



**CLARA GARCÍA LÓPEZ**

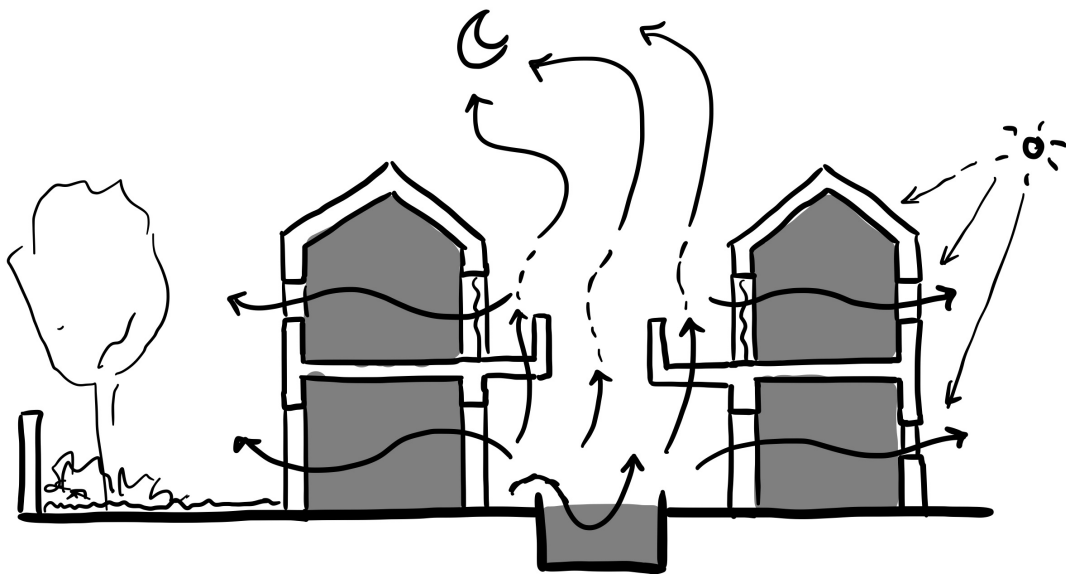
Tutora: Beatriz Arranz

Universidad Politécnica de Madrid

TFG Junio 2022

# MEDITERRÁNEO UNIVERSAL

SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN TRADICIONALES EN  
CLIMA MEDITERRÁNEO



# **Mediterráneo universal**

## **Sistemas de climatización tradicionales en clima mediterráneo**

*Estudiante*

Clara García López

*Tutora*

Beatriz Arranz

Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas

*Aula TFG 8*

Luis Javier Sánchez Aparicio, *coordinador*

Paula Villanueva Llauro, *adjunta*

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Universidad Politécnica de Madrid



# Índice

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

METODOLOGÍA

1. CLIMA MEDITERRÁNEO EN EL MUNDO

2. ESTADO DEL ARTE: ARQUITECTURA TRADICIONAL MEDITERRÁNEA

Cuenca del Mar Mediterráneo

Estados Unidos, California

Sudamérica, Chile

África, Sudáfrica

Oceanía, Australia

3. CASOS DE ESTUDIO: SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN TRADICIONALES

Enfriamiento

Radiante - Medina de Chefchaouen, Marruecos

Conductivo - Matmata, Túnez

Convectivo - Alberobello, Italia

Calentamiento

Radiante - *Plank House*, California

Conductivo - Termas romanas de Noheda, España

Convectivo - Viviendas-galería de A Coruña, España

RESULTADOS

CONCLUSIONES

FUENTES

Bibliografía y recursos digitales

Procedencia de las ilustraciones



# Resumen

La arquitectura tradicional no es una idea del pasado ni algo que ha perdido su utilidad. En la actualidad abrupta que vivimos, definida por grandes crisis mundiales, toma importancia el movimiento de la recuperación. Es una forma de cuidado del medio ambiente: menos producción, más reutilización.

Las crisis energéticas nos hacen replantearnos nuestros hábitos de consumo y cómo sería nuestro día a día si no contáramos con aparatos de climatización mecánica en nuestra vivienda. Sin embargo, todos conocemos edificios que son confortables por sí mismos. Éstos son los edificios pasivos. El nivel de pasividad depende de cada caso, pero lo que es seguro es que son más eficientes energéticamente que la mayoría de edificios del parque construido moderno.

Este trabajo es una revisión de la arquitectura tradicional en el clima mediterráneo. Se estudia en detalle cómo funcionan bioclimáticamente seis modelos de vivienda tradicional mediterránea y cuál es el mecanismo de transmisión de calor por el que son tan funcionales.

Se llega a la conclusión de que efectivamente, la arquitectura tradicional no es un hecho anacrónico. Hay que recuperar la sabiduría vernácula y aprender de ella. Cada zona del mundo, por sus condicionantes históricos y socio-culturales, acumula una base de datos diferente de conocimiento sobre adaptación al medio y eficiencia energética. Se puede comenzar a revertir el cambio climático desde uno de los sectores más contaminantes, el de la construcción, mirando al pasado.

## PALABRAS CLAVE

Arquitectura tradicional - Clima mediterráneo - Climatización  
Funcionamiento bioclimático - Pasividad - Eficiencia energética  
Crisis climática - Recuperación



# Introducción

En una actualidad post-crisis pandémica en la que todo el mundo quiere una casa con patio, un huerto y energía solar: hemos visto los beneficios de vivir en el campo, más aislados que súper-conectados; hemos sido testigos y víctimas de las limitaciones de las viviendas actuales, de las ciudades actuales.

En una actualidad de crisis de suministros, subida de precios y pobreza energética, donde los niveles de contaminación están alcanzando máximos históricos y ya son tangibles las consecuencias sobre nuestros ecosistemas; hemos sido testigos de nuestros hábitos de consumo, de lo que significa depender de energías no renovables que ni siquiera producimos a nivel nacional.

Ante la imagen de un futuro de velas, cerillas y estufas de gas butano, hay que rescatar la sabiduría tradicional, la artesanía y el aprovechamiento. La supervivencia con los pocos recursos que ofrezca el entorno próximo. Es posible lograr los niveles de ahorro y eficiencia energéticos a que aspiramos fijándonos en nuestros antecesores, en su forma de construir y de aprovechar las características propias de su zona climática.

El clima mediterráneo es rico en sabiduría y recursos, templado y apacible. Puede haber respuestas a las crisis energética y climática que vivimos en los sistemas de climatización pasivos por excelencia: los de la arquitectura tradicional. En concreto, navegaremos por el clima mediterráneo.



# Hipótesis y objetivos

## Hipótesis

La posibilidad de usar sistemas de climatización tradicionales para resolver los problemas climáticos actuales causados por la mala eficiencia energética del parque construido, es factible.

## Objetivos

### *Objetivo principal*

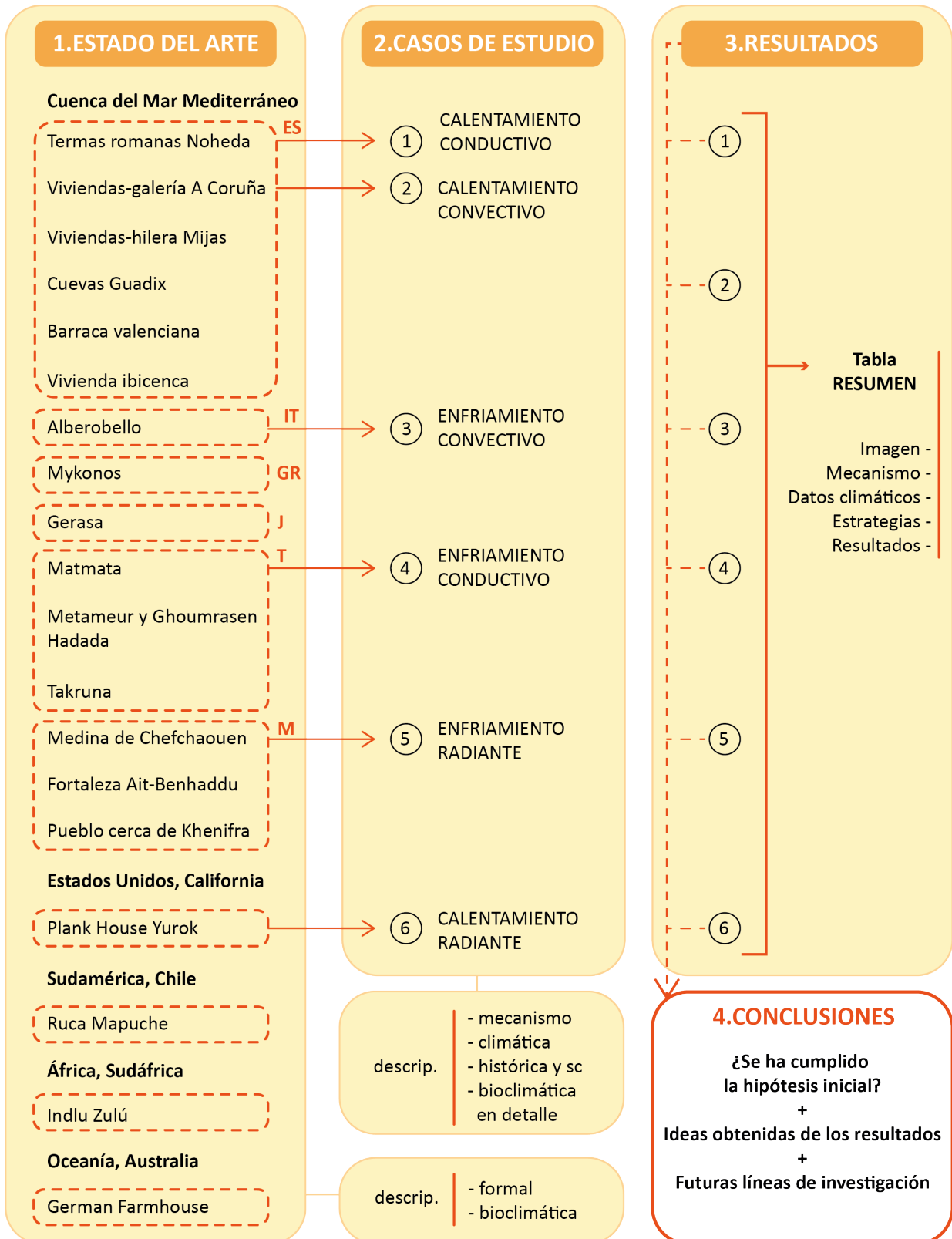
De la arquitectura tradicional mediterránea: analizar los sistemas de climatización y adaptación al medio que integra para obtener estrategias adaptables a las construcciones actuales.

### *Objetivos específicos*

- Conocer de cada zona geográfica con clima mediterráneo qué tipo de construcción tradicional hay.
- Estudiar y aprender sobre ejemplos de arquitectura mediterránea.
- Seleccionar los que apliquen sistemas de climatización de mayor interés y obtener las estrategias adaptables.
- Comparar los casos de estudio y verificar la viabilidad de la hipótesis.

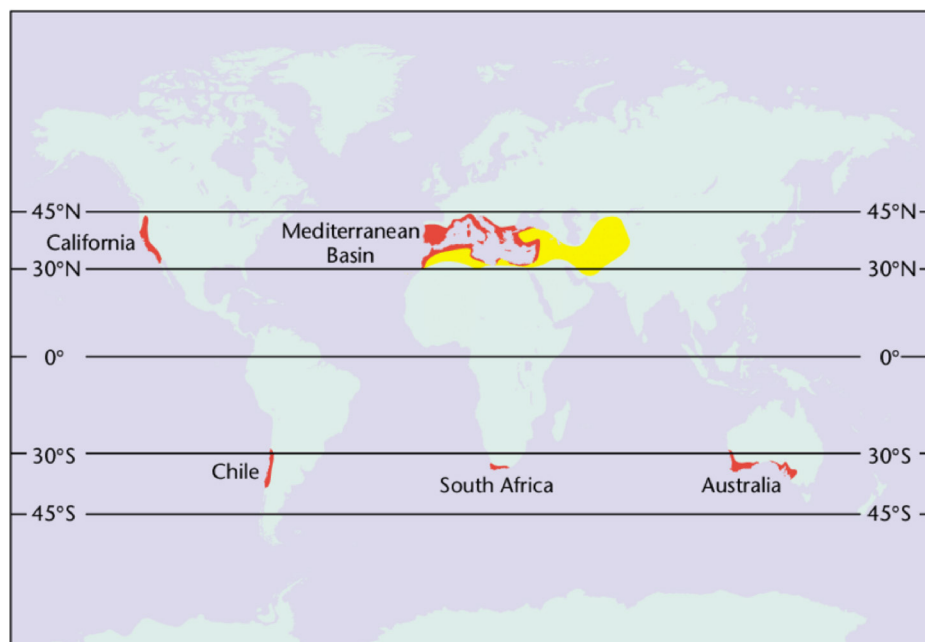


# Metodología





# 1 Clima mediterráneo en el mundo



1.1. División climática según Le Houerou, 1997.

El clima mediterráneo no solo es propio de la cuenca del Mar Mediterráneo, sino que podemos encontrarlo en ambos hemisferios terrestres entre los paralelos 30°N-45°N y 30°S-45°S según la división climática de Le Houerou. En concreto se localiza en cinco zonas del globo terrestre: la Cuenca del Mar Mediterráneo (Europa y África), el Estado de California (EEUU), una parte de Chile (Sudamérica), la costa sur de Sudáfrica (África) y la costa sur-occidental de Australia.

Para definir las características del clima mediterráneo, se ha utilizado la división climática de Arthur N. Strahler.

La clasificación climática de Strahler (1951) se enclava entre las de tipo genéticas (...). Estas clasificaciones se basan en las interacciones entre los efectos generados por la circulación general de la atmósfera y factores geográficos a gran escala. [Strahler] Divide los climas de la Tierra en tres grupos: climas de latitudes bajas, controlados por las masas de aire tropical y ecuatorial; clima de latitudes medias, controlados por las masas de aire tropical y polar; y clima de latitudes altas, controlados por las masas de aire polar y ártico.<sup>1</sup>

1. NEILA GONZÁLEZ, F. Javier. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*; Madrid: Editorial Munilla-Lería, 2004; página 21.

En este trabajo se obviarán los climas extremos, estudiando solo el clima templado mediterráneo (clima de latitudes medias), que se basa en es-

trategias propias muy características que definen la arquitectura mediterránea como todos la conocemos.

En las latitudes medias, la altura solar máxima resulta muy variable a lo largo del año, siendo bastante elevada durante el verano y pequeña durante el invierno. Esto da lugar a dos estaciones térmicas claramente diferenciadas, el verano, de cálido a muy caluroso, y el invierno, de fresco a muy frío (...).

Las lluvias son escasas y centradas fundamentalmente en otoño e invierno (...).

En general, las oscilaciones anuales son muy elevadas, mientras que las oscilaciones diarias varían según el mayor o menor grado de humedad ambiente.

Los invariantes de la arquitectura popular en estas zonas se basan en cinco estrategias básicas:

- Flexibilidad ante la radiación solar (captación/protección).
- Flexibilidad en el diseño de los cerramientos (masa térmica/aislamiento térmico).
- Enfriamiento evaporativo.
- Enfriamiento radiante.
- Ventilación. <sup>2</sup>

<sup>2</sup>. NEILA, *Arquitectura bioclimática...*, página 72-73.

## 2 Estado del arte: Arquitectura tradicional mediterránea

En este capítulo se desarrollará un breve análisis sobre una serie de ejemplos de arquitectura tradicional en clima mediterráneo a lo largo del mundo.

Primero, se seleccionan diecinueve ejemplos de arquitectura popular repartidos en las cinco regiones, localizados en el mapa adjunto. Se trata de analizar las estrategias de construcción formales y bioclimáticas de cada uno de ellos. Entre otras: la implantación en el terreno, los materiales de construcción, el carácter defensivo (que tiene que ver con la caracterización de los huecos), y la existencia de patios, jardines, eras, porches o cualquier elemento de transición entre interior y exterior.

El análisis se desarrolla en forma de fichas que se componen de una fotografía del modelo, una breve descripción formal y bioclimática, y esquemas ilustrativos de las estrategias de climatización pasivas que utilizan.

2.0. Mapa mundial de localización de los ejemplos estudiados



## Cuenca del Mar Mediterráneo

2.1. Mapa de la Cuenca del Mar Mediterráneo

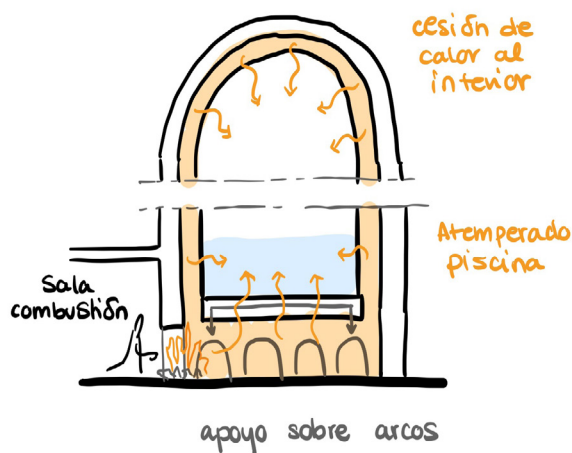


## Las termas romanas de Noheda, Castilla-La Mancha, España



2.2. Fotografía aérea, excavación de las termas de Noheda

2.3. Esquema ilustrativo de climatización en la época



### Descripción formal:

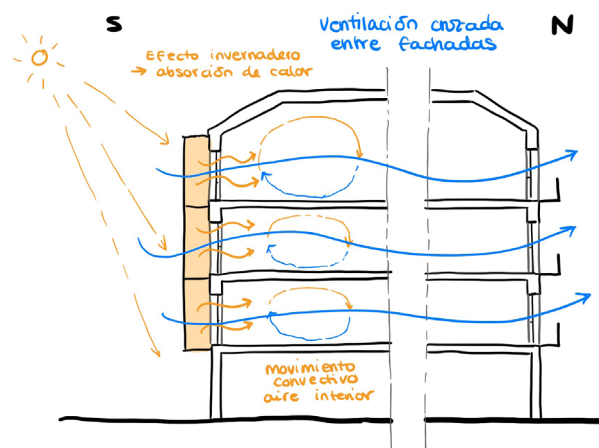
La Villa Romana de Noheda ha sido recientemente descubierta en el municipio conquense de Villar de Domingo García. El yacimiento data de los siglos I a.C. – VI d.C. Se trata de un lujoso complejo de unas diez hectáreas que perteneció a un rico terrateniente. Solo se ha excavado un 10% del total, entre lo que se encuentra el complejo termal. En este balneum privado de grandes dimensiones queda bien conservado el hypocaustum romano. Las piscinas templadas y calientes estaban calefactadas mediante un arcaico suelo técnico en contacto con salas de combustión llamadas prae-furnium. Las paredes también radiaban calor a través de una cámara de aire conectada con el falso suelo que separaba el muro de carga y el revestimiento de mármol.

### Descripción bioclimática:

El suelo del hipocausto se sustentaba a través de arcos de los que se conservan algunos, aunque muy pocos. Sobre todo, se conservan las filas de pilares. En los prae-furnium se hacía fuego, que calentaba el espacio del falso suelo, y a su vez éste radiaba calor a través de la suspensura (suelo) a las piscinas calentando el agua a la temperatura deseada. Para el caldarium hay dos salas de combustión, mientras que para el tepidarium solo hay una. Mediante las paredes técnicas, se permitía que toda la sala estuviera atemperada, puesto que al ser espacios de tan grandes dimensiones las pérdidas de calor y las diferencias de temperatura entre los puntos más cercanos y los más alejados al prae-furnium era considerable. La forma de construcción con gruesos muros de carga también permite que por inercia térmica se mantenga la temperatura interior.

1. NEILA GONZÁLEZ, F. Javier. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*; Madrid: Editorial Munilla-Lería, 2004; página 21.

## Las viviendas-galería de A Coruña, Galicia, España



### Descripción formal:

Las galerías de la Avenida de la Marina en la ciudad de A Coruña son un conjunto protegido, un ejemplo de lo que fueron en origen estas construcciones. Es un modelo de adición, fueron adosadas a los muros de fachada traseros de los edificios existentes. Su construcción reticular, muy ligera, de cristal y perfiles de madera pintados en blanco unifica el frente de los edificios medianeros, diferenciados entre sí únicamente por la ornamentación. Funcionaron y funcionan como un espacio de transición entre el interior de la vivienda y el exterior, el mar, un concepto muy mediterráneo.

### Descripción bioclimática:

La provincia de A Coruña, en Galicia, tiene dos componentes climáticos importantes: la frecuente lluvia y los fuertes vientos, sobre todo en el litoral. Esto favorece dos grandes problemas constructivos: las humedades y el aislamiento térmico. El sistema de galerías, que se convierte en una segunda piel para el edificio, protege al muro estructural de las inclemencias meteorológicas. Por otro lado, térmicamente funciona como un invernadero. Ofrece a las viviendas un colchón térmico (y acústico) que mejora en gran medida las condiciones de habitabilidad preexistentes.

2.4. Fotografía de la Avenida de la Marina, A Coruña, desde el puerto deportivo

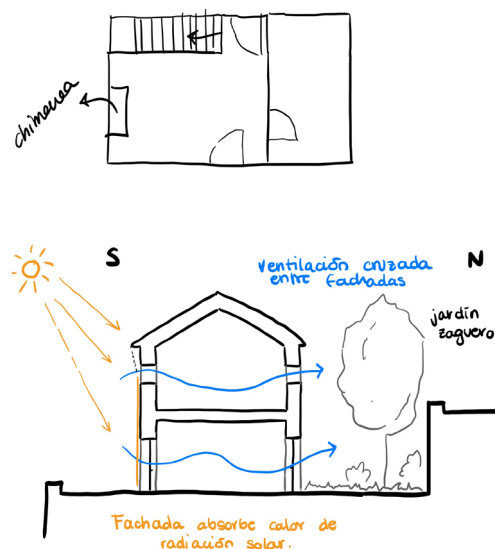
2.5. Esquema ilustrativo de climatización

## Las viviendas en hilera de Mijas, Andalucía, España



2.6. Fotografía de una calle del pueblo de Mijas

2.7. Esquema ilustrativo de climatización



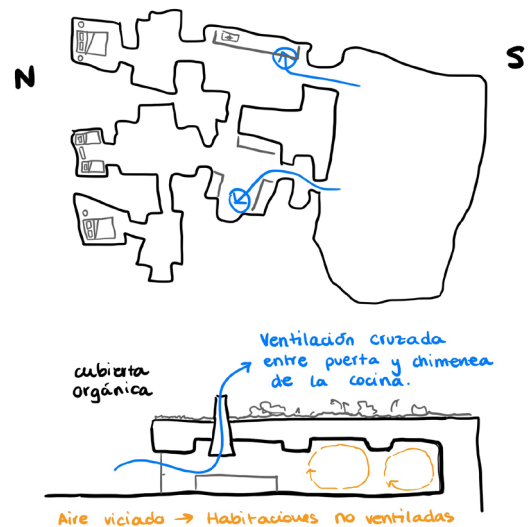
### Descripción formal:

Las viviendas se desarrollan en hileras paralelas siguiendo las curvas de nivel de la colina. Son prismas blancos, encalados, y suelen tener dos alturas. Son de planta rectangular, pues por la geometría del terreno no pueden ser muy profundas, por lo que se alargan hacia los lados. En la fachada que da a la calle aparecen plantas, flores y cortinas; se abre la puerta de entrada, grande y de colores vivos, así como dos ventanas a sus lados y otra más pequeña sobre ella. Se accede a la sala de estar, donde se ubica la chimenea en un extremo. Desde ella se accede al dormitorio lateral y al piso superior, que sirve de almacén o desván, ventilado con una pequeña ventana. Las cubiertas son de tejas rojas y sobresalen un poco del muro generando un alero.

### Descripción bioclimática:

Los muros son construidos con mampostería o tapial, y son encalados cada año. De blancos reflejan la luz del sol, evitando un sobrecalentamiento. Su grosor aísla térmicamente el interior. Los huecos se disponen a sur, mirando al Mediterráneo, de manera que aprovechan el viento dominante y el sol en los meses más fríos, asegurando buenas iluminación y ventilación. El alero del tejado evita que el muro se humedezca con la lluvia favoreciendo el control térmico y la salubridad de las viviendas.

## Las casas-cueva de Guadix, Andalucía, España



### Descripción formal:

En Guadix encontramos un asentamiento de viviendas-cueva excavadas en el terreno. Éste es arcilloso y blando, fácil de trabajar e impermeabilizable. En estas cuevas la cocina siempre es la primera estancia, y el dormitorio la última, situado al fondo de la cueva en el lugar más alejado de la entrada. Cada cueva es una vivienda unifamiliar, aunque algunas pueden estar conectadas por el interior. El conjunto forma un arco mirando al sur, donde miran también las únicas fachadas construidas y no excavadas con que cuenta este modelo. Los muros son del propio material del terreno, encalados originalmente, y tienen un espesor de entre 1,5 y 2,5 metros. La ventilación se produce entre la puerta de entrada y/o las ventanas y la chimenea de la cocina. Frente a las cuevas suele haber placetas públicas.

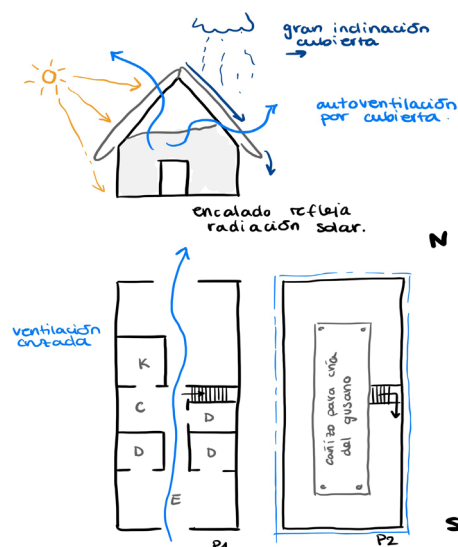
### Descripción bioclimática:

El carácter de cueva y los gruesos muros de estas viviendas les proporcionan una inercia térmica muy grande, con lo que se consigue que la temperatura interior siempre sea menor que la exterior en meses de calor. El terreno, muy resistente, también es un refrigerador natural. Esto es porque cuando llueve, la arcilla acumula agua hasta que se satura y se impermeabiliza, de este modo, en los meses calurosos, enfría el interior de la cueva por evaporación. Es importante que el revestimiento de estas construcciones sea cal, que deja pasar el agua de lluvia. La ventilación se produce por diferencia de altura -y por tanto presión- entre el punto de impulsión (puertas y ventanas) y el punto de extracción (chimenea de la cocina). Solo se ventilan las habitaciones situadas en el recorrido del aire entre estos dos puntos, y no suelen ser todas las habitaciones.

2.8. Fotografía exterior de varias cuevas del complejo

2.9. Esquema ilustrativo de climatización

## Las barracas de Valencia, Comunidad Valenciana, España



2.10. Fotografía exterior de dos barracas contiguas

2.11. Esquema ilustrativo de climatización

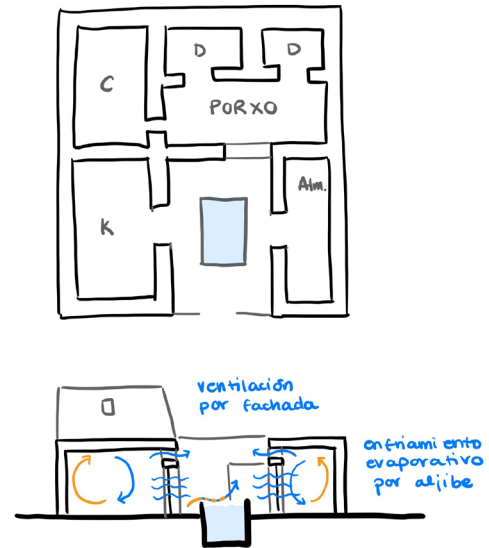
*Descripción formal:*

Encontramos asentamientos de barracas a lo largo de toda la Albufera Valenciana. Se sitúan donde la ciudad encuentra el agua del mediterráneo, y sirvieron de refugio a familias de pescadores y agricultores. Es una construcción de planta rectangular, que resiste mediante dos gruesos muros de carga paralelos, sobre los que apoyan dos planos inclinados formando la cubierta que se alarga dando sombra al muro. Los frentes cortos son simples cerramientos en los que se abren los huecos de fachada. La cimentación se realiza con mampostería de piedra y los muros de carga se construyen con mampostería de adobe y paja, a veces reforzados con troncos de moreras. Los cerramientos no resistentes se resuelven con cañizo revestido de barro sujeto a varios pies derechos que conectan con los planos de cubierta. La estructura de cubierta se recubre con cañizo, cañas gruesas y finalmente manojos de paja.

*Descripción bioclimática:*

Todos los materiales utilizados para su construcción se encuentran en abundancia en la zona: las arcillas de los huertos, el agua y los cañizos de las acequias, la madera de los árboles, la paja, la cal de la zona... Las barracas suelen estar orientadas al sur para captar la mayor energía solar posible y aprovechar los vientos mediterráneos. La techumbre, que carece de mortero, permite a la vivienda auto-ventilarse. Además, los huecos de fachada, colocados en paramentos opuestos, favorecen el movimiento del aire, generando una ventilación cruzada a través de los mismos y el techo. El hecho de encalar las superficies de color blanco, refleja la luz solar y evita el sobrecalentamiento interior. El alero de cubierta, alargado más allá del muro ofreciéndole sombra permite controlar la temperatura del espacio interior.

## La vivienda ibicenca, Islas Baleares, España



### Descripción formal:

La finca ibicenca se desarrolla en una sola planta, con volúmenes de diferentes alturas organizados en torno a un patio central al que se abren. En este patio central encontramos un aljibe que sirve para acumular el agua de lluvia y para refrescar el ambiente mediante evaporación. Mientras que al interior se abren huecos grandes, aunque protegidos por puertas de lamas fijas, al exterior aparecen pequeños y escasos huecos. Están construidas con muros de carga de más de 70 cm de espesor de mampostería de basalto y recubiertos con un enfoscado de barro y paja por ambos lados. La cubierta es un plano de vigas de madera, con luces límite de 4'5 metros, porque es un bien escaso en la isla. Todos los paramentos se encalan en color blanco.

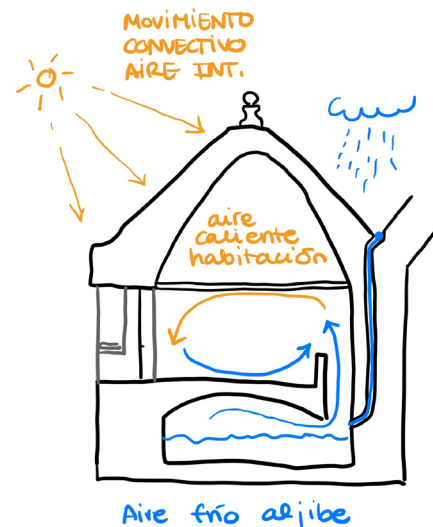
### Descripción bioclimática:

El principal elemento de protección contra las adversidades del entorno es el muro de carga. Gracias a su espesor ofrece gran inercia térmica al espacio interior, que apenas varía de temperatura a lo largo del día y de las estaciones. El hecho de pintar de blanco todas las superficies exteriores refleja la radiación solar y evita el sobrecalentamiento del interior. Así mismo, se abren unos huecos sobre las puertas que dan al patio interior llamados mechinales que permiten que el aire calentado acumulado en la parte superior de las habitaciones escape, creando una ventilación cruzada. Las Islas Canarias están expuestas a los fuertes vientos del Océano Atlántico, y a las corrientes procedentes del Sáhara africano, que frecuentemente genera calima en el ambiente. Para protegerse del viento, se sitúan los volúmenes más altos al norte y se reducen los huecos abiertos al exterior al mínimo.

2.12. Fotografía exterior de una típica casa ibicenca

2.13. Esquema ilustrativo de climatización

### Los Trulli de Alberobello, Apulia, Italia



2.14. Fotografía exterior de un trullo original

2.15. Esquema ilustrativo de climatización

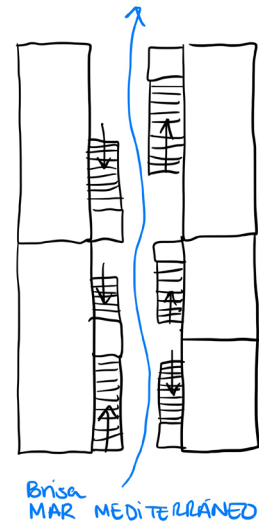
#### *Descripción formal:*

En Alberobello encontramos una cabaña de piedra calcárea -material abundante en la zona- de planta rectangular, llamada trullo (pl. trulli). Consta de dos partes: un grueso muro de piedra que puede llegar a medir 1'5 metros, y una cubierta en forma cónica de losas de piedra caliza superpuestas en seco que van formando círculos concéntricos cada vez más pequeños. Como coronación, una piedra circular y un pináculo. Tanto el muro como el pináculo se revisten de cal. Una vivienda suele estar formada por varios trulli, y unas se apoyan en otras compartiendo muro perimetral. Los huecos son puertas en arco y ventanas rectangulares de pequeño tamaño. Normalmente el espacio vividero está en contacto directo con la calle y encontramos patios privados para las viviendas.

#### *Descripción bioclimática:*

El interior de la vivienda se cubre de yeso para mejorar la iluminación interior. El revestimiento exterior de color claro refleja la radiación solar, y su gran grueso ofrece buen aislamiento térmico. La cúpula, al no estar revestida, permite una ventilación natural y constante del interior evitando a su vez que la lluvia entre a la vivienda por el propio método y geometría constructiva en cuña. Bajo las viviendas se construyen cisternas o aljibes que acumulan el agua de lluvia y sirven de abastecimiento a la familia. Además, en épocas de calor funcionan como sistema de refrigeración por evaporación. A veces se añaden chimeneas prismáticas.

## Isla de Mykonos, Islas Cícladas, Grecia



### *Descripción formal:*

Mykonos es un pueblo portuario, y las viviendas se concentran precisamente ahí, en la orilla del mar. Suelen desarrollarse en hileras, dando lugar a estrechas calles que son una extensión de la casa. Tienen dos pisos, el espacio vividero se sitúa en la planta baja y los dormitorios en la superior, a los que se llega a través de una escalera exterior. Son construcciones de albañilería con la piedra del lugar. Cada unidad tiene un espacio de almacenaje y servicios. No suelen tener patios o terrazas, la vida se hace en la calle.

### *Descripción bioclimática:*

Las viviendas, encaladas, blancas, reflejan la luz del sol. Las calles, estrechas, recogen la brisa que las recorre y enfrían el aire a su paso por la sombra que unos edificios producen sobre los próximos. Las ventanas, de gran tamaño, tienen elementos de cierre y apertura para controlar el flujo de viento que entra al interior. También aparecen otros huecos de menor tamaño abiertos, que probablemente sirvan exclusivamente para ventilar.

2.16. Fotografía de una calle típica en Mykonos

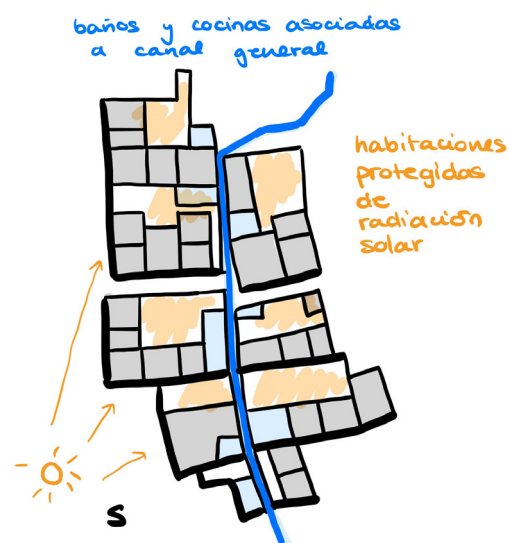
2.17. Esquema ilustrativo de climatización

## Vivienda circasiana de Gerasa, Jordania



2.18. Fotografía del patio de una vivienda típica circasiana

2.19. Esquema ilustrativo de climatización



### *Descripción formal:*

Las viviendas se construyen de manera tangencial – a veces seccionando- a un canal de agua redireccionada de un manantial que abastece a toda la ciudad. Están construidas con bloques labrados de piedra caliza -propia de la zona- cuidados en detalle al contacto con puertas y ventanas. Una vivienda está formada por varios bloques cúbicos dentro de un perímetro cerrado por un muro alto. Cocinas y baños están pegados al canal de agua, y el resto de habitaciones se organizan perimetralmente de diferentes maneras. Pocos huecos se abren al exterior, y sin embargo se abren al patio central.

### *Descripción bioclimática:*

Debido a la intensa radiación solar y las altas temperaturas en los meses de verano, casi ningún hueco se abre a sur u oeste, y sí lo hacen a norte o este. Sin embargo, son huecos pequeños porque el sistema constructivo no permite otra cosa. Se utilizan las sombras de los altos muros y de los volúmenes cúbicos para hacer vida en el patio reduciendo la temperatura. Los gruesos muros y las cubiertas de tierra favorecen la inercia térmica del interior y la refrigeración pasiva.

## Las casas trogloditas de Matmata, Gobernación de Gabés, Túnez



### Descripción formal:

El pueblo de Matmata es una agrupación de viviendas interconectadas y de vida comunal excavadas en el terreno seco y arenoso del desierto de Túnez, cerca del Golfo de Gabés. Es un conjunto de “cráteres” que sirven a diversas familias y se convierten en un espacio de convivencia y almacenamiento de víveres, animales, y agua que se recoge en un pozo. A este “patio” central que mide entre 9 y 60 metros de ancho, tienen salida las diferentes cámaras, organizados en una o dos alturas (entre 6 y 12 metros), y es el único punto de iluminación y ventilación. Cada cráter tiene su propia salida a la superficie a través de una empinada rampa y una pequeña entrada. Se puede observar el carácter mimético y defensivo del pueblo.

### Descripción bioclimática:

Por su carácter excavado, ofrece gran protección contra el viento huracanado del desierto (muy caliente, seco y veloz), y la radiación directa del sol, que frecuentemente provoca insolaciones por las altas temperaturas. También es importante la inercia térmica que ofrece la penetración en la tierra y la formación de cuevas. El pozo central en los cráteres genera un microclima con el que también se refrigera el ambiente por evaporación. La ventilación se produce por las aberturas a los cráteres y pequeñas galerías verticales abiertas a la superficie sobre ellos.

2.20. Fotografía exterior de las cuevas de Matmata

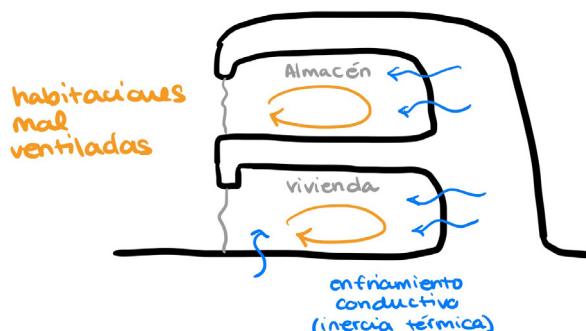
2.21. Esquema ilustrativo de climatización

## Las *ghorfas* de Metameur y Ghoumrassen Hadada, Gobernaciones de Medenine y de Tataouine, Túnez



2.22. Fotografía exterior de las *Ghorfas* y sus habitantes

2.23. Esquema ilustrativo de climatización



### *Descripción formal:*

Las llamadas *ghorfas* son estructuras autoportantes de barro, material de la zona, construidas con bóvedas de cañón alargadas y superpuestas formando edificios que llegaron a tener seis o siete alturas en Metameur. A día de hoy solo quedan en pie dos o tres pisos. Organizadas en hileras alrededor de una gran plaza pública, el primer piso se solía utilizar como vivienda y el segundo como almacén. La fachada que da a la plaza tiene una ventana rectangular en cada piso, y a ellos se accede por una escalera exterior. El resto de fachadas son ciegas. El conjunto de *ghorfas* se llama *ksour*. A veces, surgía la necesidad de construir dentro de la plaza central, por lo que se forma un entramado urbano irregular, que es el caso de Ghoumrassen Hadada, donde los edificios tienen como máximo tres alturas para evitar problemas de iluminación y ventilación.

### *Descripción bioclimática:*

En el llano de Dahar, hay que protegerse de las altas temperaturas y de la radiación directa del sol, por lo que la construcción abovedada de barro, simulando el modelo de “cueva” de donde venían sus constructores y primeros moradores da una inercia térmica suficiente como para alcanzar una temperatura más confortable. Los pequeños huecos abiertos y la organización en recinto cerrado protegen al conjunto contra el viento. El espacio debe ser autoventilado ya que cada cámara solo tiene una ventana en el lado corto. En este caso no hay presencia de agua para refrigeración de las viviendas.

## La aldea de Takruna, Gobernación de Susa, Túnez



### Descripción formal:

La aldea de Takruna se desarrolla a lo largo de tres mesetas, y su condición elevada en su época tuvo carácter defensivo. Las casas están situadas en tres niveles diferentes, sobre la colina. Cada vivienda tiene una parte construida de un único piso, de planta rectangular y bóveda de cañón, con otra bóveda perpendicular a la primera pero más corta marcando la entrada y dando estabilidad estructural; y un patio privado y cercado. Tanto muros como bóvedas están construidas con piedra, y pintadas con una gruesa capa de estuco blanco. La trama urbana se define por calles estrechas e irregulares. A los patios privados se abren ventanas de tamaño medio, sin embargo, a las calles solo se abren las puertas de entrada y pequeños ventanucos sobre ellas.

### Descripción bioclimática:

Tanto el uso de la piedra como la capa de estuco blanco sirven para proteger de la radiación solar y evitar el sobrecalentamiento interior, reflejando la luz y reduciendo la infiltración de los calurosos vientos. Las casas bajas, los patios cerrados y las calles estrechas surgen como consecuencia de la necesidad de cobijarse frente a los huracanes, comunes en la llanura. Los huecos que se abren sobre las puertas de entrada hacia las calles sirven para ventilar la vivienda, permitiendo la ventilación cruzada.

2.24. Fotografía aérea de varias casas en Takruna

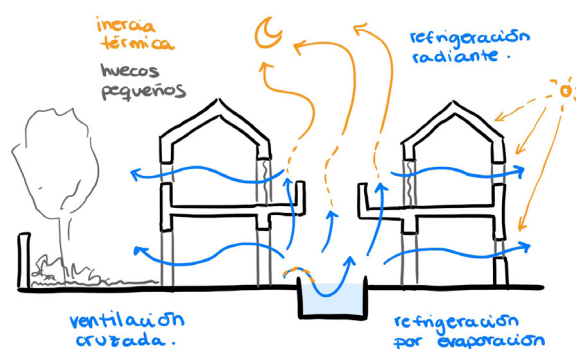
2.25. Esquema ilustrativo de climatización

## La Medina de Chefchaouen, Región Tánger-Tetuán, Marruecos



2.26. Fotografía de la Medina de Chefchaouen

2.27. Esquema ilustrativo de climatización



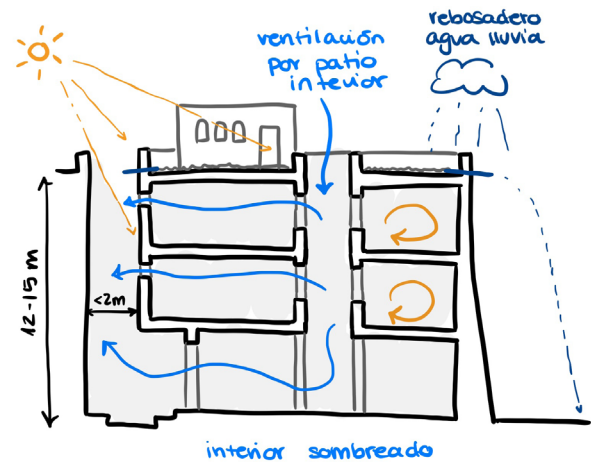
### Descripción formal:

La situación de esta ciudad de origen morisco, en la cara sur de la cordillera del Rif de Marruecos, la protege de los vientos del Mediterráneo. Las viviendas antiguas, de una altura, progresivamente se han ido convirtiendo en dos, tres o más con el crecimiento de las familias. El patio, igual que en las casas de Andalucía, tiene un aljibe central, y en este caso además hay un jardín. Los muros están encalados actualmente con pigmento azul, pero como se observa en la fotografía no siempre ha sido así. Se abren pequeñas ventanas al exterior, y un atrio al interior separa el patio de las habitaciones.

### Descripción bioclimática:

Por la variación de temperatura entre el día y la noche, el edificio necesita estar bien ventilado. Esto es porque durante el día se va renovando el aire y refrigerando el interior con la lámina de agua, y durante la noche el calor sobrante se expulsa. El encalado de color claro -ya sea blanco o azul- se utiliza para reflejar la luz del sol y evitar el sobrecalentamiento.

## El ksar de Ait-Benhaddu, Región Draa-Tafilalet, Marruecos



### Descripción formal:

Ait Benhaddu es una ciudad fortificada o ksar. Consiste en una agrupación de kasbahs alineadas siguiendo las curvas de nivel de la meseta sobre la que se asientan. Por cada nivel hay un muro defensivo. Las torres tienen una altura máxima de entre 12 y 15 metros, y en sus fachadas se abren pequeños y escasos huecos. Una kasbah es un edificio de planta rectangular de viviendas, con cuatro torres defensivas en las esquinas de la plaza central, pero en este caso además se añaden volúmenes más bajos. Suelen tener como máximo 4 plantas. Los muros se construyen con arcilla y ladrillos rellenos de paja, añadiendo a veces troncos de palmera. Las viviendas se abren al patio central.

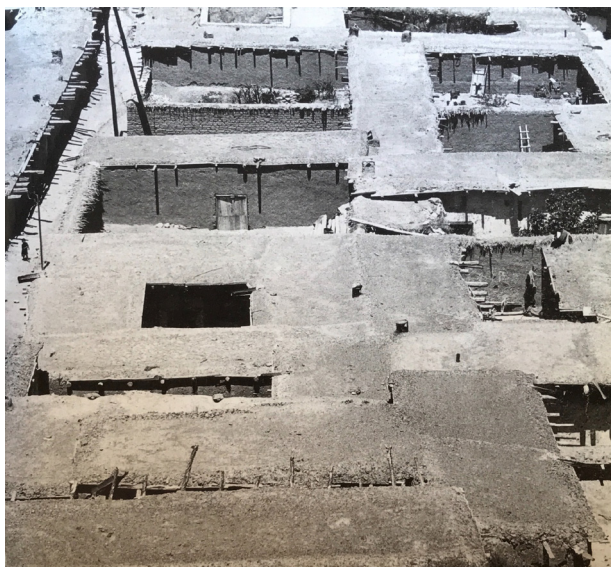
### Descripción bioclimática:

La ordenación urbana adaptada al terreno constituye una defensa natural contra las lluvias torrenciales, aparte de su misión defensiva. También es esencial protegerse de la radiación solar y del viento del desierto. La compacidad del conjunto, que da lugar a calles estrechas -miden como máximo dos metros- y sombreadas, reduce la temperatura en estos lugares. Las viviendas, protegidas por gruesos muros con gran inercia térmica y ventiladas a través del patio central también consiguen regular la temperatura y proteger el interior.

2.28. Fotografía exterior del ksar y las kasbahs individuales

2.29. Esquema ilustrativo de climatización

### Pueblo cerca de Jenifra, Región Beni Melal-Jenifra, Marruecos



2.30. Fotografía aérea del pueblo, luces y sombras

2.31. Esquema ilustrativo de climatización

#### *Descripción formal:*

Por la ciudad de Khenifra discurre el río Oum Er-Rbia, y cerca de la misma encontramos una aldea de trama urbana regular, con viviendas rectangulares de una sola altura en las que se abren patios, y cuanto más grandes sean estos, menor es la vivienda. Las habitaciones se organizan en torno a este patio central y un atrio hace de distribuidor. Tienen cubierta plana en voladizo y muros de tapial o mampostería. Las casas generan estrechas calles que aprovechan la sombra de los aleros de las cubiertas, y todas dan a la calle principal, el espacio común, la orilla del río.

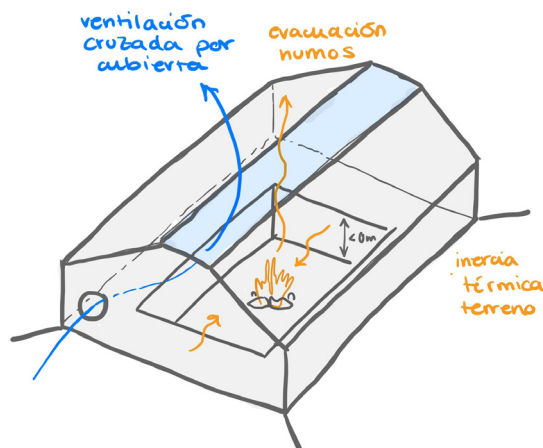
#### *Descripción bioclimática:*

Surge la necesidad de protegerse del viento huracanado del desierto, de la radiación solar y de las lluvias torrenciales. En este caso, las cubiertas son la estrategia para cumplir todos los objetivos. Esto es porque al estar en voladizo en todo el perímetro, evitan que las lluvias afecten a los muros degradándolos; dan sombra a la vivienda y a las calles que transcurren a su lado; y al tener muy baja altura y un esquema cerrado al exterior, se protegen del viento.

## Estados Unidos, California

2.32. Mapa de California, EEUU



**Plank House Yurok, Costa del Norte, California**

2.33. Fotografía exterior de una plank house en Sumêg Villag

2.34. Esquema ilustrativo de climatización

**Descripción formal:**

Las tribus yurok se establecen en pequeñas aldeas de diez viviendas como máximo sobre las laderas de montaña. La casa se interpreta como un elemento artístico, símbolo de la posición social de la familia que la habita. Se construye semienterrada con un sistema de vigas y soportes de madera de secuoya -muy abundante en la zona, con buenas propiedades aislantes- y se envuelve con tablones solapados entre sí del mismo material. Las juntas entre los tablones están selladas con cortezas en casi toda la superficie, dejando partes 'sueltas' para poder desmontarlas. La puerta de entrada es un hueco circular de 75 centímetros de diámetro, tapado con pieles de animales o una puerta circular de madera. Son una tribu de agricultores y pescadores muy avanzada, que diseña su hogar de acuerdo con sus necesidades de conservación de los alimentos.

**Descripción bioclimática:**

Los yurok se establecen en lugares elevados y se entierran, para evitar inundaciones y protegerse del viento respectivamente. La planta, rectangular y con cubierta a dos aguas, cobra sentido para evacuar las aguas de lluvia muy propias de la zona. El funcionamiento climático de la cabaña combina la gran inercia térmica de la tierra (por estar enterrado), la cualidad aislante de la madera de secuoya y su gran difusividad térmica (no absorbe calor), lo que permite llegar a una temperatura de confort con poca energía. Como fuente de calor utilizan una hoguera en el centro de la cabaña, que también tiene la función de ahumar los pescados, colgados de las vigas, para su conservación. Después del período de lluvias, se desmonta la parte de la cubierta que no se ha sellado con cortezas, se abre la puerta de entrada circular, y se crea una ventilación cruzada con dos objetivos: el bienestar y la salud de la familia, y el secado de la madera de secuoya.

## Sudamérica, Chile

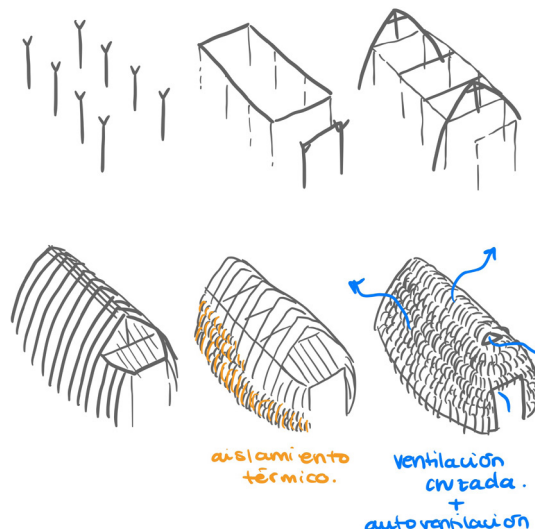
2.35. Mapa de Chile,  
Sudamérica



**Ruca Mapuche, Chile**

2.36. Fotografía exterior de una ruka mapuche original

2.37. Esquema ilustrativo de climatización

**Descripción formal:**

Las rukas mapuches varían formalmente dependiendo de la zona para adaptarse al entorno, en este caso vamos a estudiar la ruka actual Lafkenche. Esta cabaña se construye sobre bajos cerros costeros, para tener buena visibilidad, con el material de la zona: la madera de roble. Es de planta ovalada, construida con una estructura primaria de troncos verticales, horizontales y curvos para darle la forma final; y una estructura secundaria más ligera cubierta de plantas. Finalmente, se envuelve de arriba a abajo con hileras horizontales de paja superpuestas unas sobre otras, creando una gruesa protección exterior. Según la cosmología mapuche, la vida viene de oriente, por lo que la vivienda se orienta en esta dirección.

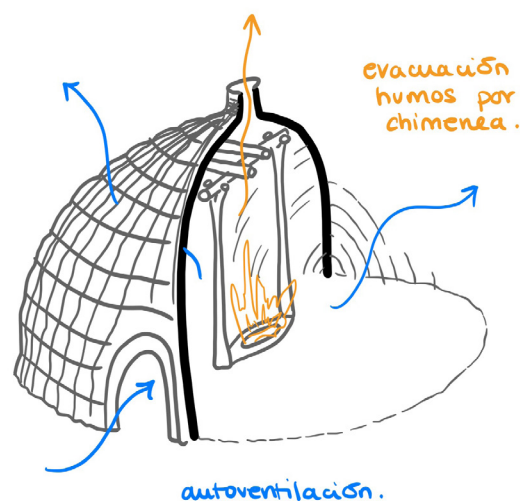
**Descripción bioclimática:**

La cultura mapuche está muy ligada a la naturaleza, por lo que bioclimáticamente la vivienda está bien adaptada al entorno. Entre otras cosas, para establecerse tienen en cuenta el relieve y la presencia de cursos de agua cercanos, los vientos predominantes y la luz. La madera de roble tiene propiedades resistentes al agua y a las variaciones térmicas, y esto añadido a las capas vegetales y de paja, hace de la envolvente un elemento con inercia térmica. La orientación a oeste, hacia donde se abren los huecos de envolvente, no solo encuentra sentido en cuestiones culturales, sino que se usa para evitar los fuertes vientos N-S de la zona. El fuego, elemento central de la vivienda, radia calor a todo el espacio, un espacio único, que ventila a través de la puerta y la cubierta.

## África, Sudáfrica

2.38. Mapa de Sudáfrica, África



**Indlu Zulú, Sudáfrica**

2.39. Fotografía exterior de varios indlus zulúes

2.40. Esquema ilustrativo de climatización

**Descripción formal:**

La tribu zulú, fundamentalmente nómada, ha desarrollado una arquitectura de cabañas transportables llamadas indlus. Se organizan en pequeños campamentos familiares, donde el individuo más anciano es considerado el jefe del clan. Cada grupo familiar más pequeño tiene su propia cabaña dentro del recinto cercado, llamado kraal, y en el centro se guarda el ganado. El indlu básico se construye con un entrelazado de ramas de árboles flexibles y unos postes verticales en el centro, donde se encuentra el hogar. Se cubre con esteras de hierba entretejida por las mujeres del clan, asegurando el conjunto con una red de paralelos de cuerdas vegetales. Se dejan dos huecos: la entrada, de un metro de altura; y la coronación, en forma de chimenea.

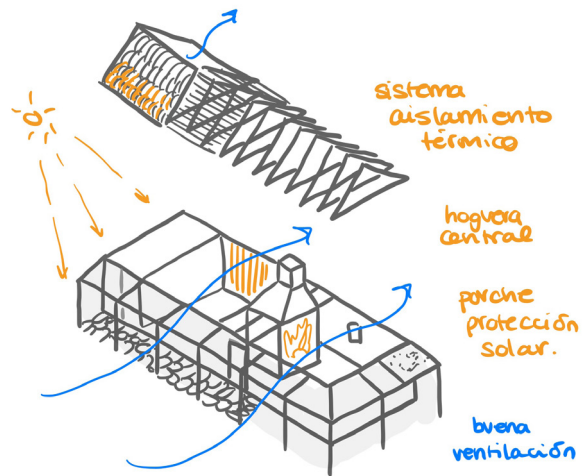
**Descripción bioclimática:**

El indlu zulú, por su condición móvil, es muy ligero. Las esteras de hierba entretejida permiten una leve ventilación continua. Por esto mismo, el aislamiento térmico no es remarcable en esta construcción, pero al ser de tamaño reducido y tener la fuente de calor (la hoguera) en el centro, la cabaña se mantiene caliente en época invernal. También se utilizan telas en el suelo y recubrimientos en la envolvente interior para mantener la temperatura. Se trata de una mezcla de estiércol de vaca y arcilla de termitero, que cuando seca, se alisa y se forma el suelo de la casa. En algunas ocasiones también se recubren las paredes. Esto permite aumentar la inercia térmica del indlu.

## Oceanía, Australia

2.41. Mapa de Australia, Oceanía



**German Farmhouse, Australia**

2.42. Fotografía exterior de una antigua granja

2.43. Esquema ilustrativo de climatización

**Descripción formal:**

Los colonos alemanes que se asientan en el siglo XIX en el sur de Australia crean asentamientos granjeros, vinculados a la agricultura. Las granjas se construyen con el sistema balloon-frame: una estructura de entramado de listones de madera. La estructura de la cubierta también se realiza en madera, a dos aguas con un cambio de pendiente al final. Los primeros asentamientos, más simples, agrupan todo en el mismo edificio: la familia, los animales y los bienes. Estas viviendas reciben el nombre de “kitchen-hall” porque un hall distribuye el espacio en una gran cocina y una sala de estar. La familia duerme en el ático, donde también se almacenan alimentos y bienes de toda clase. Los animales se guardan en una habitación anexa a la casa con un acceso separado.

**Descripción bioclimática:**

Las granjas alemanas están adaptadas al clima cálido del entorno. Construyen un espacio de tránsito entre el interior y el exterior: una especie de porche pavimentado que protege a la vivienda de la radiación solar. También trabajan la envolvente con un primitivo sistema de aislamiento térmico: rellenan la estructura de madera con lehmwickel, o “envoltura de arcilla”. Este sistema consiste en envolver estacas de madera (toscamente talladas) con un amasado de paja y arcilla blanda; y a continuación colocarlas en hileras empotradas en la estructura de madera. Ofrece inercia térmica a la envolvente, ayudando a mantener las temperaturas interiores. En verano, será una vivienda ligera con buena ventilación y protección sola; y en invierno, el porche dejará pasar el calor por las ventanas y la hoguera central calentará toda la vivienda.



### 3 Casos de estudio: Sistemas de climatización tradicionales

En este capítulo se van a desarrollar seis casos de estudio, elegidos de entre los ejemplos vistos en el capítulo dos, que sirven para entender los mecanismos de transmisión de calor (radiación, conducción y convección) tanto para enfriar ambientes como para calentarlos.

Todos los cuerpos, por el hecho de tener una temperatura distinta del cero absoluto, radian energía. Como el que tiene mayor temperatura emite mayor cantidad de energía, el cuerpo más frío se convierte en un sumidero de calor.<sup>3</sup>

3. NEILA, *Arquitectura bioclimática...*, página 322.

3.1. Mapa de localización de los casos de estudio



## Enfriamiento

Cuando el sistema de enfriamiento reduce realmente la cantidad de energía de un ambiente se denomina “enfriamiento sensible”. Para conseguir “enfriamiento sensible”, es decir, eliminación directa de la energía, y, por tanto, reducción de la temperatura, es necesario contar con un foco frío, cuya temperatura esté lo suficientemente por debajo de la que queremos conseguir, y con una masa tan grande que no se altere su temperatura al arrojar sobre ella el calor que queremos eliminar.<sup>4</sup>

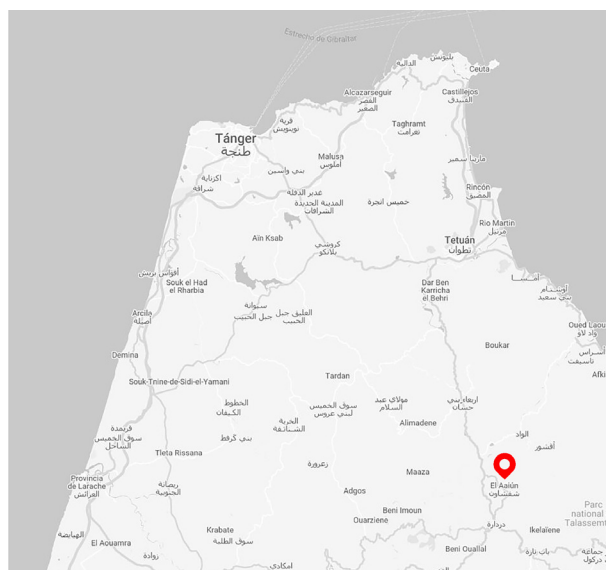
4. NEILA, *Arquitectura bioclimática...*, página 322.

Existen tres tipos de enfriamiento sensible: el enfriamiento radiante, el enfriamiento conductivo y el enfriamiento convectivo. A continuación, se desarrollan tres casos de estudio, explicando cada tipo de enfriamiento en detalle.

## Enfriamiento radiante - La Medina de Chefchaouen, Marruecos



3.2. Mapa de localización del caso de estudio

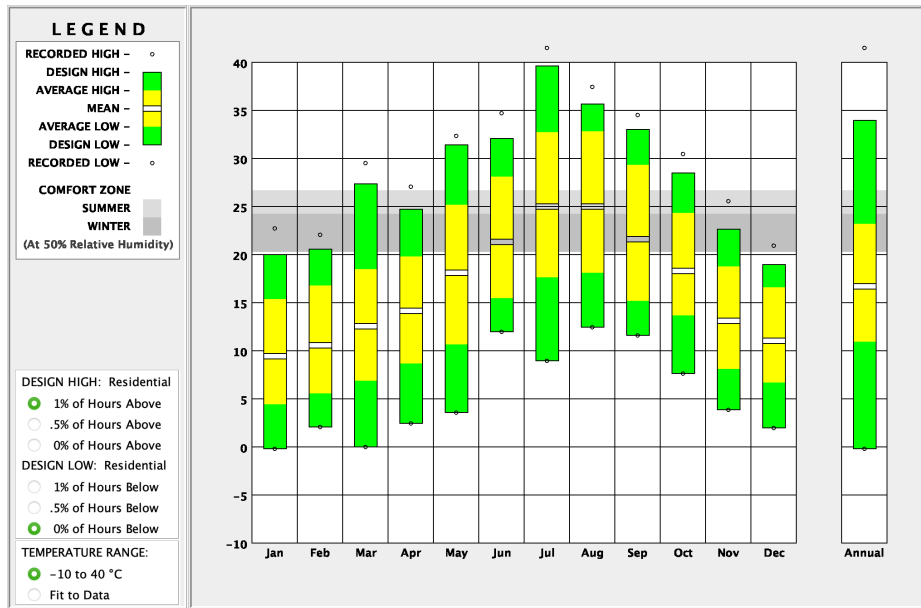


3.3. Zoom del mapa de localización

*Contexto histórico y socio-cultural*

Chefchaouen, también conocida como Chauen o Xauen, fue fundada por Mulay Alí Ben Rachid en el año 1471, como una pequeña kasbah, un recinto fortificado donde la población pudiera defenderse de ataques enemigos o tormentas de arena. Sirvió de refugio a finales del siglo XVII para defenderse de los portugueses y las tribus bereberes; y durante el siglo XIX para defenderse de los españoles. Desde el siglo XV y hasta el XVII la ciudad experimentó un gran crecimiento y surgió la actual Medina de Chefchaouen, que acogió a los moriscos y sefardíes expulsados de España por los Reyes Católicos. Por esta razón, hay muchas reminiscencias de Andalucía en las calles de la ciudad, se puede observar la mezcla de ambas culturas, la trascendencia del modelo andalusí con toda su complejidad. Hoy en día, uno de los barrios de la ciudad es conocido como “el barrio andaluz”, y es uno de los que acoge más población. Hasta finales del siglo XIX, la ciudad no recibía visitantes extranjeros (y mucho menos cristianos), pero en este momento quedan documentadas las primeras visitas de exploradores de incógnito, como por ejemplo Charles Foucauld, Walter Harris o William Summers. A principios del siglo XX nace la AOE (África Occidental Española) por la que España se apropia de una gran extensión de territorios al oeste de África mediante tratados internacionales y de acuerdo con Francia. Estas zonas no son ocupadas inmediatamente. En 1920, el general Dámaso de Berenguer ocupa la ciudad en nombre del protectorado español en Marruecos. Cuatro años después empieza la Guerra del Rif, que durará dos años, hasta 1926, y se establece la República del Rif liderada por Abd-el Krim. A finales de 1926, los españoles vuelven y ocupan la zona de manera definitiva. Durante la segunda guerra mundial, la ciudad acoge gran cantidad de judíos que huyen de Europa, aunque más tarde muchos volvieron a exiliarse hacia Israel. Desde 1956, año en que Francia abandona oficialmente su protectorado en Marruecos, Chefchaouen es la capital de la provincia que lleva su mismo nombre, y forma parte de Marruecos.

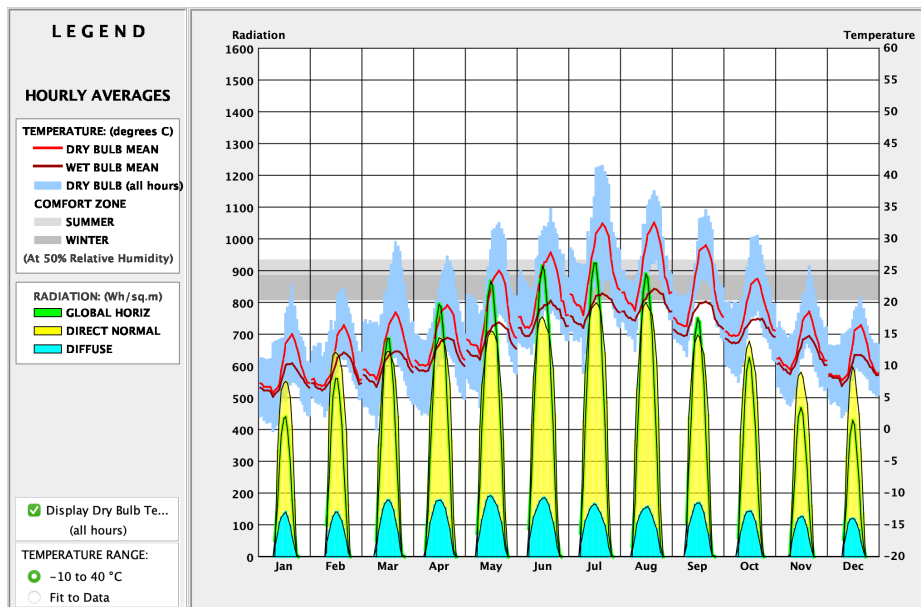
Estudio climático



3.4. Gráfica de rangos de temperatura

3.5. Gráfica de radiación y temperaturas diurnas medias mensuales

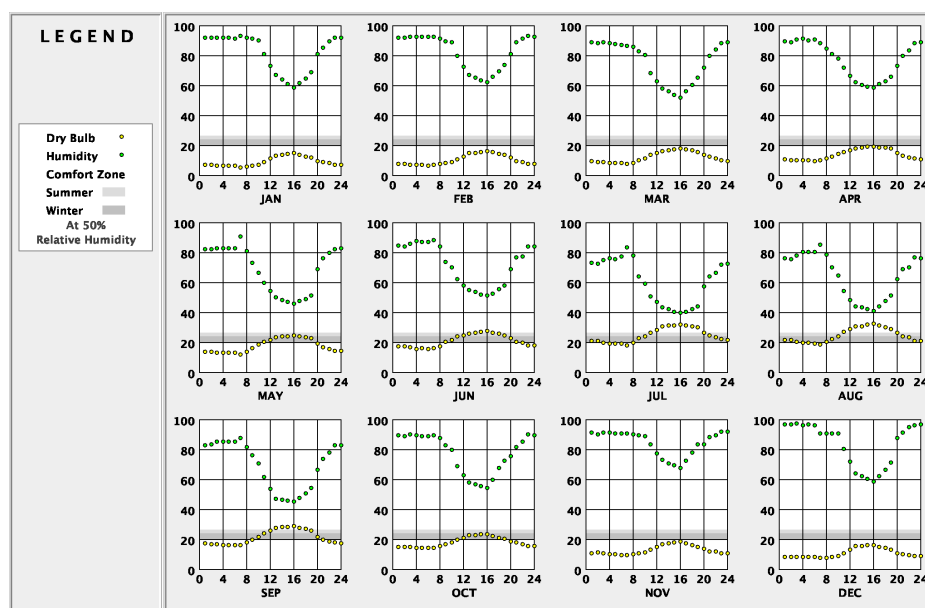
La temperatura de confort en Chefchaouen a lo largo del verano está entre 21 y 26 grados centígrados, y en invierno entre 20 y 25. La temperatura media mensual suele estar por debajo de la zona de confort excepto en verano, aunque no la supera. El mes más caluroso es julio con temperaturas máximas que superan los 40°C. Los meses más fríos llegan a 0°C pero no encontramos temperaturas bajo cero.



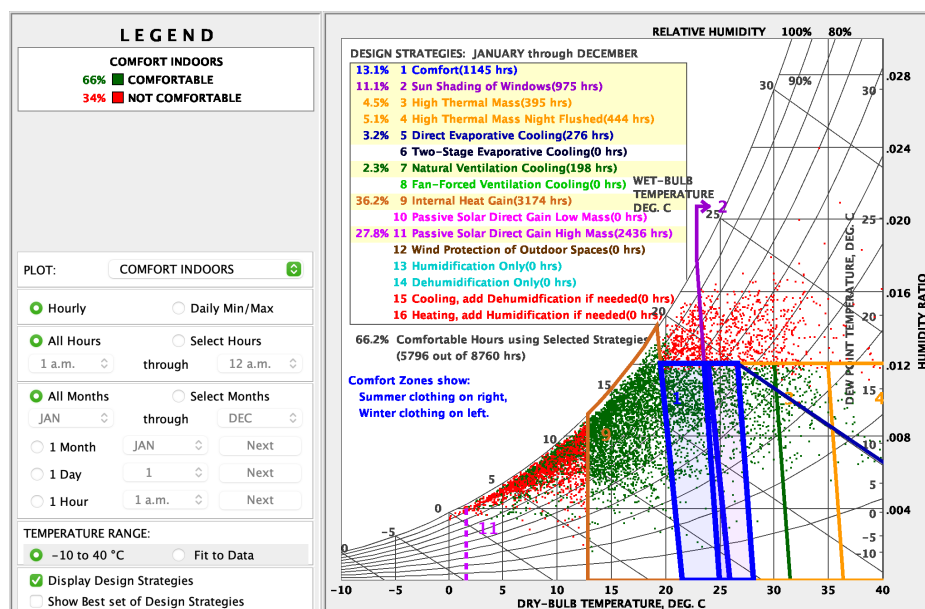
Este gráfico representa la radiación solar junto con la temperatura. La radiación global horizontal (que incluye la difusa y la normal multiplicada por el coseno del ángulo de incidencia) es muy elevada durante todo el año, sobrepasando los 900 Wh/m2 en los meses de verano.

3.6. Gráficas de temperatura de bulbo seco y humedad relativa mensuales

3.7. Diagrama psicrométrico



La humedad en el ambiente suele bajar drásticamente en las horas del medio día, desde las doce de la mañana hasta las ocho de la tarde. Sin embargo, es elevada en todos los meses, sobrepasando el 80% de saturación.



Según el programa *Climate Consultant* en el diagrama psicrométrico se puede observar que, únicamente con las medidas de climatización pasivas con que cuenta la tipología de vivienda tradicional de Chefchaouen, un 66,2 % de las horas del año en el interior son confortables. Cobra mucha importancia la ganancia de calor interior (por actividad de las personas) y la ganancia solar directa a través de los muros de gran inercia térmica.

### *Definición del mecanismo de transmisión de calor*

El enfriamiento radiante es el proceso mediante el cual un cuerpo cede calor por radiación.

La radiación es el fenómeno por el que se emite, propaga y transfiere energía de un cuerpo a otro, a través del vacío o un medio material, en forma de ondas electromagnéticas o en forma de partículas subatómicas.

En este caso se estudiará el modelo de “patio interior”, en el que el enfriamiento se produce por radiación nocturna a la bóveda celeste, que actúa como sumidero de calor.

Para que exista esta transmisión de calor es necesario que la humedad relativa del ambiente sea baja y encontrarnos en un ambiente limpio, no muy contaminado. Esto es porque el polvo, la contaminación, la humedad y cualquier elemento interpuesto entre el edificio y la bóveda celeste, capta el calor y lo devuelve al edificio.

### *Funcionamiento bioclimático*

El patio es un fenómeno bioclimático excepcional capaz de intervenir directa o indirectamente en el acondicionamiento de los edificios (...). El aire no radia, por lo que para que se enfríe tiene que ponerse en contacto con una superficie fría, que es la que se habrá enfriado por radiación. Posteriormente deberá ser almacenado, estratificándolo en algún espacio donde no se lo lleve el viento de la mañana. Estos lugares son los patios cerrados, donde se embolsa el aire frío nocturno y del que no se escapa por convección al ser pesado, cediendo su frescor a las habitaciones que lo rodean. <sup>5</sup>

En este caso concreto, el aljibe del patio añade otro mecanismo de transmisión de calor: el enfriamiento evaporativo.

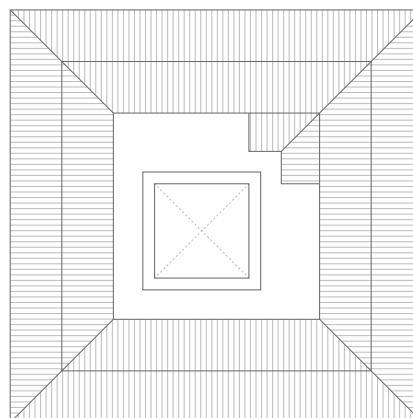
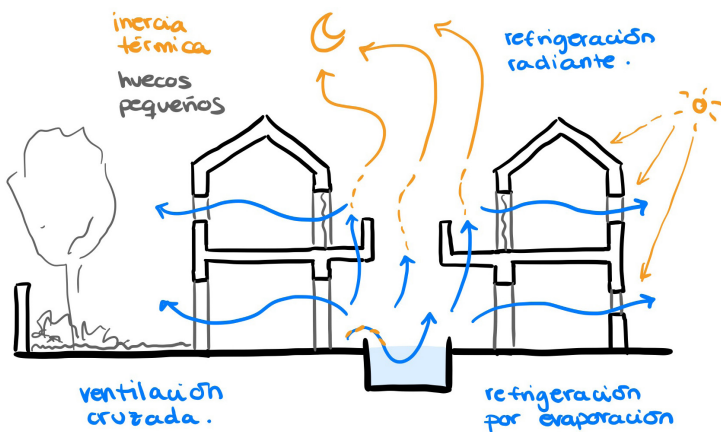
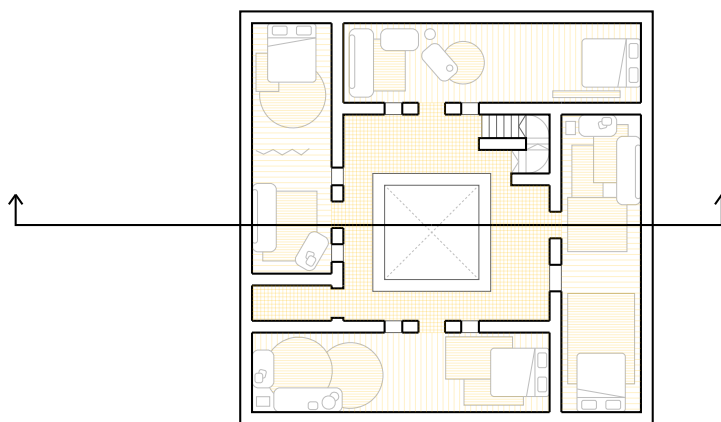
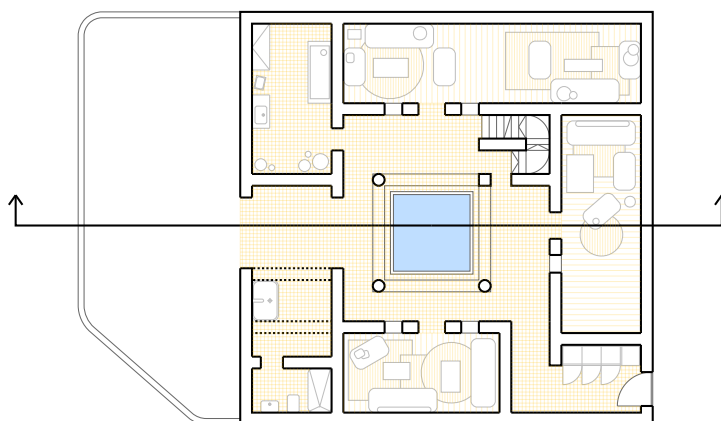
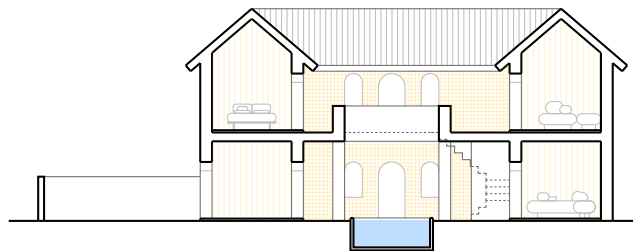
El “enfriamiento evaporativo” o “latente” es un enfriamiento adiabático, es decir, sin alterar el cómputo total de energía de un ambiente, sino simplemente utilizando parte de la energía sensible del aire y los paramentos para evaporar el agua, energía que se mantiene en el ambiente en el calor de vaporización necesario para este proceso y que se recupera cuando se invierte el fenómeno. <sup>6</sup>

5. NEILA, *Arquitectura bioclimática...*, página 325.

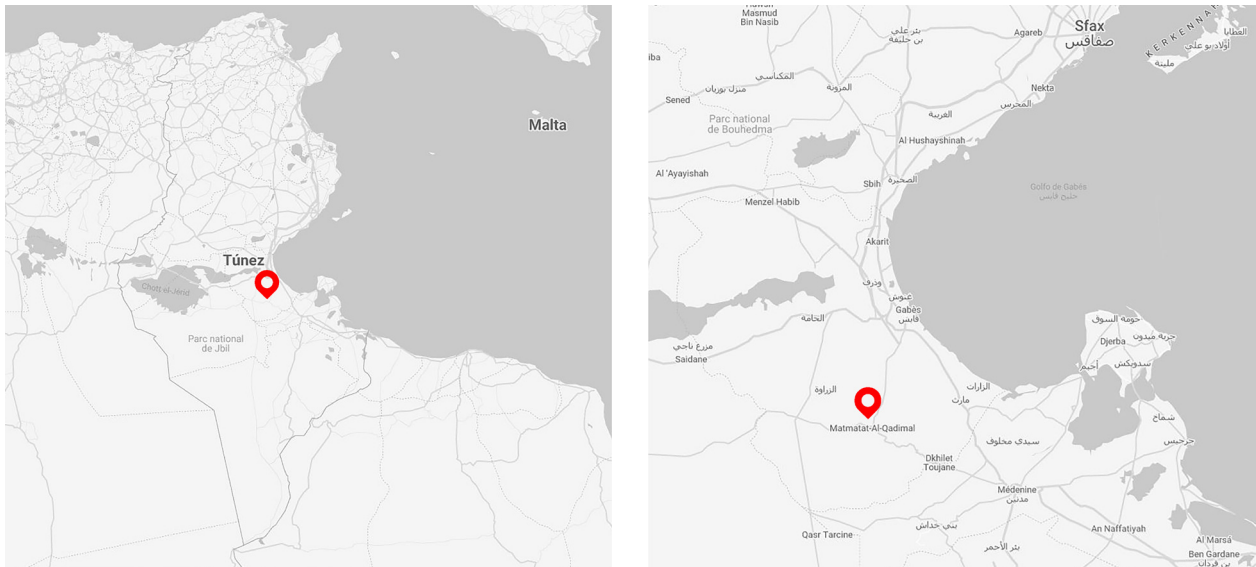
6. NEILA, *Arquitectura bioclimática...*, página 320.

3.8. Esquema ilustrativo de climatización

3.9. Plantas y secciones de la vivienda típica en la Medina de Chefchaouen



## Enfriamiento conductivo - Las casas trogloditas de Matmata, Túnez



### Contexto histórico y socio-cultural

Excavadas en el suelo, escondidas y mimetizadas con su entorno, encontramos en las tierras mediterráneas de Túnez las cuevas de los trogloditas *imazighen* matmata. El enclave es conocido hoy en día con este nombre en honor a sus primeros moradores. Se estima que fueron construidas durante la expansión islámica por el norte de África, alrededor de los siglos XIII-XI a manos de los *imazighen* no convertidos al islam que huían de las represalias de los conquistadores que aplicaban una política de conversión total. Rozando el desierto del Sáhara, en la zona no había ni piedra ni madera, ni ningún otro material de construcción utilizado hasta la fecha, por lo que los matmata excavaron la tierra arcillosa y blanda a mano. Así mismo construyeron pozos para acumular el poco agua de lluvia de que disponían. Sin embargo, la geometría del complejo responde a su carácter defensivo. Primero para ocultarse de los islámicos, alrededor del siglo VIII; y después para ocultarse de los europeos, que invadieron y colonizaron el norte de África entre la década de 1880 y el comienzo de la Primera Guerra Mundial en 1914. Durante la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), Túnez fue una de las colonias francesas leales al régimen fascista alemán, por lo que fue ocupada por tropas italianas y alemanas hasta que finalmente, consigue su independencia en 1956. Se estima que, en su mejor momento, las cuevas estuvieron ocupadas por 15.000 personas, aunque desde la invasión francesa en 1881 disminuyó radicalmente el número de habitantes. Las casas-cueva matmata siguieron siendo desconocidas hasta que en 1967 se produjeron grandes inundaciones en la zona, dejando unas cuevas gravemente dañadas y favoreciendo un éxodo rural del campo a las ciudades en busca de trabajo. El abandono de la vida tradicional por gran parte de la población no significó el final de las casas-cueva, porque el gobierno tunecino construyó el “Nouvelle Matmata” o la Nueva Matmata, un complejo construido cerca de las ruinas del original siguiendo una política de modernización, pero respetando la forma de vida y la morfología tradicionales.

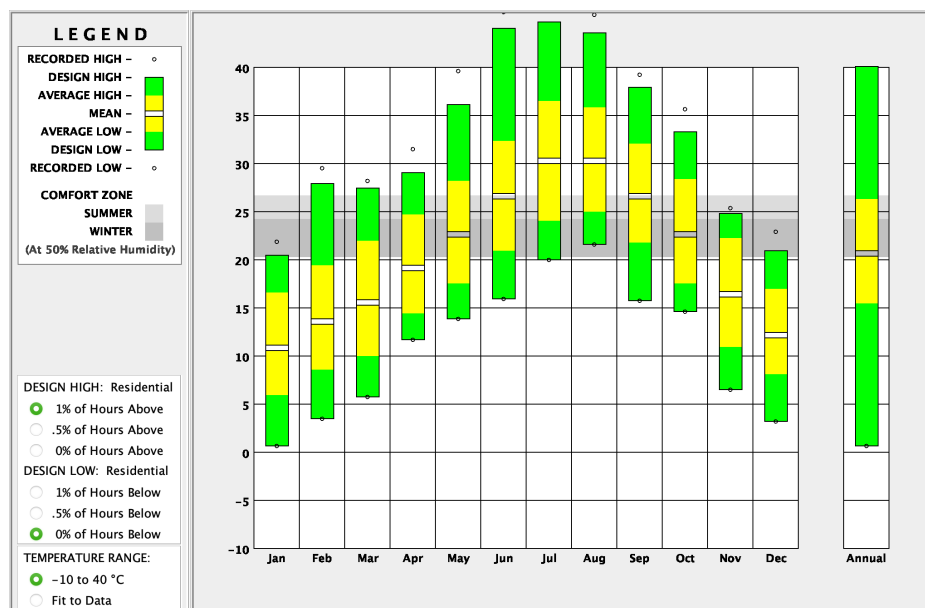
3.10. Mapa de localización del caso de estudio

3.11. Zoom del mapa de localización

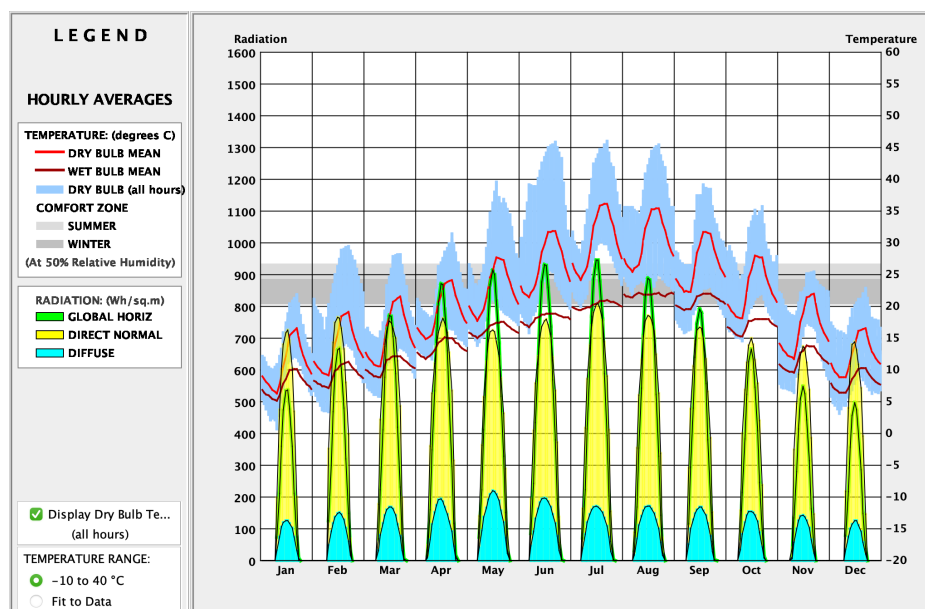
## Estudio climático

3.12. Gráfica de rangos de temperatura

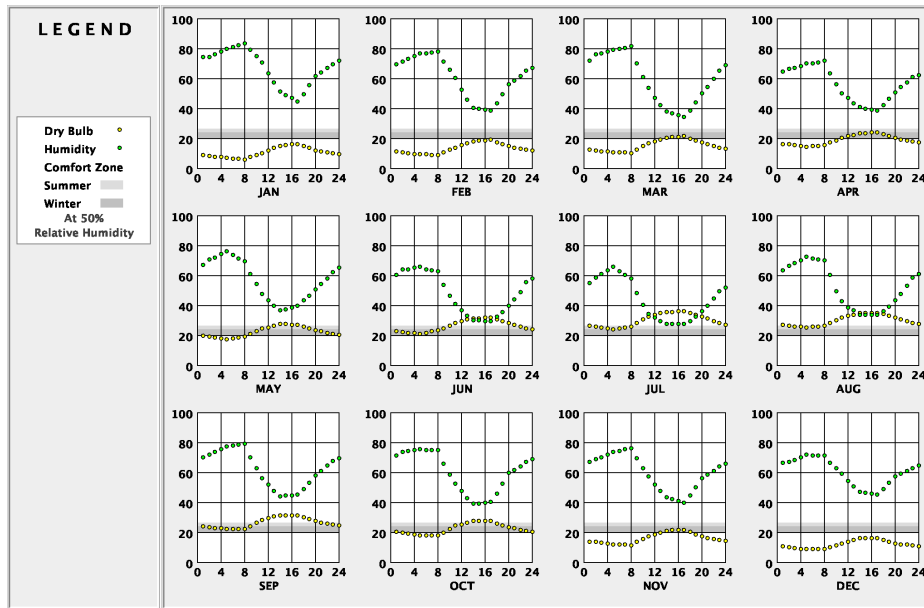
3.13. Gráfica de radiación y temperaturas diurnas medias mensuales



La temperatura de confort en Matmata a lo largo del verano está entre 21 y 26 grados centígrados, y en invierno entre 20 y 25. La temperatura media anual está por encima de los 20°C, dentro de la zona de confort de invierno. Sin embargo, la media mensual de los meses de verano supera la zona de confort, llegando a las 30°C. El mes más caluroso es julio con temperaturas



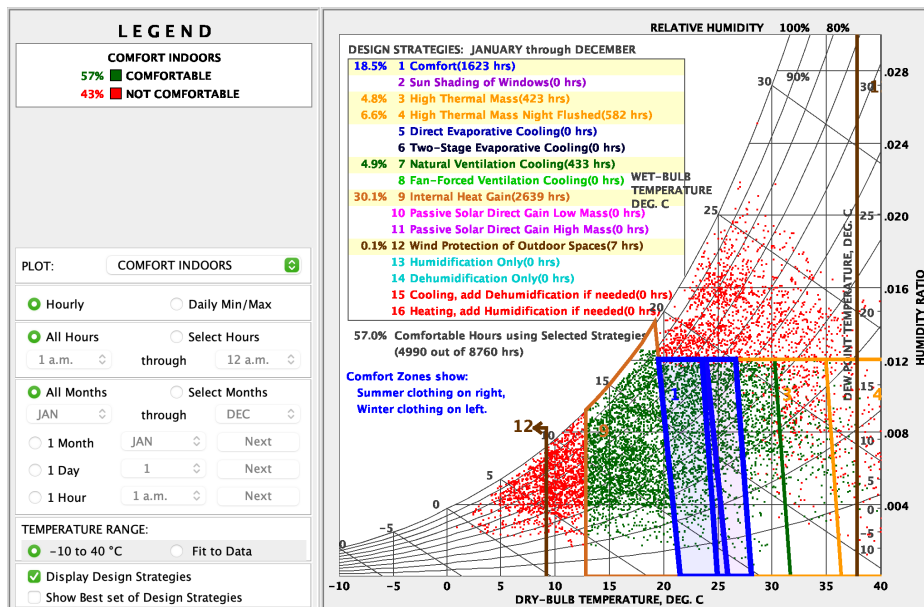
La radiación global horizontal es muy elevada durante todo el año, sobrepasando los 900 Wh/m<sup>2</sup> en los meses de verano.



3.14. Gráficas de temperatura de bulbo seco y humedad relativa mensuales

3.15. Diagrama psicrométrico

El pico de humedad relativa media mensual se observa a las 8:00 hrs. de la mañana, con un 80% de saturación. Después, desciende hasta rozar el 40% a las 16:00 hrs. para volver a aumentar paulatinamente. Se reproduce este patrón en todos los meses excepto en junio y julio, donde las humedades relativas están entre el 60 y el 20% de saturación, es decir, en estos meses el ambiente es más seco.



Según el programa *Climate Consultant* en el diagrama psicrométrico se puede observar que, únicamente con las medidas de climatización pasivas con que cuenta la tipología de vivienda-cueva de Matmata, un 57% de las horas del año en el interior son confortables. Cobra mucha importancia la ganancia de calor interior (por actividad de las personas).

*Definición del mecanismo de transmisión de calor*

El enfriamiento conductivo es el proceso mediante el cual un cuerpo cede calor por conducción. La conducción es el fenómeno por el que se transfiere energía de un cuerpo a otro mediante el contacto directo entre ambos, pero sin intercambio de materia.

En este caso se estudiará el modelo de “construcción enterrada”, en el que todos los paramentos constituyen muros fríos.

Esto es debido a que la temperatura del terreno está sometida a la influencia de las condiciones climáticas exteriores en las primeras decenas de metros, y a la temperatura del centro de la tierra en las capas más profundas. De las capas superficiales, las más exteriores se ven afectadas por las variaciones diarias, mientras que las que hay a continuación sólo se ven afectadas por las variaciones anuales.<sup>7</sup>

*Funcionamiento bioclimático*

Se puede decir que un edificio enterrado es el edificio bioclimático por excelencia, ya que se protege espléndidamente de las inclemencias del clima y de las grandes fluctuaciones de temperatura, en el que los consumos energéticos son bajísimos, ya que se rodea de terreno siempre a temperaturas más favorables que las exteriores, en el que el impacto visual y medioambiental puede eliminarse completamente, y donde la gran inercia térmica que le rodea estabiliza la temperatura plenamente.<sup>8</sup>

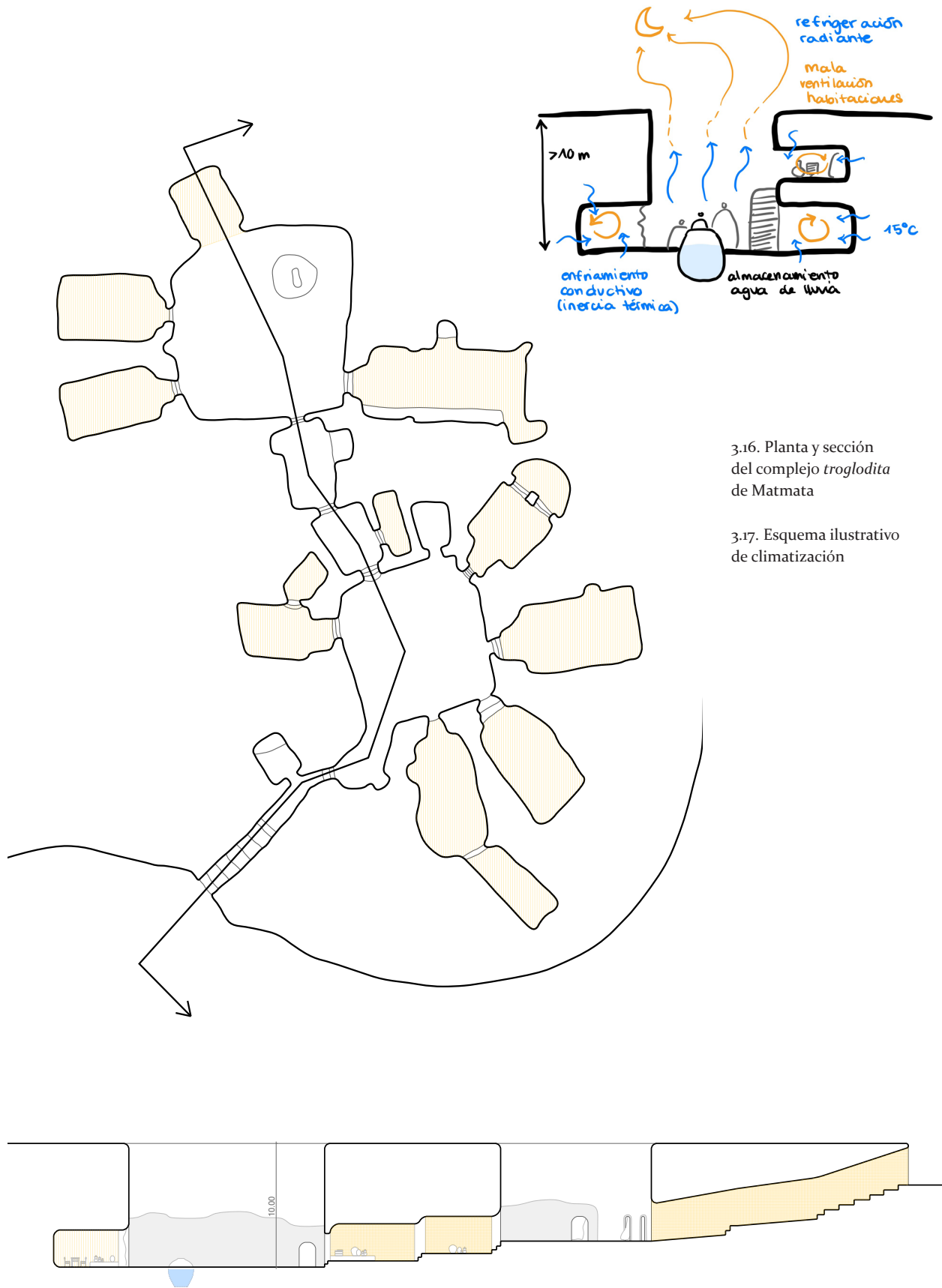
La cota más baja de los asentamientos de Matmata está entre 6-12 metros, dependiendo de si tiene una o dos alturas. Los espacios vivideros siempre se ubican en las plantas inferiores ya que son más frescas (los almacenes y graneros se sitúan por encima). Esto es porque a partir de los 10 metros de profundidad aproximadamente, la temperatura del terreno se mantiene constante a lo largo de todo el año, rondando los 15°C. Esto significa que, los muros, al tener tanta inercia térmica, transmitirán el calor a las estancias poco a poco por conducción.

La ventilación se produce a través del patio central y no es muy buena porque no hay corriente de aire, lo que favorece la aparición de condensaciones que dan lugar a problemas de habitabilidad y de salud.

El agua de lluvia se acumula en los pozos de los patios y sirve para enfriar el ambiente mediante evaporación.

7. NEILA, *Arquitectura bioclimática...*, página 327.

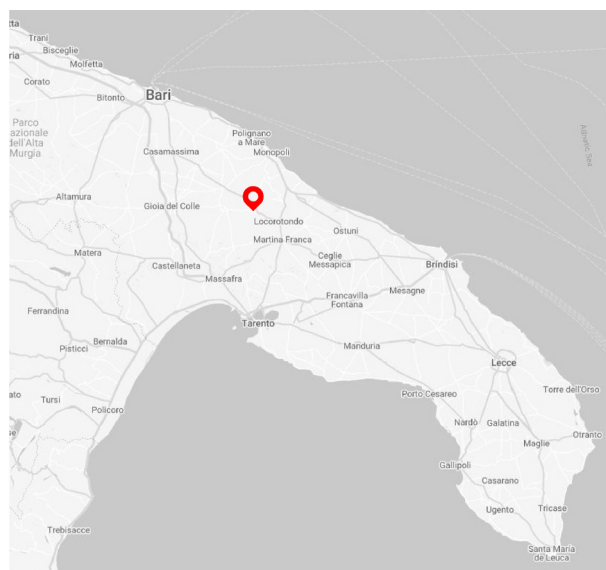
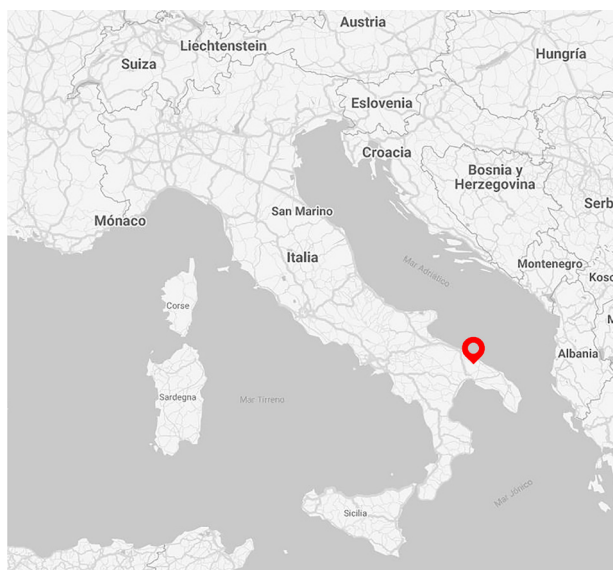
8. NEILA, *Arquitectura bioclimática...*, página 331.



3.16. Planta y sección del complejo troglodita de Matmata

3.17. Esquema ilustrativo de climatización

## Enfriamiento convectivo - Los *Trulli* de Alberobello, Italia



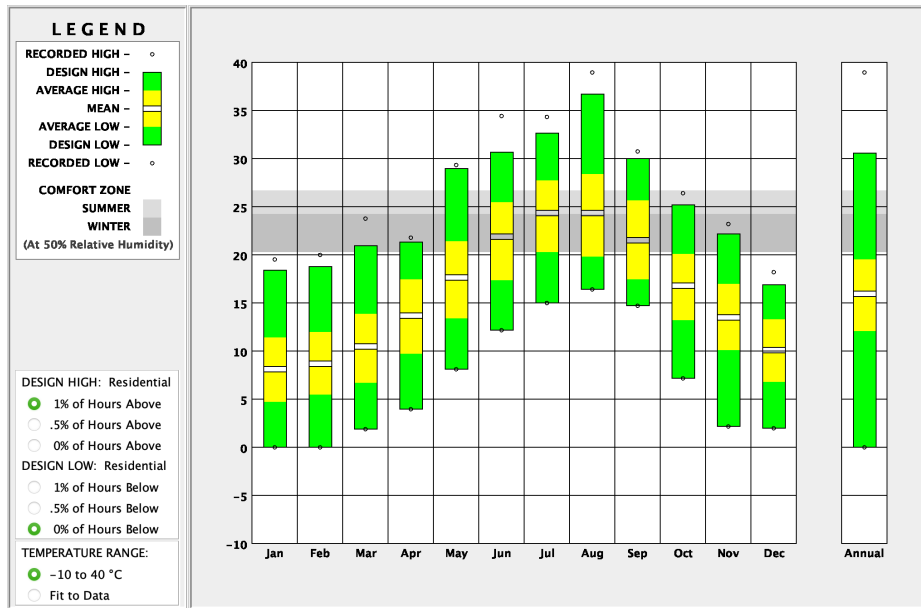
3.18. Mapa de localización del caso de estudio

3.19. Zoom del mapa de localización

### *Contexto histórico y socio-cultural*

La ciudad de Alberobello (en italiano “hermoso árbol”) en el valle de Itria, se localiza en la región italiana sureña de Apulia, cerca de la ciudad de Bari. En los barrios de Rione Monti y Aja Piccola, encontramos una forma muy característica de construcción que data del siglo XIV, los trulli. Sin embargo, se han encontrado evidencias de asentamientos rurales dispersos en la zona datados alrededor del año 1000 d.C. Originalmente, se usaron como viviendas temporales o almacenes, aunque poco a poco se fueron convirtiendo en viviendas permanentes habitadas por pequeños terratenientes o trabajadores del campo. El nacimiento del asentamiento está relacionado con que a mediados del siglo XIV, Roberto I de Anjou-Sicilia (‘el prudente’), príncipe de Taranto en el momento y futuro rey de Nápoles, duque de Calabria y conde de Provenza y Forcalquier, cedió el terreno al primer conde de Conversano. Sin embargo, cada nuevo asentamiento urbano era sometido a altos impuestos especiales, por lo que los condes de Conversano hicieron que los campesinos construyeran sus viviendas y almacenes de manera que cuando vinieran los inspectores del rey a reclamar la fiscalidad regia, se pudieran demoler rápida y fácilmente. En 1620, el conde Gian Girolamo construye una panadería, un molino y una posada y favorece la ampliación del asentamiento. Un siglo más tarde, Alberobello fue reconocida ciudad real por Fernando IV, rey borbónico de Nápoles. En este momento 3500 personas habitaban los trulli de la ciudad, y fue el momento de mayor esplendor, puesto que a partir de entonces ya no se construyeron muchos más trulli. Actualmente, el 30% de los trulli de Alberobello son alojamientos turísticos de uso comercial, el 40% están abandonados (en proceso de restauración y recuperación) y el otro 30% son viviendas en uso. La ciudad está catalogada como Patrimonio Mundial por la Unesco, y por tanto protegida a nivel internacional. Sin embargo, su gestión y protección responde a varios niveles de gobierno: Nacional, Regional, Provincial y Municipal.

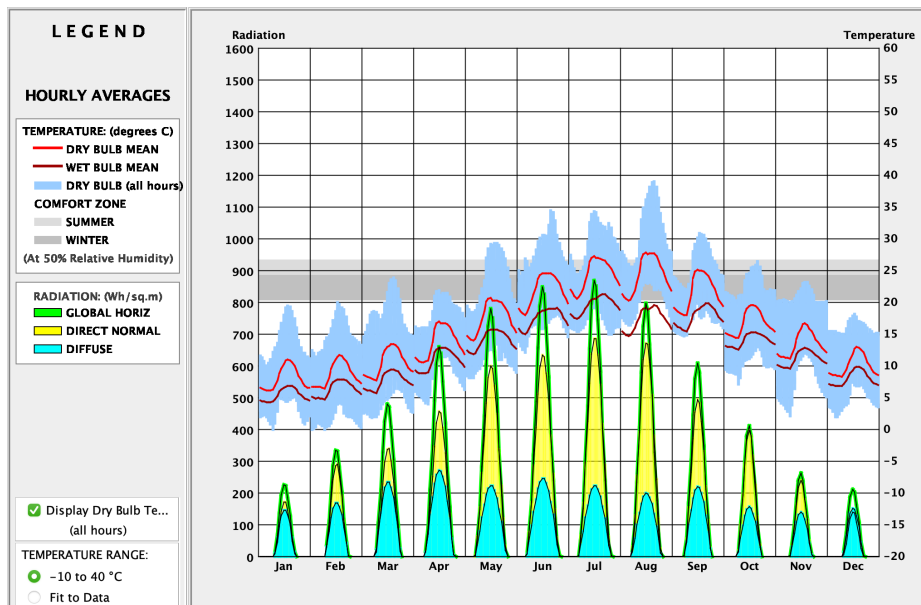
Estudio climático



3.20. Gráfica de rangos de temperatura

3.21. Gráfica de radiación y temperaturas diurnas medias mensuales

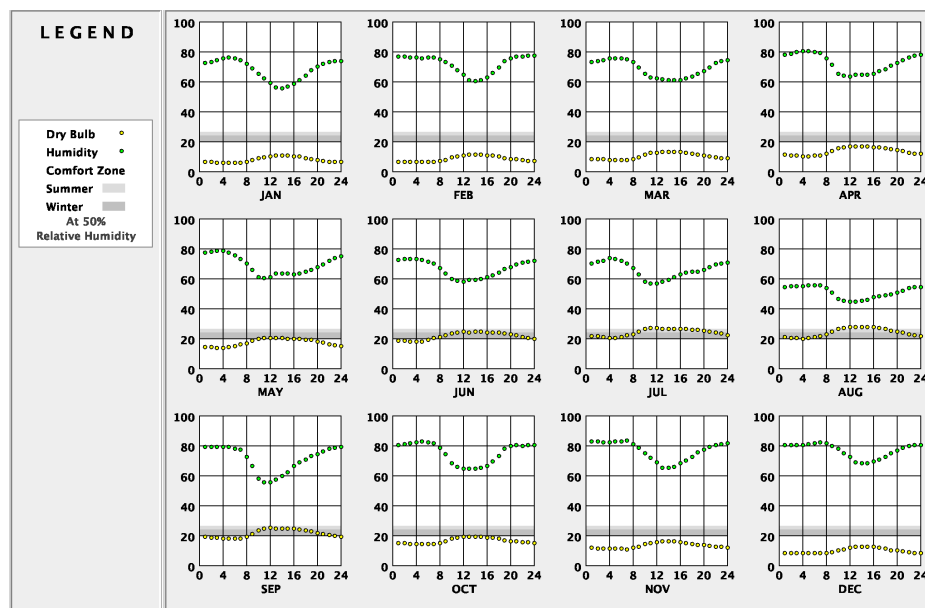
La temperatura de confort en Alberobello a lo largo del verano está entre 21 y 26 grados centígrados, y en invierno entre 20 y 25. La temperatura media anual está sobre los 15°C, por debajo de la zona de confort. Sin embargo, la media mensual de los meses de verano está entre 20 y 25°C. El mes más caluroso es agosto con temperaturas máximas rozando los 40°C, y los meses más fríos llegan a 0°C pero no encontramos temperaturas bajo cero.



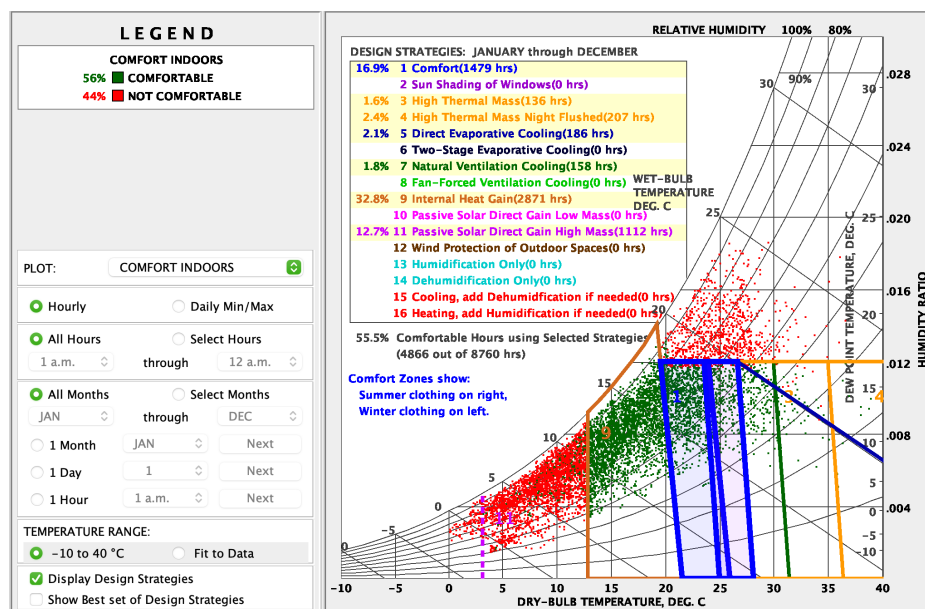
La radiación global horizontal es variable a lo largo del año. En los meses de verano es elevada, rozando los 900 Wh/m², y en invierno baja hasta los 200 Wh/m² en los meses de enero y diciembre.

3.22. Gráficas de temperatura de bulbo seco y humedad relativa mensuales

3.23. Diagrama psicrométrico



La humedad relativa del ambiente es bastante constante a lo largo de todo el año. Se mantiene alrededor del 80% de saturación entre las 20:00 hrs. y las 8:00 hrs. A lo largo del resto del día va bajando hasta alcanzar un pico a las 12:00 hrs. del mediodía con un 60% de saturación.



Según el programa *Climate Consultant* en el diagrama psicrométrico se puede observar que, únicamente con las medidas de climatización pasivas con que cuenta la tipología de vivienda tradicional de Alberobello, un 55,5 % de las horas del año en el interior son confortables. Cobra mucha importancia la ganancia de calor interior (por actividad de las personas) y la ganancia solar directa a través de los muros de gran inercia térmica.

### *Definición del mecanismo de transmisión de calor*

El enfriamiento convectivo es el proceso mediante el cual un cuerpo cede calor por convección. La convección es el fenómeno por el que, en un fluido confinado en contacto con una superficie que radia frío, se genera una circulación por diferencias de densidad entre la zona caliente y la fría. Se puede entender como el transporte de calor a causa del movimiento del fluido (por gradiente de temperatura).

En este caso se estudiará el modelo de “sótano-aljibe” por el que se enfría el ambiente interior gracias a que existen aberturas para extraer y consumir el agua almacenada.

### *Funcionamiento bioclimático*

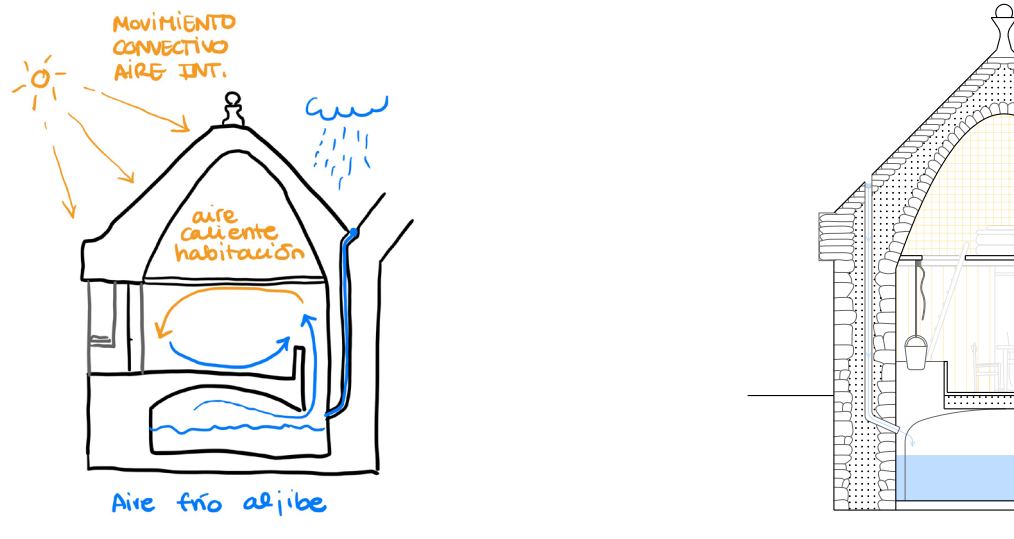
El enfriamiento convectivo se alcanza empleando directamente masas de aire frío.<sup>9</sup>

Los trulli de Alberobello tienen un mecanismo de enfriamiento convectivo muy especial, y es que acumulan agua de lluvia en aljibes bajo el suelo de la vivienda. El aire del aljibe se enfría de forma espontánea al contacto con la superficie fría del agua. Cuando dos masas de aire a diferente temperatura están confinadas en un mismo espacio, se produce un movimiento del aire circular de manera que el aire caliente asciende y el aire frío desciende. Gracias a que existe un pozo con el que sacar agua del aljibe, hay contacto entre el aire frío del aljibe y el aire caliente de la vivienda y de esta manera se refrigera la sala. También cobra un papel importante la ventilación cruzada a través de chimeneas y huecos en fachadas opuestas, que favorecen la creación de corrientes de aire, la renovación del mismo y la refrigeración del espacio. Igualmente toma un papel importante para la temperatura interior la masividad de los muros.

En verano, los escasos momentos del día en que la temperatura del aire se puede considerar suficientemente baja como para ser confortable, es durante la noche. Si la vivienda ventila con el aire de la noche y la construcción es suficientemente masiva (...) las paredes se enfriarán y mantendrán la temperatura durante casi todo el día. Mediante este proceso se consigue el enfriamiento directo del aire, su acumulación en la masa del edificio e, incluso, la reducción de la sensación de calor.<sup>10</sup>

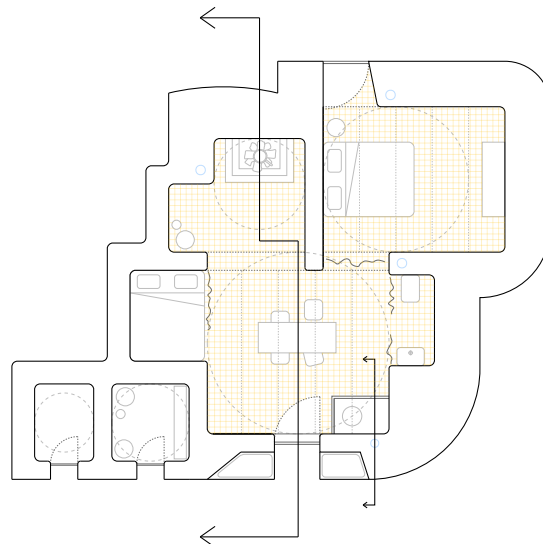
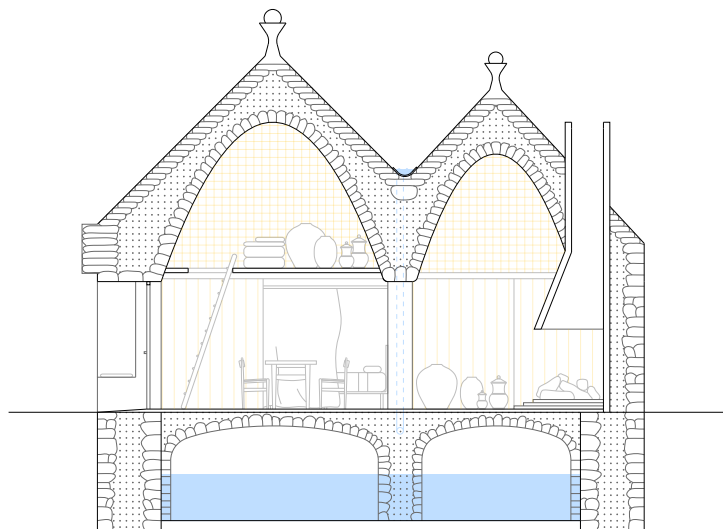
9. NEILA, *Arquitectura bioclimática...*, página 331.

10. NEILA, *Arquitectura bioclimática...*, página 332.



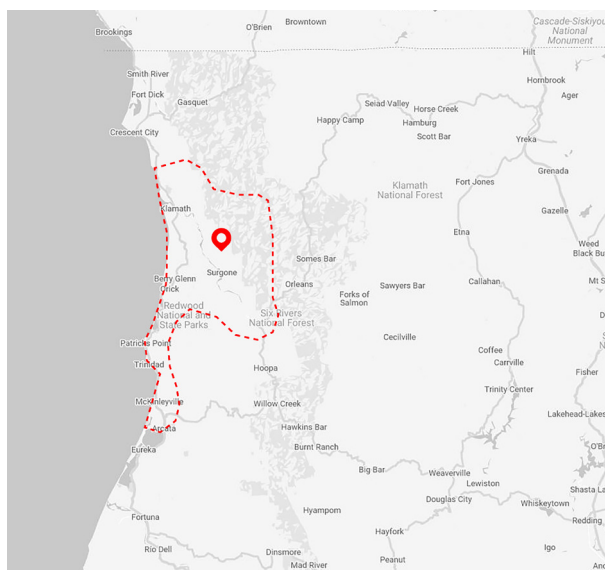
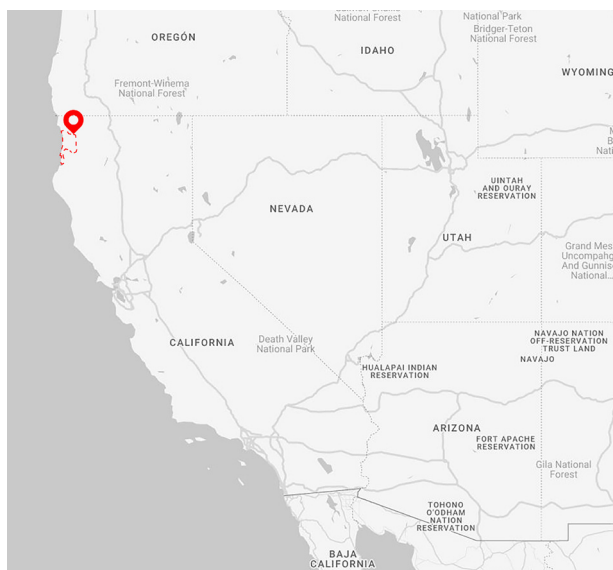
3.24. Esquema ilustrativo de climatización

3.25. Planta y secciones de un trullo típico de Alberobello



## Calentamiento

Igual que en el caso del enfriamiento, existen tres tipos de calentamiento sensible: el calentamiento radiante, el calentamiento conductivo y el calentamiento convectivo. A continuación, se desarrollan tres casos de estudio, explicando cada tipo de calentamiento en detalle.

**Calentamiento radiante -Plank House Yurok, California**

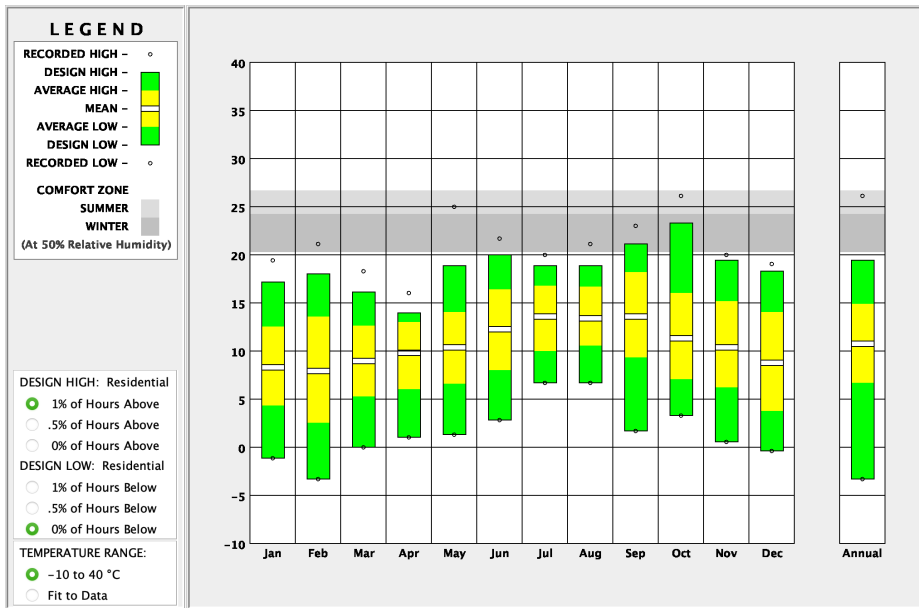
3.26. Mapa de localización del caso de estudio

3.27. Zoom del mapa de localización

**Contexto histórico y socio-cultural**

Los pueblos tradicionales Yurok Solían situarse a lo largo de los cauces fluviales o las costas, cerca de áreas de recolección. Existían tres tipos de espacios construidos: viviendas individuales para cada núcleo familiar; casas de sudor; y refugios de retiro para las mujeres en semanas de menstruación. Los ríos o campos de cultivo, eran comunitarios; así como las zonas donde se realizaban rituales. Sin embargo, existía la propiedad privada de ciertas zonas para la recolección, la pesca y la caza. Los rituales que realizaban eran tanto individuales como en grupo, y el más importante es el ritual del Ciclo de Renovación Mundial, por el que obtenían ayuda sobrenatural para lograr abundancia de alimentos, riqueza y bienestar público. Se abastecían de salmón del río Klamath, pesca del pacífico y recolección de frutos; además hacían negocio con su cestería. Construían canoas de madera de secuoya con las que navegaban por el río y por el mar. Se consideraba que las mujeres eran capaces de curar enfermedades a través de poderes espirituales, eran los chamanes de la tribu. A principios de la década de 1700, los exploradores españoles Don Bruno de Heceta y Juan Francisco de la Bodega visitaron y describieron por primera vez el territorio ocupado por los yurok. Con esta visita, reclamaron el territorio marcando Trinidad Square con una cruz. A principios del siglo XIX, se produjo la primera expedición estadounidense, y a partir de entonces se fue colonizando toda la zona. Primero convivieron de forma “pacífica” y después cada vez con más hostilidad y derramamientos de sangre. En 1855 el Gobierno Federal creó la Reserva Yurok, una zona delimitada donde las tribus yurok fueron confinadas, mucho más pequeña que el espacio que ocupaban históricamente. Más tarde, muchas familias fueron reubicadas y obligadas a abandonar su cultura, sus tradiciones y su lengua ancestral. Actualmente, todavía quedan indios yurok que conservan parte del conocimiento original, transmitido en secreto de unas generaciones a otras hasta nuestros días. Están luchando por recuperar su cultura y sus tradiciones, y evitar el olvido.

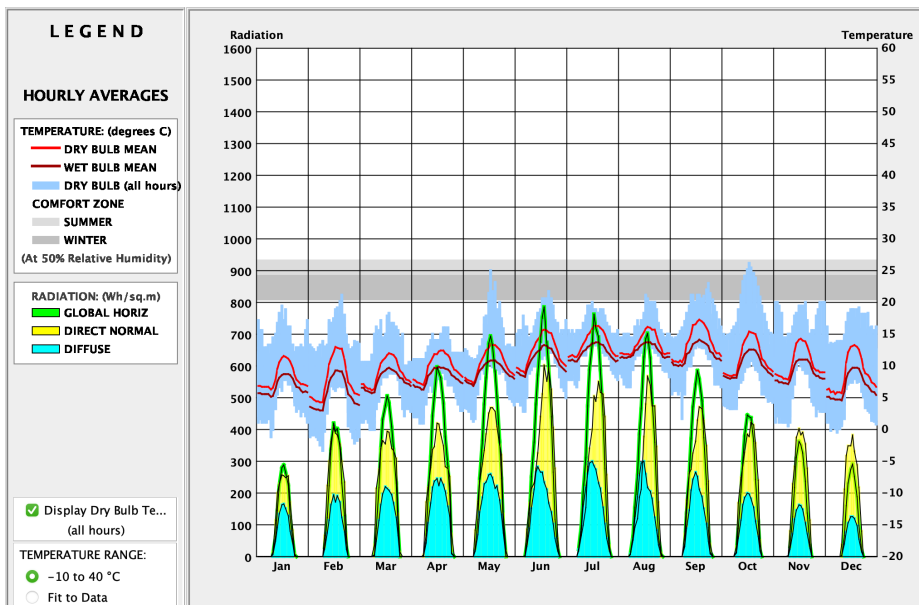
Estudio climático



3.28. Gráfica de rangos de temperatura

3.29. Gráfica de radiación y temperaturas diurnas medias mensuales

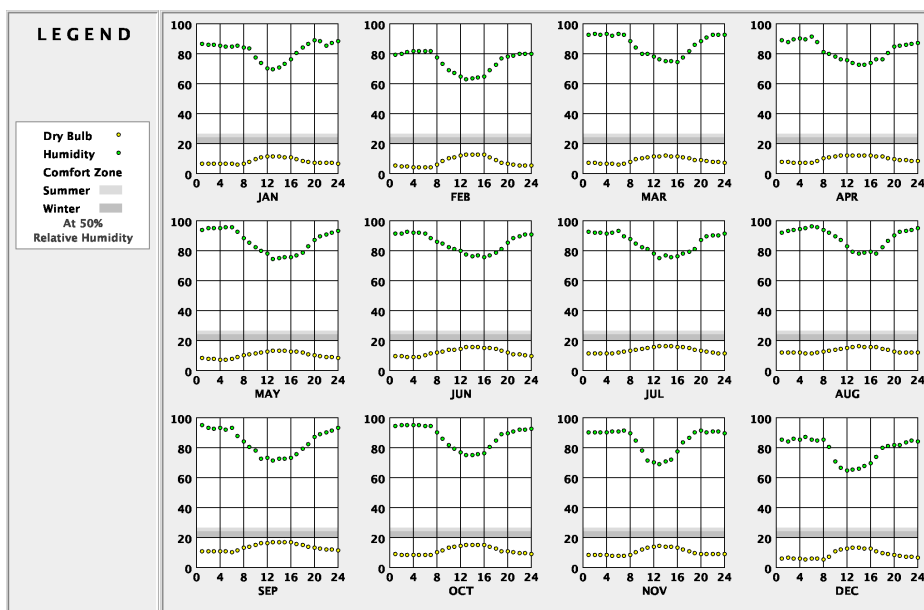
La temperatura de confort en Arcata, California, a lo largo del verano está entre 21 y 26°C, y en invierno entre 20 y 25. La temperatura media anual está sobre los 10°C, por debajo de la zona de confort. La media mensual está por debajo de la temperatura de confort y se mantiene bastante constante entre los 10 y los 15°C. La temperatura máxima la encontramos en el mes de octubre sobre los 25°C. Febrero es el mes más frío con temperaturas mínimas de casi -5°C.



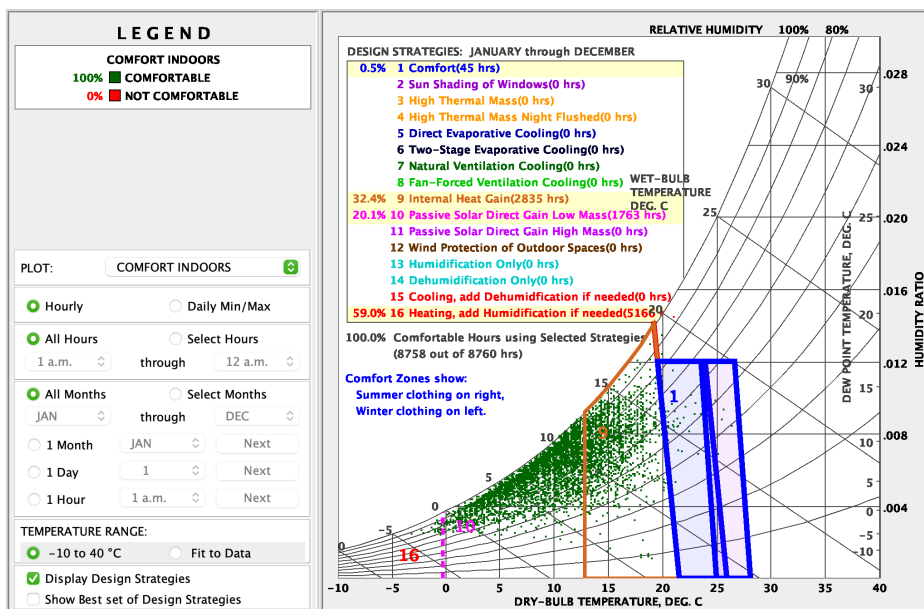
La radiación global horizontal es variable a lo largo del año. En los meses de verano es elevada, entre los 700 y los 800 Wh/m<sup>2</sup>, y en invierno baja hasta los 300 Wh/m<sup>2</sup> en los meses de enero y diciembre.

3.30. Gráficas de temperatura de bulbo seco y humedad relativa mensuales

3.31. Diagrama psicrométrico



La humedad relativa del ambiente es elevada y bastante constante a lo largo de todo el año. Se mantiene un poco por debajo del 100% de saturación entre las 20:00 hrs. y las 8:00 hrs. A lo largo del resto del día baja hasta el 80%. Este patrón se reproduce excepto en los meses de enero, febrero y diciembre, donde las humedades relativas están entre el 80 y el 60% de saturación, siendo aún así una humedad bastante elevada.



Según el programa *Climate Consultant* en el diagrama psicrométrico se puede observar que, únicamente con las medidas de climatización pasivas con que cuenta la tipología de vivienda tradicional de los indios Yurok, un 100% de las horas del año en el interior son confortables. Cobra mucha importancia la ganancia de calor interior (por actividad de las personas), la ganancia solar directa a través de los tabiques de poca inercia térmica y la fuente de calefacción central, la hoguera.

### *Definición del mecanismo de transmisión de calor*

El calentamiento radiante es el proceso mediante el cual un cuerpo absorbe calor por radiación. La radiación es el fenómeno por el que se emite, propaga y transfiere energía de un cuerpo a otro, a través del vacío o un medio material, en forma de ondas electromagnéticas o en forma de partículas subatómicas.

En este caso se estudiará el modelo de “hogar central”, en el que el calentamiento se produce por radiación del fuego a la habitación.

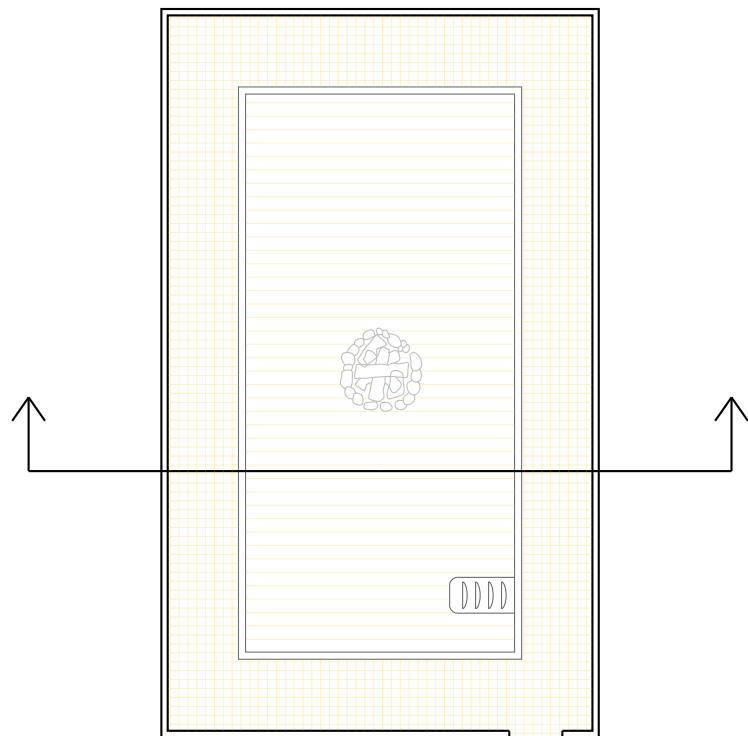
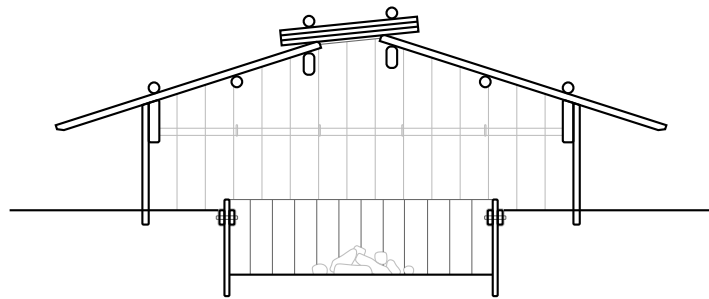
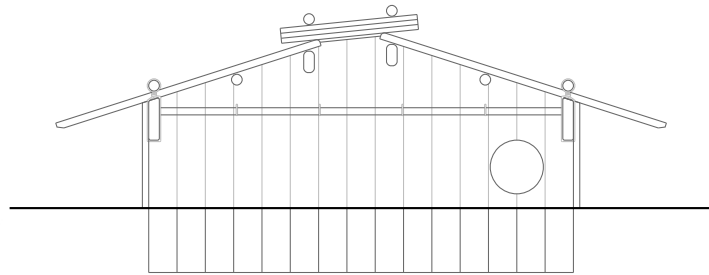
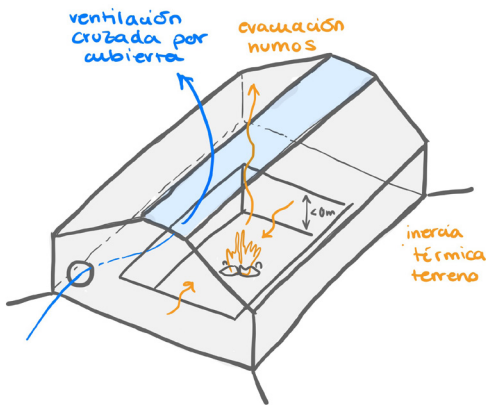
### *Funcionamiento bioclimático*

La vivienda tradicional de los indios Yurok en California es una cabaña primitiva pero cuyo funcionamiento bioclimático es de una complejidad no común en esta tipología.

Debido a que durante todo el año la temperatura media mensual se sitúa entre los 10 y los 15°C, siendo la máxima anual de 25°C, se puede considerar un ambiente frío.

La vivienda yurok está construida con la madera de secuoya, aislante térmicamente y de alta difusividad calorífica, lo que permite que únicamente con una hoguera central se pueda llegar a la temperatura de confort interior. Además, al enterrar la parte central se aprovecha la inercia térmica del terreno, que acumula calor y lo cede a continuación a la habitación, lo que permite tener temperaturas más constantes a lo largo de todo el año.

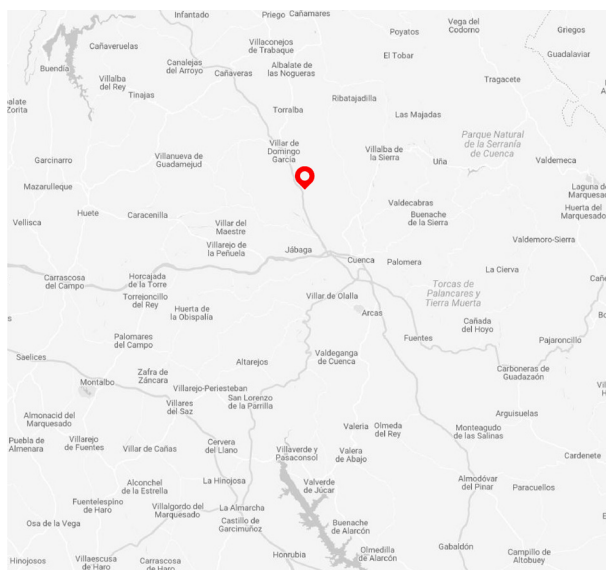
California es un ambiente muy húmedo y en épocas de lluvia, el agua se evacua gracias a la cubierta a dos aguas con alero. Sin embargo, las tablas de secuoya se quedan húmedas y por salubridad han ideado un sistema para secarlas. Este sistema, que también permite ventilar la vivienda y evacuar el humo de la hoguera, consiste en retirar una hilera de tablas de cubierta y de este modo generar una ventilación cruzada entre el orificio de entrada y el techo.



3.32. Esquema ilustrativo de climatización

3.33. Planta y secciones de una plank house típica yurok

## Calentamiento conductivo - Las termas romanas de Noheda, España



### Contexto histórico y socio-cultural

Castilla-La Mancha es una comunidad autónoma de España desde 1982 que abarca cinco provincias, entre las que se encuentra Cuenca y, a escasos 18 kilómetros, el yacimiento de Noheda. La historia de Cuenca se remonta al Paleolítico Superior, encontrando numerosos restos prehistóricos a lo largo de la provincia. Las primeras referencias históricas a la región datan de poco antes de la segunda guerra púnica, que tuvo lugar entre los años 218 a.C. y 201 a.C., y referencian batallas entre los cartagineses y los pueblos indígenas. Pocos años después, los romanos comienzan a ocupar la Península, llegando a Toledo en el año 192 a.C. y conquistando las regiones más próximas a continuación. Castilla-La Mancha perteneció a la provincia Tarracensis desde el año 27 a.C. hasta el 298 d.C. Después perteneció a la provincia Carthaginensis. Se sabe que la villa romana de Noheda estuvo habitada entre los siglos III y V d.C., y se situó aislada, pero conectada con las calzadas romanas que recorrían todo el camino desde Cádiz hasta Roma. En este momento, de decadencia del Imperio Romano, había muchos problemas y las ciudades se habían vuelto lugares inseguros e incómodos para vivir. Por ello, los más poderosos y adinerados se trasladaban al campo, construían sus propias villas y muchas veces organizaban un ejército propio al que albergaban en ellas. Con la caída del Imperio Romano, la finca se abandonó y ha llegado hasta nuestros días escondida bajo un campo de cultivo. Una vez abandonadas, años después, es común que los propietarios no se pudieran permitir mantenerlas y las transformaran en espacios de almacenamiento agrícola. En este caso, se han encontrado en las termas huellas de un yunque y de silos de almacenamiento. Los mosaicos figurativos descubiertos en este yacimiento son de los más grandes y mejor conservados de todo el Imperio. Además, se han encontrado cerámicas, teselas de vidrio, piezas de mármol, tejas, ladrillos y fragmentos de esculturas entre otros.

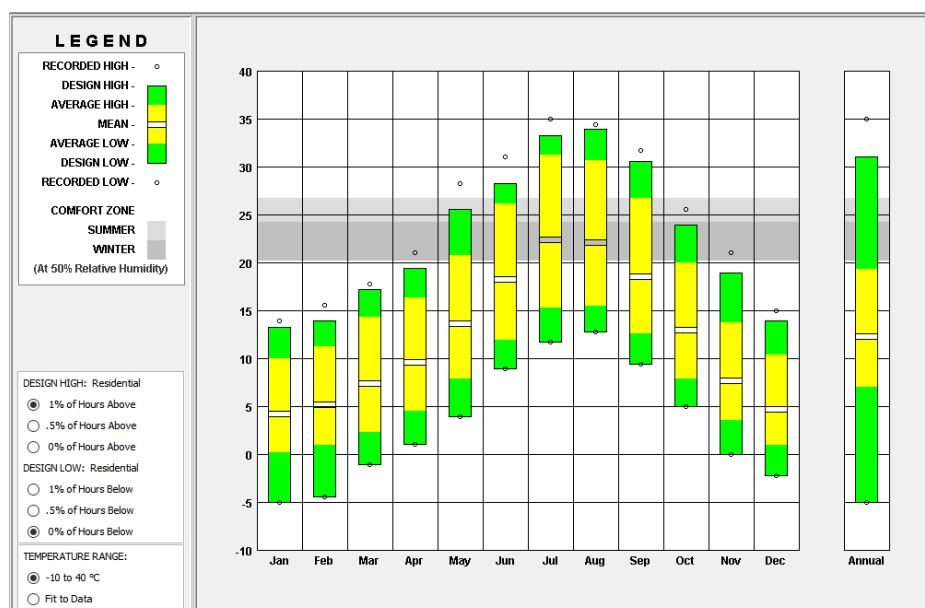
3-34. Mapa de localización del caso de estudio

3-35. Zoom del mapa de localización

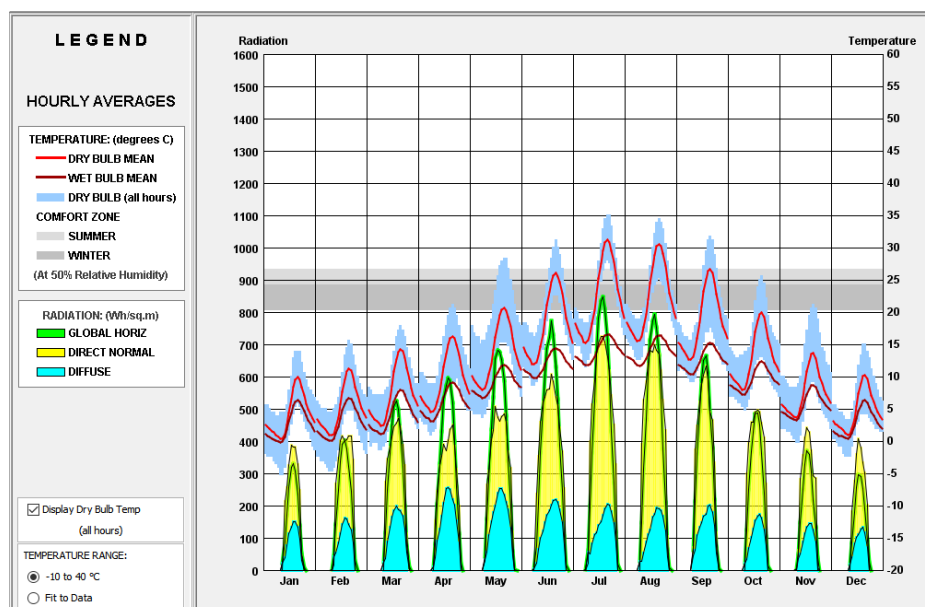
## Estudio climático

3.36. Gráfica de rangos de temperatura

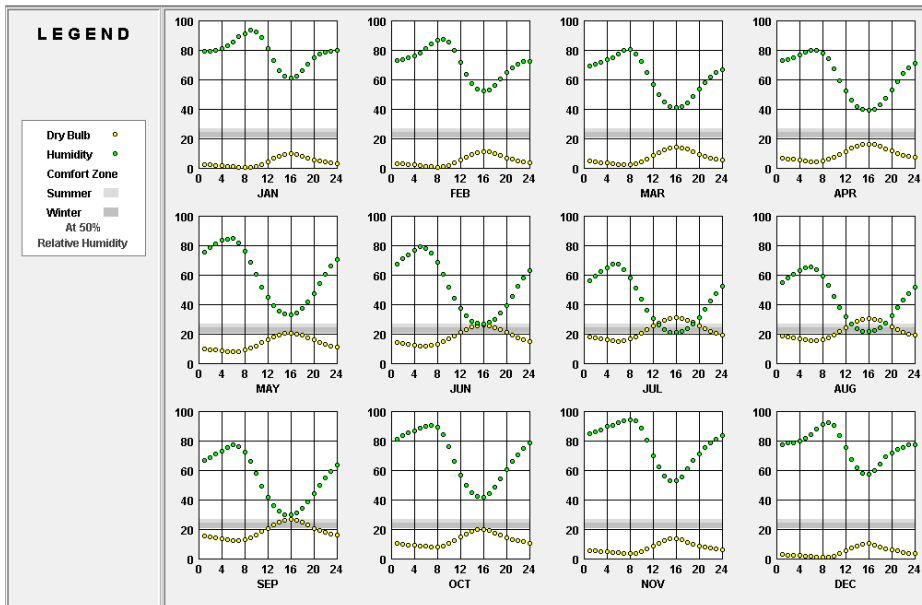
3.37. Gráfica de radiación y temperaturas diurnas medias mensuales



La temperatura de confort en Cuenca a lo largo del verano está entre 21 y 26°C, y en invierno entre 20 y 25. La temperatura media anual está alrededor de los 12°C, por debajo de la zona de confort. La media mensual está por debajo de la temperatura de confort excepto en julio y agosto. La temperatura máxima la encontramos en el mes de julio sobre los 35°C. Enero y febrero son los meses más fríos con temperaturas mínimas que llegan a los -5°C.



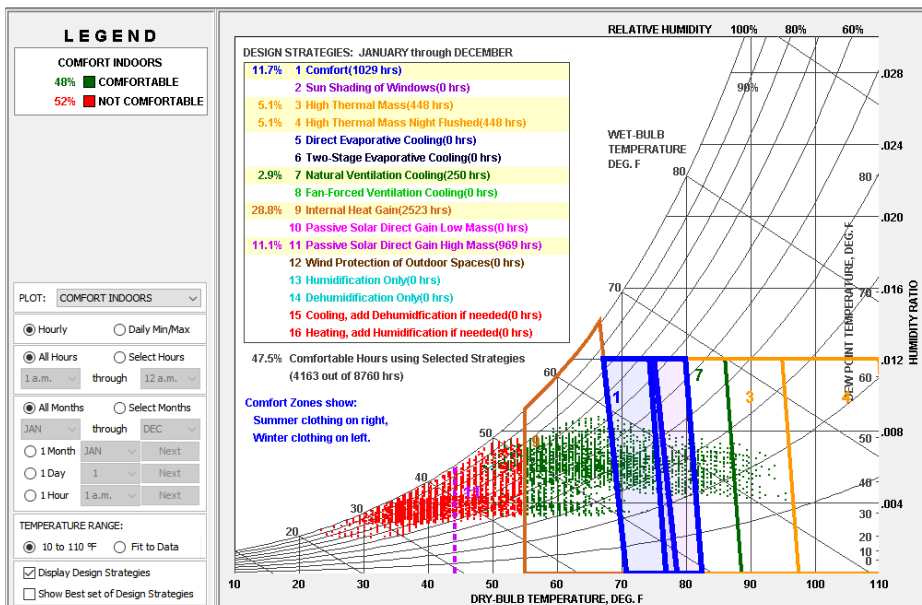
La radiación global horizontal es variable a lo largo del año. En los meses de verano es elevada, superando los 800 Wh/m², y en invierno baja hasta los 300 Wh/m² en los meses de enero y diciembre.



3.38. Gráficas de temperatura de bulbo seco y humedad relativa mensuales

3.39. Diagrama psicrométrico

La humedad relativa del ambiente fluctúa a lo largo del año, alcanzando sus máximos y mínimos todos los meses a las 8:00 hrs de la mañana y a las 16:00 hrs de la tarde respectivamente. Los meses más húmedos son enero, octubre, noviembre y diciembre con humedades máximas que rozan el 100% de saturación del ambiente, y mínimas del 60%. El resto del año la máxima saturación es del 80% y la mínima del 20%.



Según el programa *Climate Consultant* en el diagrama psicrométrico se puede observar que, únicamente con las medidas de climatización pasivas con que cuenta la tipología de vivienda tradicional de las termas romanas, un 55% de las horas del año en el interior son confortables. Cobra mucha importancia la ganancia de calor interior (por actividad de las personas) y la ganancia solar directa a través de los muros de gran inercia térmica.

### *Definición del mecanismo de transmisión de calor*

El calentamiento conductivo es el proceso mediante el cual un cuerpo absorbe calor por conducción. La conducción es el fenómeno por el que se transfiere energía de un cuerpo a otro mediante el contacto directo entre ambos, pero sin intercambio de materia.

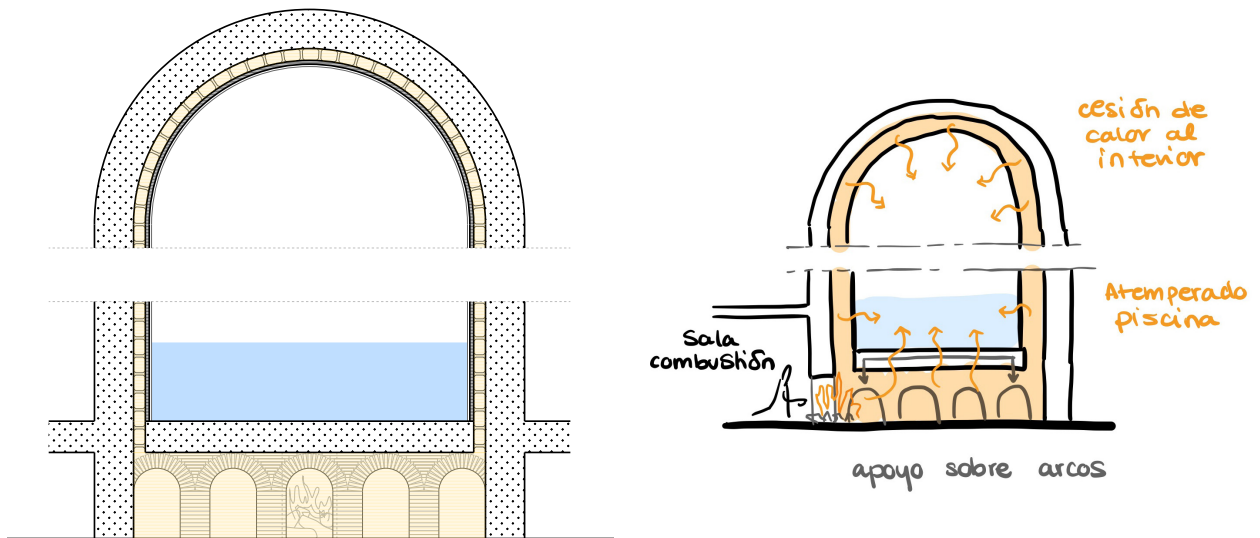
En este caso se estudiará el modelo de “hipocausto romano”, en el que todos los paramentos constituyen superficies calientes.

### *Funcionamiento bioclimático*

Las termas romanas de la Villa de Noheda son un buen ejemplo del sistema de calentamiento por conducción romano, el hipocausto, también conocido como ‘la gloria’.

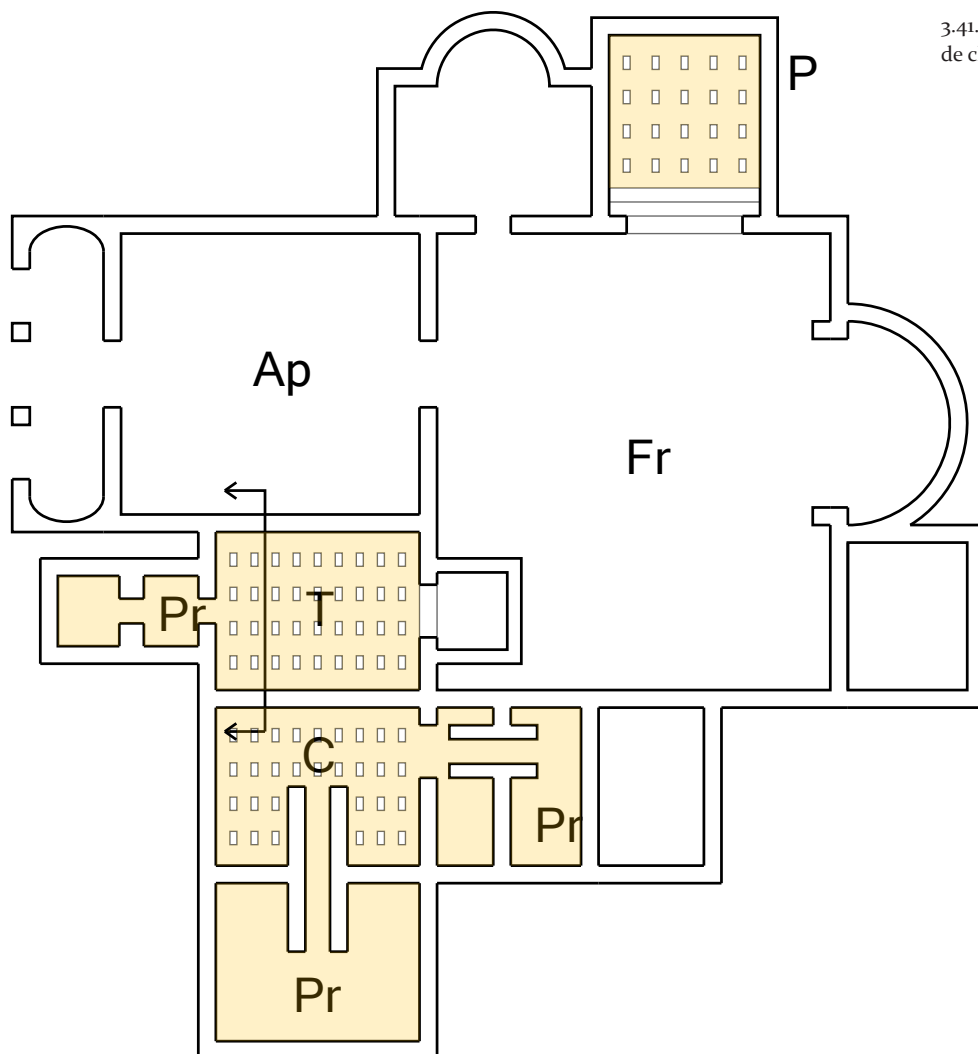
Las piscinas de agua calentada (el *tepidarium*, templada y el *caldarium*, caliente) se disponían elevadas respecto del terreno mediante arcos, y el aire del espacio inferior se calentaba. Este calentamiento se producía por radiación al comunicar el falso suelo con las salas de combustión adosadas llamadas *praefurnium*, donde se hacía fuego.

En este caso, además, existía una doble pared por la que el aire caliente ascendía y transmitía calor por conducción a través del revestimiento interior al aire de la habitación. Esta doble pared consistía en el muro estructural exterior, de gran grosor e inercia térmica, y el revestimiento interior, de pequeño grosor y gran transmitancia; y se separaban a través de los *clavi coctile*, piezas cerámicas tubulares. Así, se reducían las pérdidas de calor en las partes superiores de las salas, siempre de grandes dimensiones y mucha altura. Además, al estar el aire caliente proveniente del falso suelo en contacto directo con el muro estructural, éste acumulaba el calor que le era transferido y lo transmitía posteriormente poco a poco al interior, donde siempre se conseguía una temperatura de confort constante.



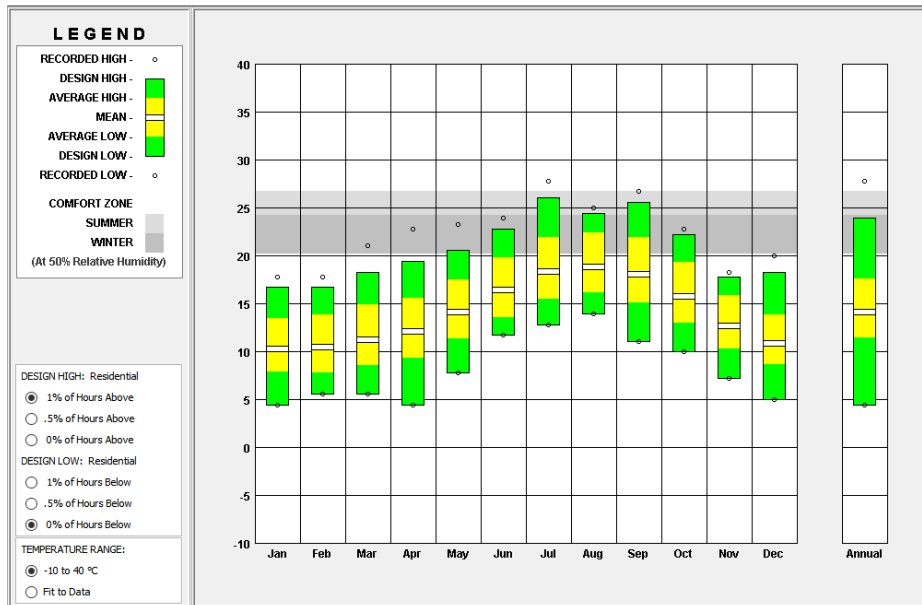
3.40. Planta y sección de las termas de Noheda

3.41. Esquema ilustrativo de climatización





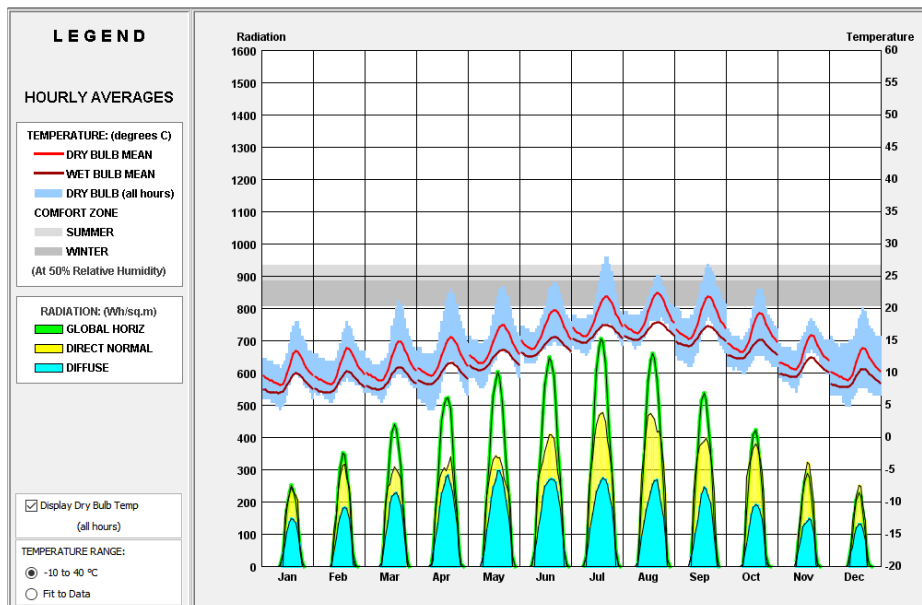
Estudio climático



3.44. Gráfica de rangos de temperatura

3.45. Gráfica de radiación y temperaturas diurnas medias mensuales

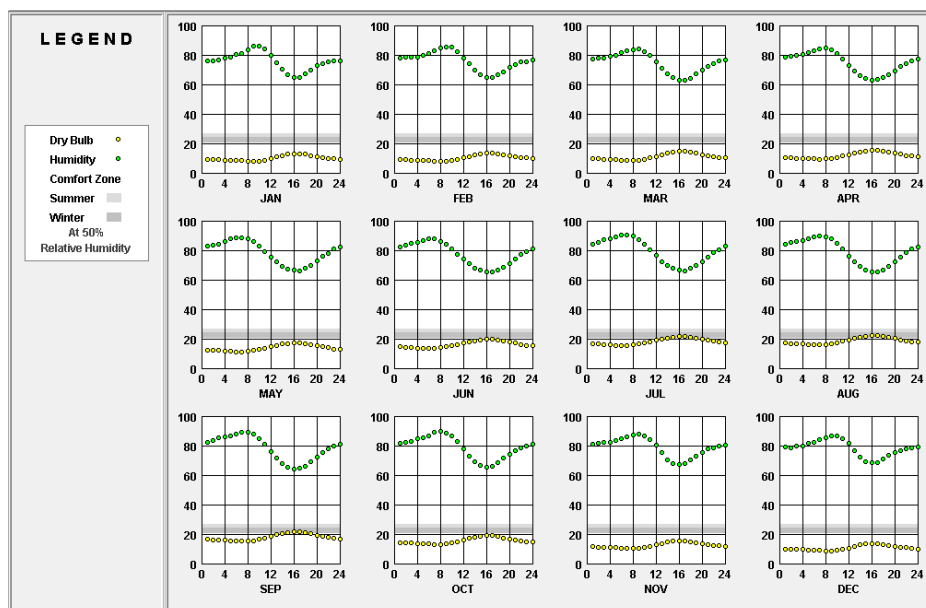
La temperatura de confort en A coruña a lo largo del verano está entre 21 y 26 grados centígrados, y en invierno entre 20 y 25. La temperatura media anual está alrededor de los 15°C, por debajo de la zona de confort. La media mensual está por debajo de la temperatura de confort durante todos los meses del año. La temperatura máxima la encontramos en el mes de julio sobre los 27°C. En invierno las temperaturas mínimas están alrededor de 5°C.



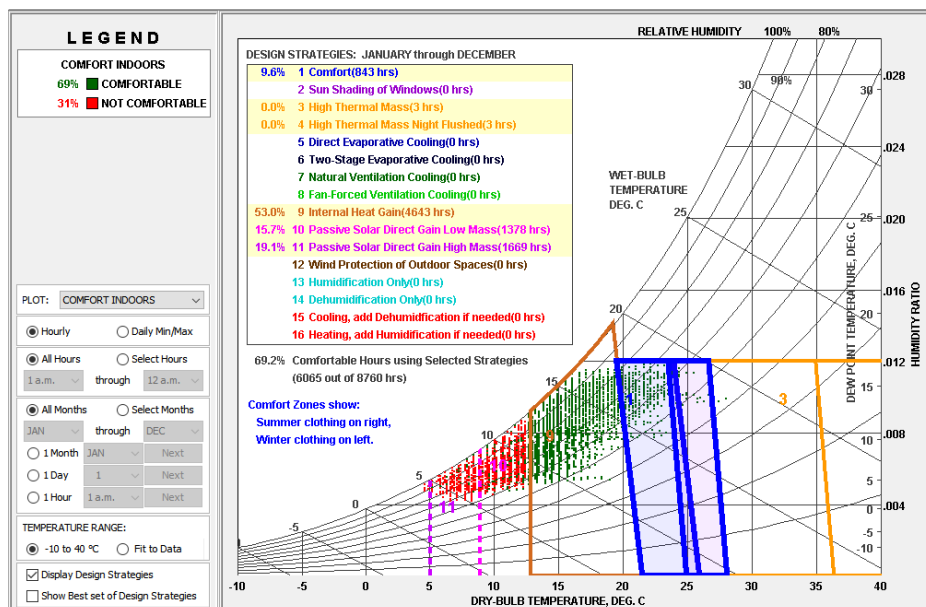
La radiación global horizontal es variable. En los meses de verano es elevada, rozando los 700 Wh/m<sup>2</sup>, y en invierno baja hasta los 200 Wh/m<sup>2</sup> en los meses de enero y diciembre.

3.46. Gráficas de temperatura de bulbo seco y humedad relativa mensuales

3.47. Diagrama psicrométrico



La humedad relativa del ambiente es bastante constante a lo largo de todo el año. Se mantiene alrededor del 80% de saturación entre las 20:00 hrs. y las 8:00 hrs. A lo largo del resto del día va bajando hasta alcanzar un pico a las 16:00 hrs. del mediodía con un 60% de saturación.



Según el programa *Climate Consultant* en el diagrama psicrométrico se puede observar que, únicamente con las medidas de climatización pasivas con que cuenta la tipología de vivienda-galería de A Coruña, un 69,2% de las horas del año en el interior son confortables. Cobra mucha importancia la ganancia de calor interior (por actividad de las personas), y la ganancia solar directa a través de las galerías-invernadero y de los muros de gran inercia térmica.

### *Definición del mecanismo de transmisión de calor*

El calentamiento convectivo es el proceso mediante el cual un cuerpo absorbe calor por convección. La convección es el fenómeno por el que, en un fluido confinado en contacto con una superficie que radia calor, se genera una circulación por diferencias de densidad entre la zona caliente y la fría. La convección se puede entender como el transporte de calor a causa del movimiento del fluido (por gradiente de temperatura).

En este caso se estudiará el modelo de “galerías acristaladas” por el que se calienta el ambiente interior gracias a una doble piel adosada al edificio que funciona como invernadero.

### *Funcionamiento bioclimático*

Las viviendas galería de la Calle Marina de A Coruña fueron adosadas a edificios existentes. Por ello, funcionan como invernaderos adosados, y prácticamente como muros trombe. Esto es porque el aire caliente del invernadero queda confinado en la galería a no ser que se abran los huecos de fachada del muro preexistente, de manera que la calefacción de las viviendas se realiza mediante el movimiento del aire, es decir, por convección. La materialidad de estos añadidos es vidrio transparente con subestructura ligera de madera pintada en blanco.

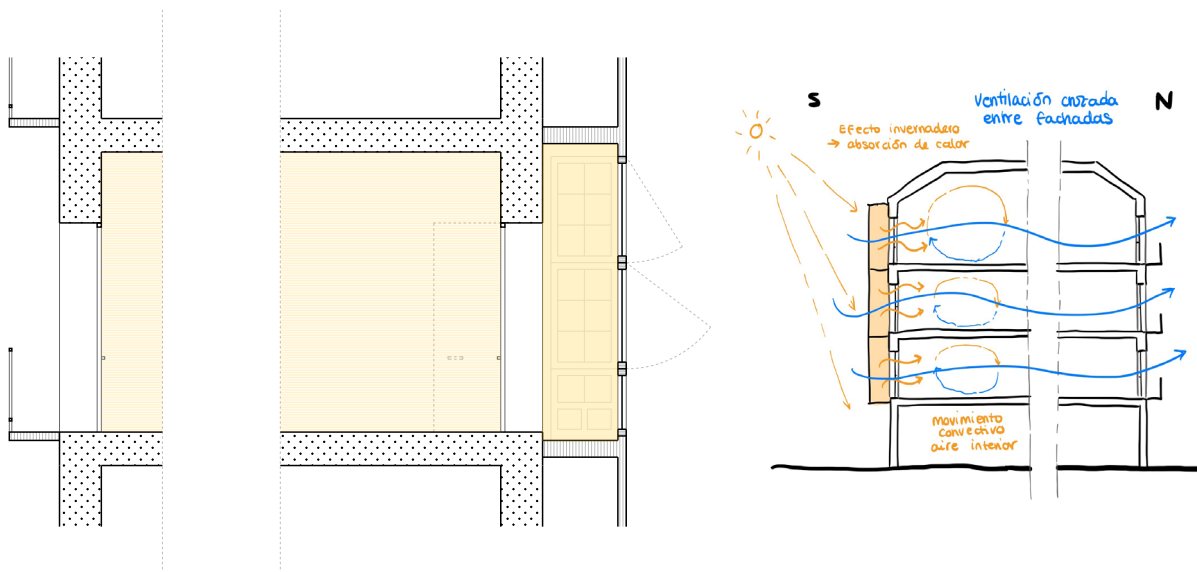
La totalidad de los sistemas pasivos de captación directa se basan en la aplicación del efecto invernadero. Los vidrios, son permeables a la radiación de onda corta, lo que supone la mayor parte de la radiación.<sup>11</sup>

A pesar de que no toda la radiación solar de onda corta atraviesa el vidrio, pues parte se refleja (7%) y parte se absorbe (10%), la mayoría penetra en el espacio intermedio entre el vidrio y el muro. El aire de este espacio se calienta por convección al contacto con la superficie de vidrio calentada a su vez por radiación solar.

La captación directa con lazo convectivo mejora la distribución del aire caliente captado. Precisa de un espacio intermedio (...). Este elemento separador debe disponer de una batería de aberturas situadas en las partes inferior y superior del mismo, a través de las que se crea una corriente de aire caliente: el aire caliente asciende y pasa a la habitación colindante por las aberturas superiores, creando una ligera depresión en ese espacio que succiona aire frío de la habitación contigua a través de las aberturas inferiores. Este aire frío, a su vez, se calentará, ascenderá y se repetirá el proceso.<sup>12</sup>

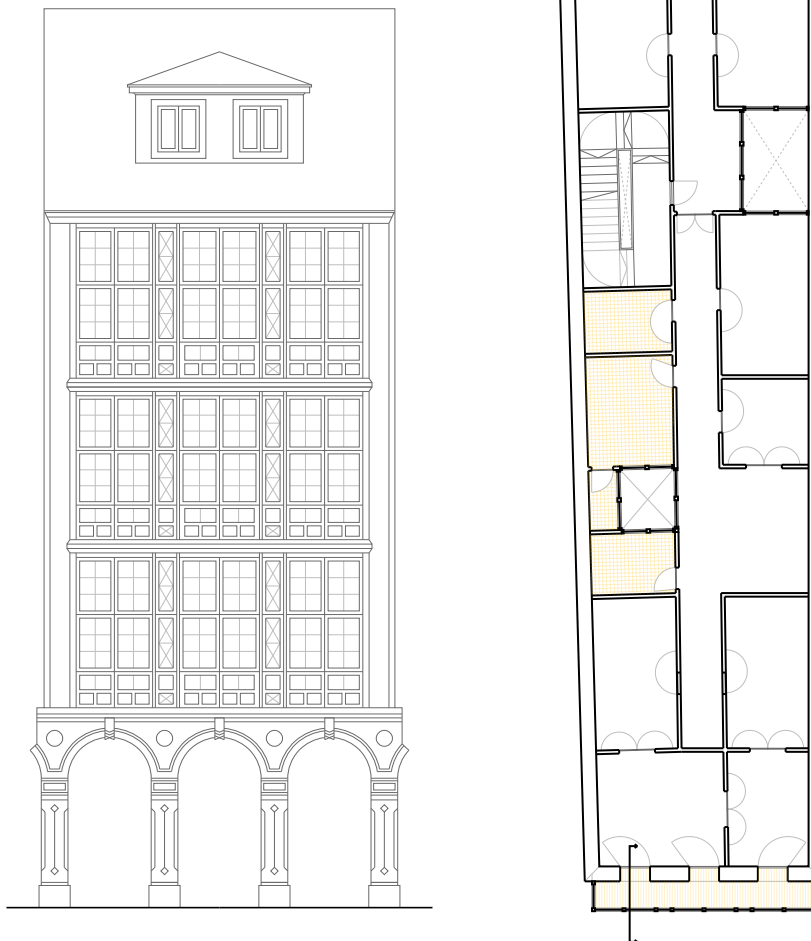
11. NEILA, *Arquitectura bioclimática...*, página 274.

12. NEILA, *Arquitectura bioclimática...*, página 266.



3.48. Planta, sección y alzado de una vivienda con galería en A Coruña

3.49. Esquema ilustrativo de climatización





# Resultados

Caso de estudio	MECANISMO	IMAGEN	DATOS CLIMÁTICOS							ESTRATEGIAS	RESULTADOS	
			Tª media anual [°C]	Tª máx. anual [°C]	Tª mín. anual [°C]	Rad. máxima [Wh/m²]	Rad. mínima [Wh/m²]	HR [%]	Horas confort [%]			
<b>Medina de Chefchaouen</b> Marruecos, norte de África	ENFRIAMIENTO RADIANTE		17	> 40	0	900	400	60-90	66,2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Patio interior</b></li> <li>• Protección solar</li> <li>• Muros gruesos</li> <li>• Inercia térmica</li> <li>• Presencia de agua</li> <li>• Huecos pequeños</li> <li>• Ventilación cruzada entre fachadas</li> <li>• Color claro</li> <li>• Trama urbana singular</li> <li>• Materiales autóctonos</li> </ul>	<b>Altura del edificio + Muros gruesos (inercia térmica) + Presencia de agua</b> - Patio interior en sobra - Aire contenido más fresco que el exterior - Patio protegido del viento - Aire enfriado por radiación nocturna almacenado por peso propio - Habitaciones contiguas enfriadas por conducción	<b>Huecos pequeños al exterior + Paramentos de color claro</b> - Habitaciones protegidas de la radiación solar - Aire contenido fresco - Ventilación cruzada - Creación de corrientes de aire - Enfriamiento de los espacios por los que circula <b>Materiales autóctonos</b> - Modelo <i>eco-friendly</i> - No genera impacto visual ni hay un gran uso de recursos
<b>Casas troglodita de Matmata</b> Gabés, Túnez	ENFRIAMIENTO CONDUCTIVO		21	> 45	1	> 900	500	40-80	57	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Edificio enterrado</b></li> <li>• <b>Inercia térmica</b></li> <li>• Adaptación al terreno</li> <li>• Protección solar</li> <li>• Patio interior</li> <li>• Mimetización con el entorno</li> <li>• Ventilación por patio interior</li> <li>• Plaza común</li> </ul>	<b>Altura de excavación (&gt;10m) + inercia térmica propia del terreno</b> - Aire contenido en las habitaciones-cueva a la temperatura del terreno (≈ 15°C) - No hay necesidad de refrigeración <b>Adaptación al terreno + Mimetización con el entorno</b> - Modelo <i>eco-friendly</i> - No genera impacto visual ni hay un gran uso de recursos - Seguridad ante asaltantes <b>Ventilación por patio</b> - No existe ventilación cruzada - Escaso movimiento de aire - Mala ventilación	<b>Plaza común</b> - Vida en comunidad – Mejor uso de recursos del medio - Sabiduría compartida <b>Dificultad de construcción actual</b> Técnicas ancestrales poco conocidas – Sabiduría colectiva se va perdiendo con el paso del tiempo (si no hay voluntad de recuperación) <b>Modelo de casa en el suelo</b> - No se puede aplicar a edificios en altura (sin hacer alguna modificación)
<b>Trulli de Alberobello</b> Apulia, Italia	ENFRIAMIENTO CONVECTIVO		16	39	0	< 900	200	60-80	55,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Aljibe interior</b></li> <li>• <b>Muros gruesos</b></li> <li>• Inercia térmica</li> <li>• Ventilación cruzada entre fachadas</li> <li>• Materiales autóctonos</li> <li>• Trama urbana singular</li> <li>• Color claro</li> </ul>	<b>Aljibe interior (*En contacto con vivienda)</b> - Aire frío aljibe + aire caliente de habitación – Movimiento convectivo - Enfriamiento de la vivienda <b>Muros gruesos (inercia térmica) + Paramentos de color claro</b> - Temperatura se mantiene estable en el interior - Protección contra radiación solar <b>Ventilación cruzada</b> - Creación de corrientes de aire - Enfriamiento de los espacios por los que circula	<b>Materiales autóctonos</b> - Modelo <i>eco-friendly</i> - No genera impacto visual ni hay un gran uso de recursos <b>Dificultad de construcción actual</b> Técnicas ancestrales poco conocidas – Sabiduría colectiva se va perdiendo con el paso del tiempo <b>Modelo de casa en el suelo</b> - No se puede aplicar a edificios en altura (sin hacer alguna modificación)

Caso de estudio	MECANISMO	IMAGEN	DATOS CLIMÁTICOS							ESTRATEGIAS	RESULTADOS	
			Tª media anual [°C]	Tª máx. anual [°C]	Tª mín. anual [°C]	Rad. máxima [Wh/m²]	Rad. mínima [Wh/m²]	HR [%]	Horas confort [%]			
<p><b>Plank house</b> Yurok de California</p> <p>Norte de California, EEUU</p>	CALENTAMIENTO RADIANTE		11	26	-3	800	300	80-90	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edificio semienterrado</li> <li>• Inercia térmica</li> <li>• Ventilación cruzada por cubierta</li> <li>• Autoventilación</li> <li>• Materiales autóctonos</li> <li>• Alta difusividad calorífica</li> <li>• Huecos pequeños</li> </ul>	<p><b>Edificio semienterrado (inercia térmica)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acumulación de calor radiado por hoguera</li> </ul> <p><b>Alta difusividad calorífica de secuoya + Huecos pequeños</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura interior se mantiene estable (no exceso de calor) - Protección contra radiación solar</li> </ul> <p><b>Ventilación cruzada</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Creación de corriente de aire - Enfriamiento de cabaña - Deshumidificación de los tabloneros de madera - Salud usuarios</li> </ul>	<p><b>Materiales autóctonos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelo eco-friendly - No genera impacto visual ni hay un gran uso de recursos</li> </ul> <p><b>Dificultad de construcción actual</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Técnicas ancestrales poco conocidas – Sabiduría colectiva se va perdiendo con el paso del tiempo</li> </ul> <p><b>Modelo de casa en el suelo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No se puede aplicar a edificios en altura (sin hacer alguna modificación)</li> </ul>
<p><b>Termas romanas de Nohedá</b></p> <p>Castilla-La Mancha, España</p>	CALENTAMIENTO CONDUCTIVO		12,5	35	-5	> 800	300	20-90	55	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo calefactado</li> <li>• Muros gruesos</li> <li>• Inercia térmica</li> <li>• Presencia de agua</li> </ul>	<p><b>Suelo calefactado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Atemperar piscinas - Gran capacidad calorífica</li> </ul> <p><b>Paredes calefactadas + Muros gruesos (inercia térmica)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura se mantiene estable en el interior - Protección contra radiación solar - &lt; Pérdidas de calor</li> </ul> <p><b>Presencia de agua</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A diferentes temperaturas - Control humedad relativa ambiente</li> </ul>	<p><b>Dificultad de construcción actual</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Técnicas ancestrales poco conocidas – Sabiduría colectiva se va perdiendo con el paso del tiempo (si no hay voluntad de recuperación)</li> </ul> <p><b>Modelo de casa en el suelo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No se puede aplicar a edificios en altura (sin hacer alguna modificación)</li> </ul> <p><b>Tecnología adaptada a actualidad</b></p>
<p><b>Viviendas-galería de A Coruña</b></p> <p>Galicia, España</p>	CALENTAMIENTO CONVECTIVO		14	27,5	-6	700	200	60-90	69,2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Captación solar</li> <li>• Efecto invernadero</li> <li>• Materiales de alta difusividad térmica</li> <li>• Muros gruesos</li> <li>• Inercia térmica</li> <li>• Huecos protegidos</li> <li>• Ventilación cruzada entre fachadas</li> <li>• Color claro</li> </ul>	<p><b>Alta difusividad calorífica de vidrio + Muros gruesos (inercia térmica)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura se mantiene estable en el interior - Protección contra radiación solar directa de huecos - Funcionamiento parecido a muro trombe e inverso a Alberobello</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aire caliente galería (invernadero) + aire frío de habitación – Movimiento convectivo</li> <li>- Atemperado de la vivienda</li> </ul>	<p><b>Ventilación cruzada</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Creación de corrientes de aire - Enfriamiento de los espacios por los que circula</li> </ul> <p><b>Tecnología adaptada a actualidad</b></p> <p><b>Aplicable a todo tipo de edificios</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Solución a problemas de climatización para edificios construidos - Aplicable a nuevas construcciones</li> </ul>

## Conclusiones

En la arquitectura tradicional mediterránea es muy común el uso de materiales autóctonos, la adaptación constructiva al terreno y una mimetización con el entorno (ligera en algunos casos y total en otros) que hace de la mayoría de los casos de estudio modelos respetuosos con el ecosistema en que se implantan generando bajo impacto medioambiental.

Todos los casos estudiados (obviando la arquitectura romana, cultura monumental por excelencia) conforman espacios vivideros pequeños, que cuentan con lo justo y necesario para sobrevivir con cierta comodidad. La arquitectura tradicional no da lugar a modelos extensivos y claramente excesivos en el uso del espacio natural que ocupan.

Además, cuanto más simple sea la planta de la vivienda (menos división de espacio interior tenga) mejor funciona climáticamente y más simple es la solución de climatización que requiere.

No solo existen los condicionantes climáticos y geológicos, sino que los eventos históricos y la realidad socio-cultural tienen gran influencia en las construcciones tradicionales. Por esta razón nacen modelos tan especiales adaptados a un mismo entorno natural o a un mismo clima.

La ventilación es el factor más importante de la climatización. Si se utilizan materiales vivos, con capacidad de descomposición, es necesario tener una buena ventilación. Si el edificio es enterrado y encalado (el terreno puede respirar), es muy importante porque al contacto del terreno con el ambiente interior se generan condensaciones (humedades) nocivas para la salud de los usuarios.

Dependiendo de si las necesidades para el confort interior son de calefacción o de refrigeración, y de la configuración interior, se pueden conseguir temperaturas interiores estables tanto con gran inercia térmica (Matmata) como con alta difusividad térmica (Plank House, indios Yurok).

Algunos de los modelos expuestos incorporan tecnologías que siguen siendo utilizadas actualmente. Por ejemplo, la 'gloria' romana. En muchos pueblos de España siguen existiendo (con ligeras modificaciones) y los usuarios las siguen utilizando. Además, su sucesor el suelo radiante es una tecnología cada vez más utilizada. Otros, como las galerías de A Coruña son modelos que se pueden aplicar en la actualidad tanto a nuevas construcciones como a edificios poco eficientes ya construidos.

Es difícil la aplicación directa de estos modelos constructivos a edificios en altura, pues están hechos para soportar pocas plantas y para vivir en conexión con el suelo.

Casi todos los modelos (excepto el patio interior, más versátil) se construyeron utilizando técnicas muy específicas que hoy forman parte de un conocimiento comunitario exquisito pero privativo y en decadencia. Estas formas de construcción primitivas no responden a nuestro estilo de vida actual. Sin embargo, las estrategias de climatización que incorporan se pueden adaptar y aplicar a las nuevas tecnologías constructivas, porque nuestras necesidades de climatización y de temperatura de confort no han cambiado en siglos. Necesitamos que el suelo y las paredes estén “terminados” y no encalados o al natural, tener electricidad y agua caliente... Aunque la magia de la arquitectura tradicional se pierde al incorporar ciertas comodidades del mundo moderno, lo cierto es que es bonito y necesario acumular el conocimiento vernáculo. Nunca se sabe cuándo podría volver a ser de utilidad si ya ha sido útil históricamente.

De entre los casos estudiados, podría ser interesante recuperar:

- Aljibes. Ya sea bajo la vivienda, mediante cubiertas ecológicas con aljibe o en alguna otra forma.
- Huecos exclusivamente utilizados y estratégicamente colocados para obtener una buena ventilación. Por ejemplo, sobre las puertas.
- Puertas y ventanas de lamas. Estratificación de los huecos.
- Construcciones enterradas. Se aprovecha la inercia térmica del terreno y no genera impacto visual en el medio.
- Presencia de agua en patios o jardines para conseguir refrigeración evaporativa (también en altura).
- Galerías vidriadas/Invernaderos adosados.
- Cubiertas autoventiladas.
- Aleros para el control solar. Pensar en la sombra.
- Muros de gran inercia térmica.
- Paredes radiantes.

En un futuro, se podría profundizar en la forma de aplicar estas estrategias al parque construido moderno para hacerlo más eficiente energéticamente. Estudiar cómo convertir las ciudades actuales en ciudades pasivas a través del estudio de la arquitectura vernácula y tradicional. Estudiar nuevos materiales y nuevos sistemas constructivos que nos permitan obtener condiciones similares a la arquitectura tradicional en edificios en altura.

Finalmente, me gustaría revisar la hipótesis inicial del trabajo de investigación. Creo que se puede confirmar que la arquitectura tradicional constituye una gran fuente de conocimiento que podemos recuperar y adaptar a los edificios actuales (tanto en rehabilitación como en nueva construcción) para aumentar la eficiencia energética y reducir la contaminación. Revirtiendo así, en cierto modo, la gran crisis climática actual.

# Bibliografía

## Libros

- GOLDFINGER, Myron. 1969. Villages in the sun: Mediterranean Community Architecture. New York, Washington, U.S.A.: Praeger Publishers Inc. Versión española: Antes de la Arquitectura: Edificación y hábitat anónimos en los países mediterráneos. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 1970.
- 1993, edición en color, revisada y rediseñada. Villages in the sun: Mediterranean Community Architecture. New York: Rizzoli International Publications, Inc. Versión Española: Arquitectura popular mediterránea; Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 1993.
- GUIDONI, Enrico. 1972. Architecture primitive. Italia: Gallimard/Electa.
- 1989, reelaboración en español de la edición publicada en 1972. Arquitectura primitiva. Madrid: Aguilar S.A.
- MARTÍNEZ SUÁREZ, Xose Luis. 1987. As galerías da Mariña, A Coruña 1869-1884. Santiago de Compostela: Colexio Oficial de Arquitectos de Galicia (COAG).
- ARAZO, M<sup>a</sup> Ángeles; JARQUE, Francesc; Diputación Provincial de Valencia. 1995. Arquitectura popular valenciana. Valencia: Federico Domenech, S.A.
- Archives d'Architecture Moderne (Bruselas); Taller d'Estudis de l'Hàbitat Pitiús; GARCIA DE LA CRUZ, Pia; ROTTHIER, Philippe. 1997. Arquitecturas: Ibiza. Bruselas: T.E.H.P.-A.A.M Editions.
- OLIVER, Paul. 1997. Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World. UK, Cambridge: Cambridge University Press; páginas 1441-1614.
- MAALOUF, Amin; Ecole d'Avignon; Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Barcelona; École des arts et métiers traditionnels de Tétouan. 2002. Arquitectura tradicional mediterránea. Francia: Ecole d'Avignon.
- NEILA GONZÁLEZ, F. Javier. 2004. Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. Madrid: Editorial Munilla-Lería.
- NEILA GONZÁLEZ, F. Javier. 2015. Miradas bioclimáticas a la arquitectura popular del mundo. Madrid: García-Maroto Editores, S.L.
- Dirección de Arquitectura, Ministerio de Obras Públicas del Gobierno de Chile. 2016. Guía de diseño mapuche para edificios y espacios públicos. Santiago de Chile: Boreal Consultores.
- LETIZIA, Dipasquale. 2020. Understanding Chefchaouen: Traditional knowledge for a sustainable habitat. Firenze: Firenze University Press.

## Artículos de revista científica y académica

- YOUNG, Gordon. 1985. "Early settlements in South Australia" Australian Journal of Historical Archaeology. Australasian Society for Historical Archaeology. Disponible en: <http://www.jstor.com/stable/29543142> (Consultado: 27/04/2022).

- GARRIDO MORENO, Antonio. 1998. "La galería gallega: una tipología tradicional en permanente evolución" Anuario brigantino. Dialnet. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/revista/7093/A/1998> (Consultado: 26/04/2022).
- JOFFRE, Richard; RAMBAL, Serge. 2002. "Mediterranean Ecosystems" Encyclopedia of life sciences. Macmillan Publishers Ltd, Nature Publishing Group. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/228019813\\_Mediterranean\\_Ecosystems](https://www.researchgate.net/publication/228019813_Mediterranean_Ecosystems) (Consultado: 26/03/2022).
- PASTOR VILLA, Rosa; BLANCA GIMÉNEZ, Vicente. 2011. "Lectura tipológica y constructiva de la arquitectura residencial de El Cabanyal: 1900-1936" Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Madrid: Instituto Juan de Herrera. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4137873> (Consultado: 26/04/2022).
- WHITMAN, Christopher; TURNBULL, Neil. 2014. "Environmental comfort in the living heritage of the Chilean Araucania: The Ruka Lafkenche and the Fogon Pehuenche". Proceedings of 8th Windsor Conference: Counting the Cost of Comfort in a changing world. Semantic Scholar. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Environmental-comfort-in-the-living-heritage-of-the-Whitman-Turnbull/fdoifief2bfcbe3b4219ca5bfc6413dia657c12#paper-header> (Consultado: 27/04/2022).
- MEANA PALACIO, José Manuel. 2006. "El Aaiún de los pioneros: un poblado de los años 40". Biblio 3w. Universidad de Barcelona. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-627.htm> (Consultado: 14/05/2022).

### Recursos en línea

- The University of Adelaide. *German Settlers in South Australia Miscellaneous Papers 1776-1964*. Disponible en: [https://www.adelaide.edu.au/library/special/mss/german\\_settlers/](https://www.adelaide.edu.au/library/special/mss/german_settlers/)
- Chaouen.info. *Un poco de historia de Chefchaouen*. Disponible en: <https://chaouen.info/es-historia.html>
- UNESCO. *The Trulli of Alberobello*. Disponible en: <https://whc.unesco.org/en/list/787/>
- Tesoros de Cuenca. *Ercávica, Noheda y Recópolis, un Imperio en tan solo 50 km*. Disponible en: <https://www.tesorosdecuenca.es/tesoro/noheda/>
- Turismo A Coruña. Disponible en: [https://www.turismocoruna.com/web/corTurServer.php?idSecweb=318&idInfo=95&id\\_secPadre=260&idCategoria=172&idSecDescendencia=316](https://www.turismocoruna.com/web/corTurServer.php?idSecweb=318&idInfo=95&id_secPadre=260&idCategoria=172&idSecDescendencia=316)
- Ayuntamiento de Guadix. *Barrio de las cuevas*. Disponible en: <https://guadix.es/turismo/barrio-de-cuevas/>
- El arte del urbanismo. *El Cabanyal: un poco de historia*. Disponible en: <https://elartedelurbanismo.wordpress.com/2014/01/15/el-cabanyal-un-poco-de-historia/>
- Valencia actúa. *Cabanyal. Poble Nou del Mar. Náufragos y zozobras*. Disponible en: <http://valenciaactua.es/cabanyal-poble-nou-del-mar-naufragos-y-zozobras/>
- Agencia inmobiliaria Kelosa. *La finca ibicenca. Guía de la arquitectura tradicional de Ibiza*. Disponible en: <https://www.kelosa.com/blog/es/arquitectura/la-finca-ibicenca-guia-de-la-arquitectura-rural-tradicional-de-ibiza/>
- Castilla La-Mancha. *Villa Romana de Noheda*. Disponible en: <https://cultura.castillalamancha.es/patrimonio/yacimientos-visitables/villa-romana-de-noheda>

- 
- Domvs Romana. *Hypocaustum, la calefacción doméstica en la antigua Roma*. Disponible en: <https://domus-romana.blogspot.com/2019/12/hypocaustum-la-calefaccion-domestica-en.html>
- Canal de YouTube del Museo Arqueológico Nacional de España. *La villa romana de Noheda. La sala triclinar y sus mosaicos*. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=bSOhIQeTKjM>
- Plataforma Arquitectura. *Arquitectura popular: Los Trulli Pugliese*. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-270071/arquitectura-popular-los-trulli-pugliese>
- Museo Mapuche de Cañete. Disponible en: <https://www.museomapuchecanete.gob.cl/>



## Procedencia de las ilustraciones

- 1.1. Tomado de JOFFRE, Richard; RAMBAL, Serge. 2002. "Mediterranean Ecosystems" Encyclopedia of life sciences. Macmillan Publishers Ltd, Nature Publishing Group. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/228019813\\_Mediterranean\\_Ecosystems](https://www.researchgate.net/publication/228019813_Mediterranean_Ecosystems); Consultado el 26/03/2022.
- 2.0. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 2.1. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 2.2. Tomado de <https://www.youtube.com/watch?v=bSOhIQeTKjM>; Consultado el 27/04/2022.
- 2.3. Elaboración de la autora.
- 2.4. Tomado de MARTÍNEZ SUÁREZ, Xose Luis. *As galerias da Mariña, A Coruña 1869-1884*. (Santiago de Compostela: Colexio Oficial de Arquitectos de Galicia, 1987), imagen de portada.
- 2.5. Elaboración de la autora.
- 2.6. Tomado de GOLDFINGER, Myron. *Arquitectura popular mediterránea*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 1993), página 101.
- 2.7. Elaboración de la autora.
- 2.8. Tomado de GOLDFINGER, *Arquitectura popular...*, página 117.
- 2.9. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de NEILA GONZÁLEZ, F. Javier. *Miradas bioclimáticas a la arquitectura popular del mundo* (Madrid: García-Maroto Editores, S.L., 2015), página 46.
- 2.10. Tomado de ARAZO, M<sup>a</sup> Ángeles; JARQUE, Francesc; Diputación Provincial de Valencia. *Arquitectura popular valenciana*. (Valencia: Federico Domenech, S.A., 1995), página 15.
- 2.11. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de PASTOR VILLA, Rosa; BLANCA GIMÉNEZ, Vicente. *Lectura tipológica y constructiva de la arquitectura residencial de El Cabanyal: 1900-1936*, Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción (Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2011), figura 7, página 1059.
- 2.12. Tomado de Archives d'Architecture Moderne (Bruselas); Taller d'Estudis de l'Hàbitat Pitiús; GARCIA DE LA CRUZ, Pia; ROTTHIER, Philippe. *Arquitecturas: Ibiza*. (Bruselas: T.E.H.P.-A.A.M Editions, 1997), página 28.
- 2.13. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://www.kelosa.com/blog/es/arquitectura/la-finca-ibicenca-guia-de-la-arquitectura-rural-tradicional-de-ibiza/>; consultado el 27/04/2022
- 2.14. Tomado de GOLDFINGER, *Arquitectura popular...*, página 87.
- 2.15. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de NEILA GONZÁLEZ, F. Javier. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible* (Madrid: Editorial Munilla-Lería, 2004), página 78.

- 2.16. Tomado de GOLDFINGER, *Arquitectura popular...*, página 35.
- 2.17. Elaboración de la autora.
- 2.18. Tomado de OLIVER, Paul. *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World* (UK, Cambridge: Cambridge University Press, 1997), página
- 2.19. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de OLIVER, *Encyclopedia of Vernacular...*, página 1505.
- 2.20. Tomado de GOLDFINGER, *Arquitectura popular...*, página 154.
- 2.21. Elaboración de la autora.
- 2.22. Tomado de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ghorfas\\_%C3%A0\\_Metameur\\_\(Tunisie\)\\_vers\\_1925,\\_Georges-Louis\\_Arlaud.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ghorfas_%C3%A0_Metameur_(Tunisie)_vers_1925,_Georges-Louis_Arlaud.jpg); consultado el 30/05/2022.
- 2.23. Elaboración de la autora.
- 2.24. Tomado de GOLDFINGER, *Arquitectura popular...*, página 170.
- 2.25. Elaboración de la autora.
- 2.26. Tomado de LETIZIA, Dipasquale. *Understanding Chefchaouen: Traditional knowledge for a sustainable habitat*. (Firenze: Firenze University Press, 2020), página 121.
- 2.27. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de MAALOUF, Amin; Ecole d'Avignon; Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Barcelona; École des arts et métiers traditionnels de Tétouan. *Arquitectura tradicional mediterránea* (Francia: Ecole d'Avignon, 2002), página 59.
- 2.28. Tomado de GOLDFINGER, *Arquitectura popular...*, página 131.
- 2.29. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de NEILA, *Arquitectura bioclimática...*, página 45.
- 2.30. Tomado de GOLDFINGER, *Arquitectura popular...*, página 149.
- 2.31. Elaboración de la autora.
- 2.32. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 2.33. Tomado de [https://en.wikipedia.org/wiki/Plank\\_house#/media/File:Yurok-Plank-house2.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Plank_house#/media/File:Yurok-Plank-house2.jpg); consultado el 30/05/2022.
- 2.34. Elaboración de la autora.
- 2.35. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 2.36. Tomado de <https://www.museomapuchecanete.gob.cl/colecciones/ruka-representacion-arquitectonica-y-simbolica-del-mundo-mapuche/formas-de-habitar-la>; consultado el 30/05/2022.
- 2.37. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de WHITMAN, Christopher; TURNBULL, Neil. *Environmental comfort in the living heritage of the Chilean Araucania: The Ruka Lafkenche and the Fogon Pehuenche*, Proceedings of 8th Windsor Conference: Counting the Cost of Comfort in a changing world. (Semantic Scholar, 2014); consultado el 27/04/2022.
- 2.38. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 2.39. Tomado de <https://puzzlefactory.pl/es/rompecabezas/jugar/paisajes/176048-casas-africanas#10x10>; consultado el 30/05/2022.

- 2.40. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de GUIDONI, Enrico. *Arquitectura primitiva* (Madrid: Aguilar S.A., 1989), página 47.
- 2.41. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 2.42. Tomado de <https://www.dreamstime.com/old-farm-house-near-evandale-dilapidated-old-farm-house-near-town-evandale-tasmania-australia-image148128758>; consultado el 30/05/2022.
- 2.43. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de OLIVER, *Encyclopedia of Vernacular...*, página 1076.
- 3.1. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 3.2. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 3.3. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 3.4. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.5. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.6. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.7. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.8. Repetición de la ilustración 2.27.
- 3.9. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de MAALOUF..., *Arquitectura tradicional...*, página 59.
- 3.10. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 3.11. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 3.12. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.13. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.14. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.15. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.16. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de GOLDFINGER, *Arquitectura popular...*, página 156.
- 3.17. Repetición de la ilustración 2.21.
- 3.18. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 3.19. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 3.20. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.21. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.22. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.23. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.24. Repetición de la ilustración 2.15.
- 3.25. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de NEILA, *Arquitectura bioclimática...*, página 78.

- 3.26. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 3.27. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 3.28. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.29. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.30. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.31. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.32. Repetición de la ilustración 2.34.
- 3.33. Elaboración de la autora.
- 3.34. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 3.35. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 3.36. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.37. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.38. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.39. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.40. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://www.youtube.com/watch?v=bSOHIQeTKjM>
- 3.41. Repetición de la ilustración 2.3.
- 3.42. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 3.43. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- 3.44. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.45. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.46. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.47. Elaboración mediante el programa informático *Climate consultant*.
- 3.48. Elaboración de la autora a partir de un original tomado de MARTÍNEZ SUÁREZ, X. Luis. *As galerias da Mariña, A Coruña 1869-1884* (Santiago de Compostela: Colexio Oficial de Arquitectos de Galicia, 1987), páginas 47-48.
- 3.49. Repetición de la ilustración 2.5.

**Mediterráneo universal**

Clara García López

Junio 2022

