáticas del convento de la Concepción Francisca (Toledo, España).\****

## ***Bioclimatic strategies of the convent of the Franciscan Conception (Toledo, Spain).***

**Consolación Ana Acha Román\*\***

estudio@annamolldexeus.com

**Anna Moll Dexeus\*\*\***

alcha@infonegocio.com

**Enrique Azpilicueta Astarloa\*\*\*\***

enrique.azpilicueta@upm.es

117

En su discurrir por la zona central de la península Ibérica (Europa), el río Tajo describe una sucesión de meandros que configuran las tierras circundantes. El más singular, conocido como “El Torno del Tajo”, bordea un cerro de pequeñas colinas sobre el que se asienta la ciudad de Toledo, patrimonio de la humanidad. Su origen se remonta a la Edad del Bronce. En el año 192 a.C los romanos conquistaron el poblado existente y lo transformaron en una ciudad de cierta envergadura mediante la construcción de nuevas infraestructuras públicas. Posteriormente, pasó a formar parte del reino Visigodo, llegando a ser su capital y sede eclesiástica. Durante los siglos VIII-XI, Toledo se mantuvo bajo dominio musulmán. El año 1085 d.C. fue conquistada por el rey Alfonso VI de Castilla, quien la incorporó a su reino. En la actualidad forma parte del estado Español. A través de su evolución, muchas han sido las culturas que han convivido en esta

---

\* El artículo responde a la investigación enmarcada en la tesis doctoral en curso: “El aparejo toledano: rehabilitación energética de cerramientos opacos tradicionales”, que estamos realizando en el Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la Escuela Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid Investigación desarrollada en el Grupo Abio: Arquitectura Bioclimática en un Entorno Sostenible. Del Departamento de Construcción de la Universidad Politécnica de Madrid.

\*\* Doctora arquitecta Profesora Titular Interina en el Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.

Grupo de Investigación: Arquitectura Bioclimática en un Entorno Sostenible (ABIO).

\*\*\* Arquitecta Doctoranda en el Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.

\*\*\*\* Doctor arquitecto Profesor Titular en el Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.

ciudad. La destacada aportación de las comunidades musulmanas, judía y cristiana y su positiva convivencia durante varios siglos, han llevado a Toledo a ser conocida como la “Ciudad de la tolerancia” o la “Ciudad de las tres culturas”.

118

Desde un punto de vista urbanístico, el crecimiento de Toledo ha estado condicionado por la topografía de elevaciones, vaguadas y líneas de igual cota (Fariña, 1996, pp. 12-16). Las calles del Ángel, Santo Tomé, Trinidad, Hombre de Palo y Comercio, urbanizadas sobre la línea de deslizamiento que conecta los extremos este y oeste de Toledo, conforman su eje viario principal, centro de la actividad comercial tradicional. En el lado noreste, la calle Comercio desemboca en la Plaza de Zocodover que, a modo de plaza mayor, constituye un importante centro neurálgico de la ciudad. En sus proximidades se levantan algunos de los edificios más representativos de la arquitectura toledana, como el Alcázar y el actual Museo de Santa Cruz. Al otro lado de la plaza, el cerro desciende hacia el Tajo y una vaguada de gran pendiente sucede a la anterior línea de deslizamiento. En su vertiente norte, a medio camino entre Zocodover y el río, el convento de la Concepción Francisca delimita el borde nororiental de la ciudad. Edificado entre los siglos XIII y XVI como convento franciscano, en el año 1501 fue cedido a la orden de la Concepción Francisca, fundada unos años atrás por Doña Beatriz de Silva. En su construcción y sucesivas reformas, varias fueron las estrategias bioclimáticas empleadas. Las analizaremos a continuación. Para ello, primero es preciso recordar las características principales del clima

para el que fueron desarrolladas.

## **Condiciones climáticas de la ciudad de Toledo**

El clima toledano se puede entender fácilmente a la vista de los siguientes datos, recogidos en la estación meteorológica de Buenavista, Toledo:

- Latitud = 39° 53' 5" N
- Longitud = 4° 2' 43" O
- Altura sobre el mar = 515 metros
- Periodo de mediciones = 1982 - 2010

Los datos reflejan un clima de tipo semiárido-frío: Bsk, según la clasificación de Köppen (Kottek et. al., 2006, pp. 259-263). Sus principales características son las escasas precipitaciones, de entre 200mm y 400mm y la temperatura media anual inferior a 18 °C: 342 mm y 15.8 °C en el caso de Toledo. De octubre a abril, el clima, de inviernos frescos, responde a la circulación general de la atmósfera en las latitudes medias del hemisferio norte. Entre mayo y septiembre las masas de aire cálidas procedentes del anticiclón subtropical del Atlántico dan lugar a veranos muy cálidos. La baja humedad relativa favorece la evotranspiración y la reducción del efecto de las altas temperaturas. Los vientos predominantes en Toledo son de componente este y oeste (IDAE, 2010, 112).

## **El convento de la Concepción Francisca: descripción y estudio bioclimático.**

### **Ubicación.**

El convento está situado en el límite noreste de Toledo, a unos 115 metros de distancia y 45 metros de altura respecto al río Tajo. En el desnivel

**Tabla 1.** Datos climáticos de Toledo  
(Agencia Estatal de Meteorología, AEMET; <http://www.aemet.es/es/portada>).

MES	$\theta$	$\theta_{med,max}$	$\theta_{med,min}$	R	HR	Irr
<b>Enero</b>	6.4	11.5	1.3	26	76	2.38
<b>Febrero</b>	8.3	14.0	2.6	25	69	3.35
<b>Marzo</b>	11.6	18.1	5.0	23	59	4.81
<b>Abril</b>	13.5	19.9	7.2	39	58	5.94
<b>Mayo</b>	17.6	24.2	11.0	44	54	6.71
<b>Junio</b>	23.2	30.5	15.9	24	45	7.85
<b>Julio</b>	26.8	34.6	18.9	7	39	8.09
<b>Agosto</b>	26.3	34.0	18.6	9	41	7.08
<b>Septiembre</b>	22.0	29.0	14.9	18	51	5.57
<b>Octubre</b>	16.1	22.1	10.2	48	66	3.72
<b>Noviembre</b>	10.5	15.6	5.3	39	74	2.55
<b>Diciembre</b>	7.1	11.6	2.5	41	79	1.95
<b>AÑO</b>	15.8	22.1	9.5	342	59	

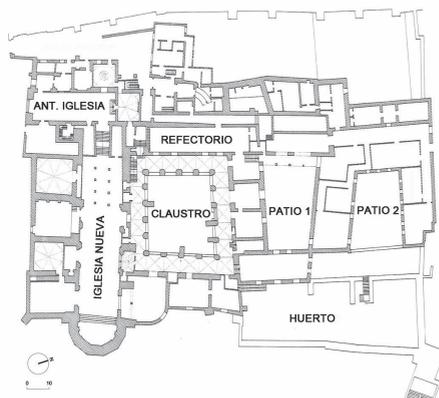
- $\theta$ : Temperatura media mensual/anual (°C)
- $\theta_{med,max}$ : Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- $\theta_{med,min}$ : Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R: Precipitación mensual/anual media (mm)
- HR: Humedad relativa media (%)
- Irr: Irradiancia Global (kWh/m<sup>2</sup>)

desde la fachada este del edificio hacia el río se alternan franjas de terreno arbolado con vías de comunicación perimetrales y restos de la muralla nororiental. Esta se interrumpe en la Puerta Alcántara, construida durante el s.X y reformada en épocas posteriores. Frente a ella, el Puente de Alcántara se levanta sobre el río Tajo desde tiempos romanos, modificado en numerosas ocasiones a lo largo de los siglos. Las siguientes coordenadas definen con mayor precisión la ubicación del convento:

- Latitud = 39° 86' 00" N
- Longitud = 4° 01' 94" O
- Altura sobre el mar = 511 metros
- Distancia al mar > 300 km
- Distancia al río Tajo = 115 metros

- Desnivel desde el convento al río Tajo = 45 metros

El edificio se orienta según los ejes cardinales, con un giro aproximado de 18° en sentido horario. De esta forma, ofrece dos fachadas principales al exterior: la este, hacia el río, y la sur, hacia la calle de la Concepción. Esta última alberga las capillas laterales de la iglesia concepcionista (s.XVI) y los pies de la antigua iglesia franciscana (s.XIII), actualmente patio de entrada de la nueva iglesia. Tras la fachada este del convento se encuentran el ábside de la nueva iglesia, el coro bajo, la sacristía y la sala de labores. Los fuertes vientos en esta dirección (IDAE, 2010, p. 112) favorecen la ventilación, afectando a la temperatura interior.



120

**Figura 1.** Exterior y **Figura 2.** Planta (DEL CERRO, 1992. 483, leyenda añadida) del convento Concepción Franciscana.

Hacia el oeste, el conjunto edificado se separa del actual Museo de Santa Cruz a través del patio de la Demandadera. El frente norte, ampliado en el s.XX, linda con la Bajada de Alcántara y la Avenida de Castilla la Mancha.

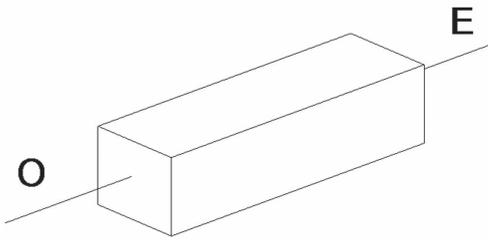
En su zona nororiental, el convento se adapta al terreno mediante una sucesión de terrazas sobre las que se asientan los huertos de la comunidad. El desnivel en el eje oeste-este se salva mediante la construcción de niveles inferiores hacia el río.

### Configuración volumétrica.

El conjunto edificado comprende varios cuerpos organizados alrededor del claustro y de varios patios. Conforman un gran volumen de planta semejante a un rectángulo y elevada porosidad. Entre ellos, destacan:

- **Iglesia franciscana** (s.XIII):
  - Eje longitudinal norte - sur: antigua nave principal reconvertida en patio de acceso a la iglesia concepcionista.
  - Capillas orientadas al patio de la Demandadera, protegidas del sol de poniente por el muro perimetral del Museo de Santa Cruz.
  - Ventilación cruzada este-oeste.

- **Iglesia concepcionista** (s.XVI):
  - Eje longitudinal este-oeste: nave principal. Esta orientación es la más común en los templos cristianos medievales (Rodríguez, 2002, pp. 29-46).
  - Capillas orientadas a sur (398 °C respecto a norte, en sentido horario), buscando la máxima captación solar en invierno. Vanos pequeños.
  - Ábside hacia el este con vanos grandes no practicables.
  - Ventilación natural en todas las orientaciones.
- **Refectorio y salones:**
  - Eje longitudinal norte-sur.
  - Muro este hacia el claustro y oeste a patio posterior en sombra.
  - Ventilación cruzada este-oeste.
- **Coro bajo, sacristía y sala de labores:**
  - Eje longitudinal norte-sur.
  - Muro este hacia el río sin obstrucciones solares.
  - Ventilación cruzada este-oeste.
- **Cuerpo norte del claustro y cuerpos celdas monjas** (antiguo colegio):
  - Eje longitudinal este-oeste.
  - Ventilación cruzada norte-sur.



**Figura 3. Forma óptima** en climas templados. (OLGYAY).

Desde un punto de vista bioclimático, la forma óptima en climas templados es alargada según un eje este-oeste. De esta manera se logran grandes superficies captadoras a sur y ventilación cruzada norte-sur (Olgay, 1998, pp. 84-93). En el convento de la Concepción Francisca los cuerpos son también alargados, pero según ambos ejes cardinales. El efecto térmicamente desfavorable que conllevan las formas orientadas norte-sur se compensa con la volumetría general del edificio, de considerable compacidad y porosidad.

El grado de **compacidad** de un edificio mide la proporción entre su volumen global y la superficie que lo encierra. El volumen se relaciona con la capacidad de almacenar energía del edificio y la superficie de la envolvente influye en las transferencias térmicas entre el interior y el exterior. En la arquitectura tradicional de vanos reducidos, las compacidades elevadas favorecen la preservación del calor en invierno y del frío en verano.

La **porosidad** se logra mediante la apertura de patios, recurso bioclimático ampliamente utilizado en arquitecturas de climas mediterráneos y áridos desde muy antiguo. En Toledo, los patios son característicos también de la arquitectura islámica (años 711-1085) y de su heredera la

medieval. Sus edificios, cerrados a las calles estrechas y quebradas que caracterizan el urbanismo de esta ciudad, se abren hacia el interior en busca de luz y ventilación. Los patios dan lugar a microclimas interiores controlados, con gran potencial bioclimático cuando se combinan con otros recursos como la presencia de agua, el aprovechamiento de la inercia térmica de las envolventes y la ventilación.

La mayor parte de los cuerpos edificados del **Convento de la Concepción Francisca** presenta volúmenes prismáticos de gran altura. De **compacidad** media-alta, son adecuados al clima toledano. La **porosidad** del conjunto del convento es elevada, gracias a la presencia de patios y del claustro. Sus beneficios bioclimáticos pueden ser potenciados mediante la incorporación de agua (fuentes, estanques, aljibes, etc) y de vegetación. Estos recursos son especialmente útiles en verano, ya que favorecen procesos de enfriamiento evaporativo y de enfriamiento radiante (reirradiación nocturna), con los que se mitigan las elevadas temperaturas.

### **Envolvente.**

Las fachadas del convento de la Concepción Francisca son de un tipo de fábrica mixta conocida como "aparejo toledano". De origen romano (ADAM, 1996, 111-171), consta de tres hojas: las exteriores, formadas por hiladas de mampostería y verdugadas de ladrillo, y un relleno interior de cal y/o arena con cascotes de mampostería. Las esquinas y los remates de los vanos son de ladrillo o de piedra, generalmente sillería. Rojas y Villa (1999, pp. 583-588) han descrito cinco tipos de aparejo toledano en



**Figura 4.** Fachada exterior de la sacristía de la Concepción Francisca: “Aparejo toledano” tipo “D”.

122

función de su época histórica y de su composición. En el convento de la Concepción Francisca encontramos tres de los cuatro tipos habituales en Toledo, según la clasificación mencionada:

**TIPO B:** aparejo típico del mudéjar toledano. En el convento se ha empleado en la Torre y el Coro Bajo. Está formado por cajones de mampostería de dos hiladas: una completa y otra menor de pequeños mampuestos y verdugadas simples de ladrillo.

**TIPO C:** de uso frecuente en palacios de los siglos XIV y XV. En el convento lo encontramos en la Capilla de los Francos. En este tipo, la mampostería es igual a la del tipo B y las verdugadas de ladrillo son dobles. Con ello se consigue aumentar la trabazón del muro y mejorar su comportamiento estructural.

**TIPO D:** aparejo toledano característico de los edificios de los siglos XVI al XVIII. El convento de la Concepción Francisca es precisamente uno de los primeros edificios en incorporar este tipo en la Sacristía y en la Capilla de Santa Beatriz. Está formado por cajones de mampuestos irregulares, de altura considerablemente mayor que en los

tipos anteriores y verdugadas dobles de ladrillo. Este tipo incluye, por primera vez, pilastras de ladrillo en el interior de los paños.

El convento de la Concepción Francisca ha sido seleccionado como objeto de estudio de la tesis doctoral en curso “El aparejo toledano: rehabilitación energética de cerramientos opacos tradicionales”<sup>1</sup>. El objetivo de la tesis es investigar el comportamiento higrotérmico de este tipo de fábrica. Los primeros resultados obtenidos indican que, al igual que otros aparejos tradicionales, no presenta resistencias térmicas excesivamente elevadas. A cambio, ofrece gran capacidad de almacenamiento térmico, muy útil en climas áridos y semiáridos.

La resistencia que ofrecen los cuerpos para variar su temperatura se conoce como “inercia térmica”. Cuando es alta, también lo es la **capacidad de acumulación térmica** (YÁÑEZ, 1982, 273-344; NEILA, 2000, 1-43):

$$C = m \cdot c = (V \cdot \rho) c = S (e \cdot \rho) c \mathbf{1}.$$

C = calor almacenado por grado de

<sup>1</sup>Tesis en desarrollo por Anna Moll Dexeus, en el Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la ETSAM (Universidad Politécnica de Madrid), bajo la dirección de D<sup>a</sup>. Consolación A. Acha y D. Enrique Azpilicueta.

- diferencia de temperatura (J)
- $m$  = masa ( $\text{kg/m}^3$ )
- $c$  = calor específico ( $(\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{K})$ )
- $V$  = volumen ( $\text{m}^3$ )
- $r$  = densidad ( $\text{kg/m}^3$ )
- $e$  = espesor (m)

Se deduce que, a mayor espesor, densidades y calor específico de los materiales que componen el muro, mayor es su capacidad térmica. Repasemos estas magnitudes en el caso del “aparejo toledano”:

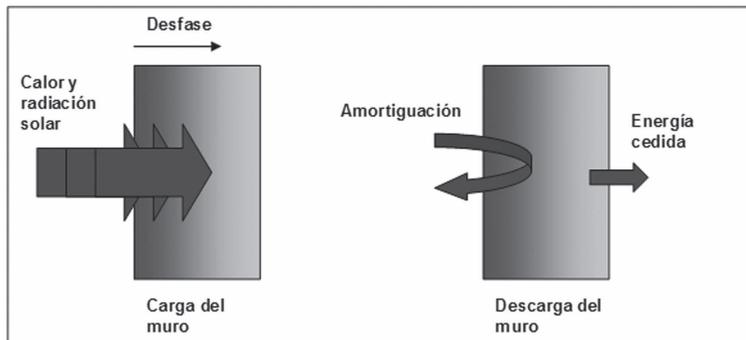
La densidad y el calor específico de los materiales que componen el “aparejo toledano”, aunque altos, no son excesivamente elevados. El factor realmente determinante en la gran capacidad térmica de los muros tradicionales es su elevado espesor.

¿Cuál es el comportamiento energético de un muro con elevada

capacidad térmica? Al salir el sol, aumentan la temperatura del aire exterior y la intensidad de la radiación solar y la cara externa del muro se empieza a calentar. Cuando su temperatura es superior a la de la cara interior, se inicia un flujo de calor del exterior al interior. A medida que el flujo penetra en el muro se va acumulando en franjas paralelas a su superficie externa. Una vez superada la capacidad máxima de acumulación del muro, el flujo restante alcanza su superficie interna y desde allí penetra en el ambiente interior, calentándolo. El ciclo se invierte cuando la temperatura del aire interior supera a la del exterior. En ocasiones, este cambio se produce antes de que el flujo haya llegado a alcanzar el ambiente interior. El efecto se puede aprovechar para mantener el ambiente interior prácticamente aislado del exterior, en una temperatura constante y cercana a la de confort.

**Tabla 2.** Caracterización térmica de los materiales del “aparejo toledano” (Acha y Neila, 2013, pp. 191-198):

Hoja del muro	Material	$e$ (m)	$\rho$ ( $\text{kg/m}^3$ )	$c_p$ ( $\text{kJ/kgK}$ )
Interior y exterior	Gneis (mampostería)	0.20 – 0.30	2400 - 2700	1000
Traba el muro en todo su espesor.	Ladrillo (s. XIII - XVI)	0.60 – 0.80	1000 - 2400	1000
Intermedia	Mortero de cal y arena.	0.15 – 0.20	1600	1000
<b>Total</b>		60 - 80		



**Figura 5.** “Desfase” y “amortiguación” en muros.

Este proceso se describe y cuantifica mediante dos **parámetros**:

**Amortiguación:**  $m = \frac{v_i}{v_o}$ ;      **2.**

Relación entre la amplitud de la onda de temperaturas en la superficie exterior del muro ( $v_o$ ) y la existente en la superficie interior ( $v_i$ ).

124

**Retraso de fase o retardo:**  $\phi$  (h);      **3.**

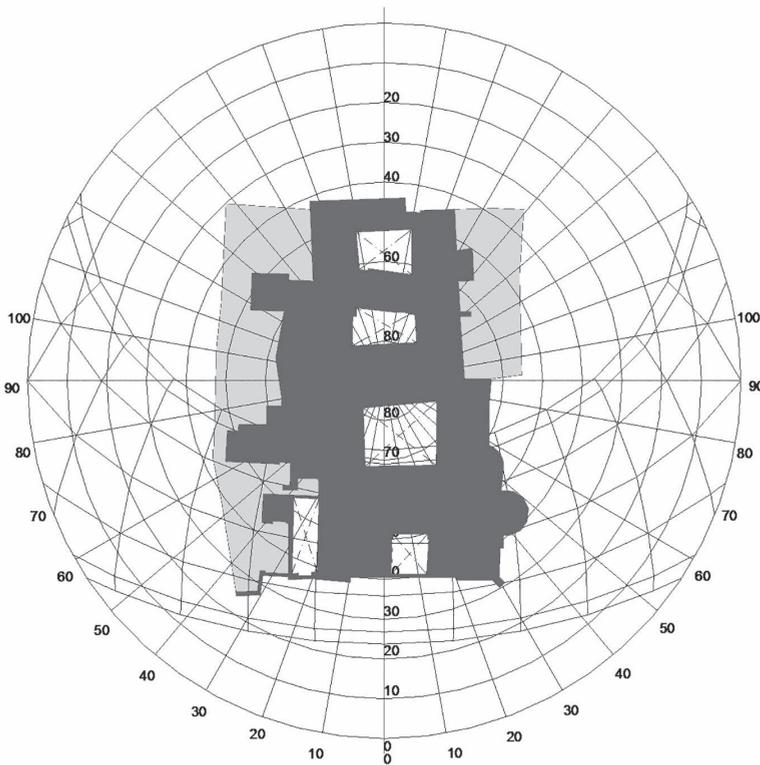
Cantidad de tiempo que transcurre desde que la onda térmica entra en una superficie del muro hasta que alcanza la superficie contraria.

La masa de los **muros del convento de la Concepción Francisca** es

superior a  $650 \text{ kg/m}^3$ . A partir de este dato, podemos estimar un desfase superior a 9 h con una amortiguación superior al 90%. Como consecuencia de la elevada amortiguación, el flujo exterior apenas entra en el interior del edificio, que se mantiene a temperatura interior constante. De esta forma es más sencillo alcanzar la temperatura de confort.

### Protección solar.

La protección solar tiene como objeto reducir los efectos de la radiación solar tanto sobre la construcción como sobre los espacios abiertos. Su uso supone la transformación de la radiación directa en radiación difusa, lo cual reduce en gran medida la carga externa asociada a la primera.



**Figura 6. Carta estereográfica: Convento Concepción Francisca.**

Entre las **estrategias de protección solar más comunes** en las edificaciones destacan:

- El uso de voladizos para el sombreado de vanos y de fachadas.
- La protección de los vanos mediante celosías, contraventanas, cortinajes y otros elementos similares.
- La utilización de colores claros en las partes opacas de la envolvente para reflejar la radiación solar.

En la **carta estereográfica** del convento de la Concepción Francisca se observa una direccionalidad según el eje norte-sur, que da lugar a un predominio de fachadas con orientaciones este y oeste, poco favorables en verano. Para evitar el exceso de soleamiento en esta época del año, se han incorporado los siguientes mecanismos de protección solar en el convento:

**Claustro:** cuenta con un corredor en todos sus lados, de mayor dimensión en las orientaciones este y oeste, que produce sombreado sobre todas sus fachadas.

**Patios:** unas fachadas producen obstrucción solar sobre otras, contribuyendo a la reducción de la radiación directa incidente sobre ellas.

**Vanos:** se observa también la utilización de contraventanas, persianas y cortinas en numerosas ventanas.

### Ventilación.

Entendemos por **ventilación** la renovación del aire de una estancia

interior con finalidades higiénicas y/o de bienestar. Incluye dos tipos de procesos: la sustitución del aire interior y su movimiento. Mediante el primero se elimina el aire viciado; el segundo actúa sobre la sensación de calor, disminuyéndola. Por este motivo, la ventilación es un recurso bioclimático de gran interés en verano en climas áridos o árido-secos.

A diferencia de la ventilación forzada, la **ventilación natural** se obtiene únicamente mediante técnicas naturales: aprovechamiento de las diferencias de temperatura y de densidad del aire, de la velocidad y presión del viento, etc. Las tres más importantes son:

- **“Efecto chimenea”:** se da cuando hay una diferencia de temperaturas entre dos puntos. A mayor diferencia de temperaturas, mejor ventilación natural.
- **“Efecto Venturi”:** consecuencia de la disminución de presión sobre el punto de extracción. A mayor velocidad del aire y menor tamaño del vano de extracción, mejor ventilación natural.
- **“Efecto de viento”:** provocado por la presión dinámica generada por el viento sobre un vano. A mayor velocidad del viento, mayor presión generada y mayor diferencia de presión respecto al vano de salida. Así se mejora también la ventilación natural.

Todas estas formas de ventilación han sido empleadas tradicionalmente en nuestro clima. Su funcionamiento se basa en la simple apertura controlada de ventanas y/o puertas en determinados momentos del día.

Cuando los vanos están en fachadas diferentes, aun no siendo opuestas, hablamos de **ventilación cruzada**. En este caso, la diferente orientación de las fachadas garantiza presiones de viento distintas en sus vanos, de forma que se potencia la ventilación. Entre fachadas opuestas, este efecto es aún mayor.

126

En la descripción previa de la configuración volumétrica del **convento** se han relatado las formas de ventilación existentes en sus distintos cuerpos. En la mayor parte de los casos consiste en ventilación cruzada norte-sur o este-oeste. Sin embargo, en el convento su efecto es reducido debido a la pequeña superficie de los vanos existentes. La oportunidad perdida en la optimización de un recurso bioclimático tan interesante se explica así:

- El pequeño tamaño de los vanos de la envolvente favorece la reducción de las pérdidas caloríficas en invierno y el aumento del efecto de la inercia térmica del “aparejo toledano”.
- Antes del auge del higienismo en el s.XIX, la ventilación era poco valorada.

Pese a ello, es posible y recomendable optimizar los efectos de la ventilación en el convento mediante el correcto control de la apertura y cierre de los vanos existentes.

### Conclusiones.

A lo largo de los epígrafes precedentes se ha realizado un recorrido a través de la ciudad de Toledo y del convento de la Concepción Francisca. En su transcurso se han

señalado y explicado las principales estrategias bioclimáticas de este edificio, ordenadas en tres escalas:

- a. Ubicación del edificio en su entorno:** situación en el borde noreste de la ciudad a pocos metros de la muralla y del río Tajo. Orientación según los ejes cardinales con un giro horario de 18°.
- b. Configuración volumétrica:** conjunto de cuerpos organizados alrededor de varios patios y de un claustro según las orientaciones predominantes en el convento. Conforman un volumen global de compacidad media y elevada porosidad.
- c. Envolvente, sombreado y ventilación:** los muros exteriores del convento son de fábrica mixta de mampostería y ladrillo (“aparejo toledano”). Su gran capacidad de almacenamiento térmico da lugar a un ambiente interior estable, protegido del rigor climático exterior. Este efecto de inercia térmica se combina con la utilización de elementos de sombreado para mitigar la radiación directa sobre la envolvente. Entre ellos se cuentan los corredores del claustro o la propia obstrucción solar generada en los patios. Por último, la ventilación natural contribuye al saneamiento del aire interior al tiempo que, en verano, favorece la reducción de la sensación de calor. Este recurso bioclimático podría potenciarse mucho más con un mejor control de la apertura y cierre de los vanos del convento.

Gracias a la utilización de estos recursos bioclimáticos, las condiciones

climáticas interiores del convento de la concepción Francisca son muy estables. Esta situación simplifica las operaciones necesarias para alcanzar el confort higrotérmico. Las futuras intervenciones el convento deberán tener en consideración estas estrategias. De esta forma podremos favorecer su sostenibilidad y potenciar los recursos tradicionalmente empleados.

### **Agradecimientos.**

Los autores de este artículo

queremos expresar un agradecimiento especial a la comunidad de la Concepción Francisca de Toledo, por las facilidades ofrecidas en las distintas tomas de datos realizadas en su convento. De igual modo, al Archivo Municipal de Toledo y a su director, D. Mariano García, sin cuyo asesoramiento, la búsqueda documental habría sido mucho menos fructífera. Finalmente, agradecemos a la Universidad Católica de Pereira la oportunidad de escribir este artículo y su gran contribución a la difusión de nuevos estudios.

## Referencias.

Acha, C.A. et. alt y Neila, F.J. -coord.- (2013). Acondicionamiento ambiental y habitabilidad del espacio arquitectónico. Madrid: Munilla-Lería.

Adam, J.P. La construcción romana: materiales y técnicas (1996). León: Editorial de los Oficios.

Azpilicueta, E. Tabla de contenido energético o energía primaria de los materiales (2010). Revista Tectónica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción, 31 (Ejemplar dedicado a: Energía [II]), pp.32-33.

128 Del Cerro, R., et. alt. Arquitecturas de Toledo (1992). Del Romano al Gótico. Toledo: Servicio de Publicaciones de la Junta de Comunidades de Castilla la Mancha.

Fariña, J. (1996). Influencia del medio físico en el origen y evolución de la trama urbana de la ciudad de Toledo. Cuadernos de investigación urbanística, 1, pp.1-51.

Idae -Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía- (2010). Guía técnica: condiciones climáticas exteriores de proyecto. Madrid: IDAE.

Kottek, M. et. al. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updates. Meteorologische Zeitschrift, 15 (3), pp.259-263.

Moll, A.; Acha, C.A. y Azpilicueta, E. (2014). Estudio de la evolución de la fábrica mixta de mampostería y ladrillo en Toledo, previo al análisis de su comportamiento higrotérmico. En: Miradas a la investigación arquitectónica: construcción, gestión, tecnología. Actas del I Congreso Internacional sobre Investigación en Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Madrid, pp.176-179.

Neila, F.J. La acumulación de energías renovables I. La inercia y la estabilidad térmicas en las construcciones (2000). Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Olgay, V. Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas (1998). Barcelona: Gustavo Gili.

Rodríguez, M. Introducción a la arquitectura bioclimática (2001). México: Limusa: Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.

Rojas, J.M. y Villa, J.R. Origen y evolución del “aparejo segoviano” entre los s.X y XVI. En: Actas del II Congreso de Arqueología Peninsular : Zamora, 24 - 27 de septiembre de 1996. 1999; pp.583-588 -nota: donde figura “segoviano” debería decir “toledano”-.

Serra, R. Clima, lugar y arquitectura (1989). España: Publicaciones científicas del CIEMAT, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.

Yáñez, G. (1982). Energía solar, edificación y clima. Tomo I. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.