

ESTUDIO DE MATERIALES Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS BIOCLIMÁTICAS EN LOS PAISES DE ÁFRICA DEL NORTE

AUTOR: SAOUSSANE EL BALI

TUTOR: JUAN CARLOS, CARRIÓN MONDÉJAR

CURSO: 2019/2020

GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA

TRABAJO FIN DE GRADO

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



**ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA**

RESUMEN

Este presente TFG tiene como propósito estudiar los materiales autóctonos, y las técnicas constructivas bioclimáticas en los países del Norte de África y realizar propuestas de mejora.

Para ello, se recurrirá a estudiar y analizar las tipologías de esta región, cuya técnicas se analizarán dependiendo del clima de cada zona y de los materiales empleados. Después de estudiar estos sistemas y sus materiales, se analizará el comportamiento térmico de los cerramientos realizados con estas técnicas y se propondrá una mejora energética, al tiempo que se utilizarán materiales constructivos de bajo coste, asequibles para la población.

Palabras clave: arquitectura, bioclimática, autóctonos, tierra, África del Norte, sistemas constructivos.

RESUM

Aquest present TFG té com a propòsit estudiar els materials autòctons, i les tècniques constructives bioclimàtiques als països del Nord d'Àfrica i realitzar propostes de millora.

Per a això, es recorre a estudiar i analitzar les tipologies d'aquesta regió, que la seua aquestes tècniques s'analitzaran depenent del clima de cada zona i dels materials emprats. Després d'estudiar aquests sistemes i els seus materials, s'analitzarà el comportament tèrmic dels tancaments realitzats amb aquestes tècniques i es proposarà una millora energètica, al mateix temps que s'utilitzaran materials constructius de baix cost, assequibles per a població.

Paraules clau: arquitectura, bioclimàtica, autòctons, terra, Àfrica del Nord, sistemes constructius

Abstract

The purpose of this TFG is to study autochthonous materials, bioclimatic construction techniques in North African countries and make proposals for improvement.

To carry out this task, we will resort to studying and analyzing the typologies of this region, whose techniques will be analyzed depending on the climate of each area and the materials used. After studying these systems and their materials, the thermal behavior of the enclosures made with these techniques will be analyzed, an energy improvement will be proposed, with low-cost construction materials, and affordable for the population.

Keywords: architecture, bioclimatic, autochthonous, earth, North Africa, construction systems.

INDICE

INTRODUCCIÓN	5
1.1 <i>OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</i>	5
1.2 <i>ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA</i>	5
2. ESTUDIO DE LOS DIFERENTES CLIMAS EN EL NORTE DE ÁFRICA	6
2.1 <i>Clima cálido:</i>	6
2.2 <i>Clima templado:</i>	6
2.3 <i>Clima frío:</i>	7
3. Tipologías arquitectónicas.	7
3.1- <i>Clima cálido.</i>	7
3.1.1 <i>Arquitectura de tierra.</i>	7
3.1.1.1 Descripción formal y estructural: <i>Ksur/tighremt/kasbah</i>	8
3.1.1.2 Materiales utilizados y construcción	8
3.1.2 <i>Arquitectura excavada</i>	14
3.1.2.1 Descripción formal y estructural: <i>matmata.</i>	14
3.1.2.2 Materiales utilizados y construcción	15
3.1.3 <i>Arquitectura de piedra: walata.</i>	15
3.1.3.1 Descripción formal y estructural: <i>walata</i>	16
3.1.3.2 Materiales utilizados y construcción	16
3.1.4 <i>Arquitectura nómada.</i>	17
3.1.4.1 Descripción formal y estructural	18
3.1.4.2 Materiales utilizados y construcción	18
3.2- <i>Clima mediterráneo</i>	19
3.2.1 <i>Casa elemental:</i>	19
3.2.1.1 Descripción formal y estructural	19
3.2.2 <i>Casa compacta:</i>	20
3.2.2.1 Descripción formal y estructural	20
3.2.3 <i>Casa compuesta</i>	21
3.2.3.1 Descripción formal y estructural	21
3.2.4 <i>Casa mediterránea: casa patio.</i>	22
3.2.4.1 Descripción formal y estructural	22
3.2.5 <i>Materiales utilizados y construcción en el clima mediterráneo.</i>	24
3.3- <i>Clima frío.</i>	25
3.3.1 <i>Ksur/ tighremt/kasbah</i>	25

3.3.1.1 Descripción formal y estructural (visto en apartado 3.1.1.1)	25
3.3.2 <i>Dar</i>	28
3.3.2.1 Descripción formal y estructural	28
3.3.3 <i>Materiales utilizados y construcción en el clima frío</i>	29
4.MATERIALES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS AUTÓCTONOS	31
4.1 <i>Descripción materiales autóctonos</i>	31
4.1.1 La tierra.....	31
4.1.2 La piedra.....	32
4.1.3 La madera.....	33
4.1.4 La paja	34
4.2 <i>Descripción sistemas constructivos</i>	34
4.2.1 <i>La tapia</i>	34
4.2.1.1 <i>Definición del sistema</i>	34
4.2.1.2 <i>Materiales empleado y su preparación</i>	35
4.2.1.3 <i>Proceso constructivo</i>	35
1. <i>Encofrados y herramientas</i>	35
2. <i>Ejecución</i>	37
4.2.2 <i>Adobe</i>	38
4.2.2.1 <i>Definición del sistema</i>	38
4.2.2.2 <i>Materiales empleados y su preparación</i>	38
4.2.2.3 <i>Proceso constructivo</i>	39
1. <i>Encofrados y herramientas</i>	39
2. <i>Ejecución</i>	40
4.2.3 <i>Piedra</i>	41
4.2.3.1 <i>Definición del sistema</i>	41
4.2.3.2 <i>Materiales empleados y su preparación</i>	42
4.2.3.3 <i>Proceso constructivo</i>	42
1. <i>Herramientas</i>	42
2. <i>Ejecución</i>	42
4.2.4 <i>Otros sistemas</i>	43
5.TABLA RESUMEN	44
6. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO. PROPUESTAS DE MEJORA	50
1- <i>Muro tapia</i>	50
Propuesta de mejora.....	51
2- <i>Adobe</i>	52
Propuesta de mejora.....	53

3-Muro de piedra tipo 1.	54
Propuesta de mejora.....	55
4-Muro de piedra tipo 2.	56
Propuesta de mejora.....	57
5-Muro de piedra+tapia, adosados.	58
Propuesta de mejora.....	59
6-Muro ladrillo.....	60
Propuesta de mejora- aislante exterior- tipo 1	61
Propuesta de mejora- aislante exterior- tipo 2.....	62
Propuesta de mejora- aislante interior- tipo 1-.....	63
Propuesta de mejora- aislante interior- tipo 2-.....	64
7.CONCLUSIONES	65
8.BIBLIOGRAFÍA	66

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Este trabajo tiene como objetivo analizar algunas tipologías arquitectónicas de viviendas, del norte de África, adaptadas al microclima de la zona donde se ubican, bajo el punto de vista de funcionamiento energético y proponer medidas de mejora bioclimática, en su caso. Para ello se han elegido tres zonas geográficas claramente diferenciadas: zona costera, zona montañosa y zona desértica. De cada una de estas tipologías se va a analizar su concepción arquitectónica, su sistema constructivo y los materiales empleados, proponiendo medidas de mejora del funcionamiento energético con la utilización de materiales constructivos asequibles. El norte de África es una región con cambios climáticos muy significativos, y también con unos recursos económicos muy limitados, dos factores que han empujado a la población a crear e inventar sistemas constructivos ingeniosos con materiales naturales, fáciles de encontrar con el objetivo de lograr la supervivencia. La búsqueda de información de las diferentes tipologías, materiales y sistemas constructivos se ha conseguido a partir de libros, entrevistas, y sitios web.

1.2 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

Este capítulo pretende definir brevemente la arquitectura bioclimática en general, como una introducción al trabajo, se busca definir sus parámetros, recursos utilizados, características, etc.

La arquitectura bioclimática trata de diseñar edificios aprovechando al máximo posible los recursos naturales disponibles (lluvia, sol, flora, vientos, etc.) teniendo en cuenta las condiciones climáticas, este concepto está siempre relacionado con la arquitectura ecológica. Hace años la humanidad no tenía grandes recursos para construir sus viviendas, el único recurso o herramienta que tenían para construir sus refugios era lo que les ofrecía la Tierra dependiendo del lugar, la naturaleza y el clima, por eso el análisis del lugar era importante y primordial a la hora de diseñar, porque el único objetivo era la correcta utilización de los materiales con el fin de conseguir el mayor confort y aprovechar el máximo de energía, por otro lado la estética también era importante dependiendo del lugar y de las culturas pero no era lo primordial, podemos decir que la arquitectura popular era la primera referencia y origen de las construcciones bioclimáticas. Para concluir podemos decir que la arquitectura bioclimática es un nombre nuevo que surgió hace 60/70 años, pero es una ciencia muy antigua.

Cuando hablamos de una arquitectura bioclimática, unos de sus parámetros importantes son diseño, la ubicación, la orientación, la distribución de los espacios y la materialidad, etc. Estos parámetros se completan entre sí y nos permiten a conseguir una arquitectura bioclimática. Por ejemplo, la materialidad es importante pero no podemos conseguir una arquitectura bioclimática sin un buen diseño, el primer factor que hay de tener en cuenta es el lugar donde voy a edificar, por lo tanto, la arquitectura bioclimática genera una arquitectura local y no una arquitectura global, depende de características y necesidades de cada lugar.

Podemos resumir las características de la arquitectura bioclimática en cuatro puntos importantes claves que son:

- La orientación
- El soleamiento o protección solar
- El aislamiento térmico en base de materiales y sistemas constructivos empleados
- La ventilación

Se concluye que, a la hora de proyectar, un diseño inadecuado puede generar una pérdida o ganancia de energía no deseada, por lo que nos obliga a la utilización de sistemas de climatización, generando un consumo de energía innecesario. Este consumo es lo que la arquitectura bioclimática intenta evitar, basándose sobre un diseño lógico, correcto que tiene en cuenta las necesidades del entorno y respetando el clima de cada sitio, para conseguir un sistema de climatización autónomo y una adecuada implantación en su entorno.

2. ESTUDIO DE LOS DIFERENTES CLIMAS EN EL NORTE DE ÁFRICA

Pese a que la superficie del continente África es la tercera más grande tras Asia y América, su arco climatológico es bastante reducido. En este apartado vamos a analizar la zona norte de dicho continente, podemos decir que el clima que predomina más en esta parte es el *clima cálido*, desértico y tropical seco. Esto no quiere decir que no haya otros climas en el norte de África, se destaca también el *clima templado* que se extiende al norte por la orilla del mar mediterráneo, también una pequeña parte con *clima frío* sobre todo en las montañas.

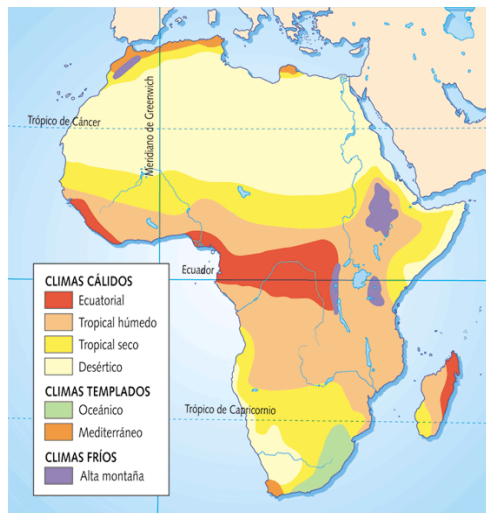


Imagen 1: mapa de climas en África

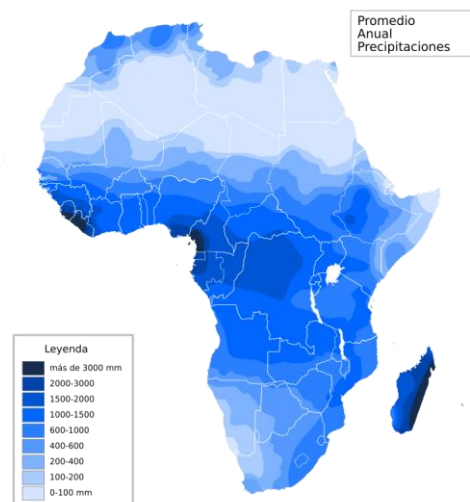


imagen 2: mapa de precipitaciones en África

2.1 *Clima cálido:*

-Tropical seco: Este clima se sitúa tanto norte como sur, son las regiones donde nacen las masas de aire tropical continental, es decir células de altas presiones, tiene un carácter muy seco y caluroso y la insolación muy fuerte, siendo la estación húmeda muy corta con lluvias torrenciales. Es un clima de transición entre el tropical húmedo y el clima desértico. Presenta altas temperaturas todo el año en torno a 27°C en media, pero con una amplitud térmica anual de entre 10 y 18 °C entre el mes más cálido y el mes más frío y pocas precipitaciones que están limitadas a la estación lluviosa. El ciclo de temperaturas depende mucho de la posición del sol sobre el horizonte de tal manera que presenta las más altas temperaturas en verano y las más bajas en invierno.

-Desértico: Este tipo de clima se encuentra en la zona del desierto del Sahara, se caracteriza por muchas horas de sol, temperaturas muy extremas que puede superar los 40°C por el día y nocturnas muy bajas pueden situarse hasta por debajo del 0°C durante la estación de frío, se diferencia por las violentas tormentas de arena y lluvias prácticamente nulas.

2.2 *Clima templado:*

-Mediterráneo seco: Es un clima que se encuentra sobre todo en el norte de África en países como Marruecos, Argelia, Túnez y una parte de Libia. La región más típica es la que involucra las costas del mar mediterráneo, es una transición entre el clima desértico y mediterráneo típico, se caracteriza por veranos secos muy calurosos presentan temperaturas muy elevadas, inviernos templados moderadamente lluviosos, no suele ser demasiado abundante, primavera y otoño normalmente son más variables, tanto en temperaturas como en precipitaciones, depende mucho de cómo transcurre todo el año. Registra temperaturas alrededor de 22°C a lo largo del año y bajo 10°C en invierno.

2.3 Clima frío:

Se denomina también como clima montañoso, puede que nunca lo hemos pensado, y es poco usual, pero el clima en África también puede ser frío afecta una pequeña parte del continente, cuyo pico siempre se congelan, temperaturas frías, es bastante húmedo y seco, este clima es desfavorable para el desarrollo de la agricultura como es el caso del monte del Atlas.

3. Tipologías arquitectónicas.

Como ya lo hemos analizado antes, África del norte abarca 3 tipos de climas: el cálido, mediterráneo y frío, por esta razón las tipologías arquitectónicas se diferencian de una zona a otra dependiendo de los cambios climáticos a los cuales nos vamos a enfrentar, nos obliga a utilizar una tipología o otra, este apartado consiste en analizar estas tipologías, sus formas, los materiales utilizados en cada zona, la técnica empleada y también breve estudio bioclimático para ver cómo se comportan en función del clima.

3.1- Clima cálido.

El Sahara de África se denomina como el desierto más grande y más cálido del mundo, con una superficie de 9.065.253 Km². Dependiendo de cada zona geográfica, la arquitectura y la manera de construir se diferencia, va relacionada con la historia del país, la cultura, costumbres de cada población, materiales existentes en cada zona...

Existen varias formas de habitar el Sahara, entre ellas analizamos 3 tipos diferentes:

- 1-arquitectura de tierra (skoura, ksur): Sur de Marruecos, Sur de Argelia
- 2- Arquitectura excavada (matmata): Sur de Túnez
- 3-Arquitectura de piedra (walata): Mauritania
- 4-Arquitectura nómada

3.1.1 Arquitectura de tierra

Este tipo de arquitectura es el más utilizado en el desierto de África, se encuentra casi un 60% de la franja que va desde el tóxico. Sin embargo, los pueblos han desarrollado distintas técnicas y modos para desarrollar este material.



Imagen 3 : Kasbah Amridil en Marruecos



imagen 4:Kasbah Amridil en Marruecos

3.1.1.1 Descripción formal y estructural: Ksur/tighremt/kasbah

ksur: Grupos de casas rodeadas por murallas

Este tipo de arquitectura se encuentra en el desierto de países como Marruecos y Argelia, los ksur son la forma más antigua de la zona, consisten en poblados amurallados, flanqueados por torres en las esquinas, generalmente se sitúan en los valles que forman los ríos. Estos poblados pueden tener una planta de forma cuadrada o rectangular, o también una forma irregular si el terreno lo pide, en general se adaptan a la morfología del terreno y sus desniveles. Podemos hablar también de su estructura urbana, generalmente tienen un eje como calle principal y de ahí se extienden calles secundarias de forma perpendicular a ese eje. La población de los ksur puede variar de una forma un poco exagerada pueden estar habitados por algunas familias, como pueden tener tres mil habitantes, depende de cómo se estructura el barrio o también en muchos casos es consecuencia de su propio crecimiento.

La mayoría de los ksur tienen una sola puerta de acceso, en general justo después del acceso existe un gran espacio libre, una plaza, donde se reúnen los habitantes y celebran las fiestas.

Dentro de los ksur encontramos equipamientos que pueden variar dependiendo de la población entre ellos: la mezquita, baño público (hammam), escuela coránica, el pozo, el establo...

Tighremt: vivienda dentro del ksar

Podemos destacar 2 tipos: las que tienen patio y las que no. También podemos encontrar alguna *tighmert* (viviendas familiares fortificadas con pequeños ojos de ventilación) que en general son viviendas para la gente más rica, este tipo de viviendas han empezado a instalarse dentro de los *ksur*, después al exterior, pero cerca de ellos y finalmente de manera aislada, pero siempre en relación directa con la riqueza de los territorios. Las viviendas pueden variar de alturas hasta 5 plantas, pero en la mayoría de los casos son de dos o tres plantas. La planta baja se reserva para los animales, después almacén y cocina y por último la familia, invitados y terraza. Generalmente en la terraza se ubica el cuarto de invitados, es el espacio que tiene mayores aperturas (plantas bajas sin ventanas), y también la decoración más refinada de toda la casa.

Kasbah: son fortalezas de los grandes jefes, equivalen a los castillos, hay dos tipos diferentes. unos siguen la tipología de un palacio urbano, un patio rodeado de estancias que van adquiriendo una mayor privacidad, con recintos amurallados concéntricos, mientras que otros similares a *tighremt* pero con una superficie más grande y unos acabados y ornamentación más rica, esta segunda tipología tenía como origen una *tighremt* pero va creciendo y ampliándose con la adquisición de poder y riqueza por el jefe de la familia.

3.1.1.2 Materiales utilizados y construcción

Todo de tierra, en forma de tapial de 40 cm a 2 m o de piezas de adobe con 2 formatos: 20*12*8 o 40*20*15, revestidos de barro y paja. En esta región existe sólo la madera de palmeras, que no es una madera resistente a compresión por esta razón se utilizan pilares ejecutados con adobes.

En cuanto al sistema constructivo es el tapial, y para el revestimiento existen varias soluciones, tradicionalmente era de barro y paja también una mezcla de tierra rojiza con arena, cal y en algunos casos se añade cal de gran adherencia, ayude con la impermeabilidad del muro y deja que respire igualmente.

Cabe decir que, dependiendo de las alturas, se ejecuta un grosor de muros o otro: 60 cm para viviendas de 1 planta y 80-90 cm para viviendas de 1 o 2 plantas. Los forjados son de troncos y las cubiertas son de cañizo, troncos, tela, tierra apisonada y fina.

Planos ksar:

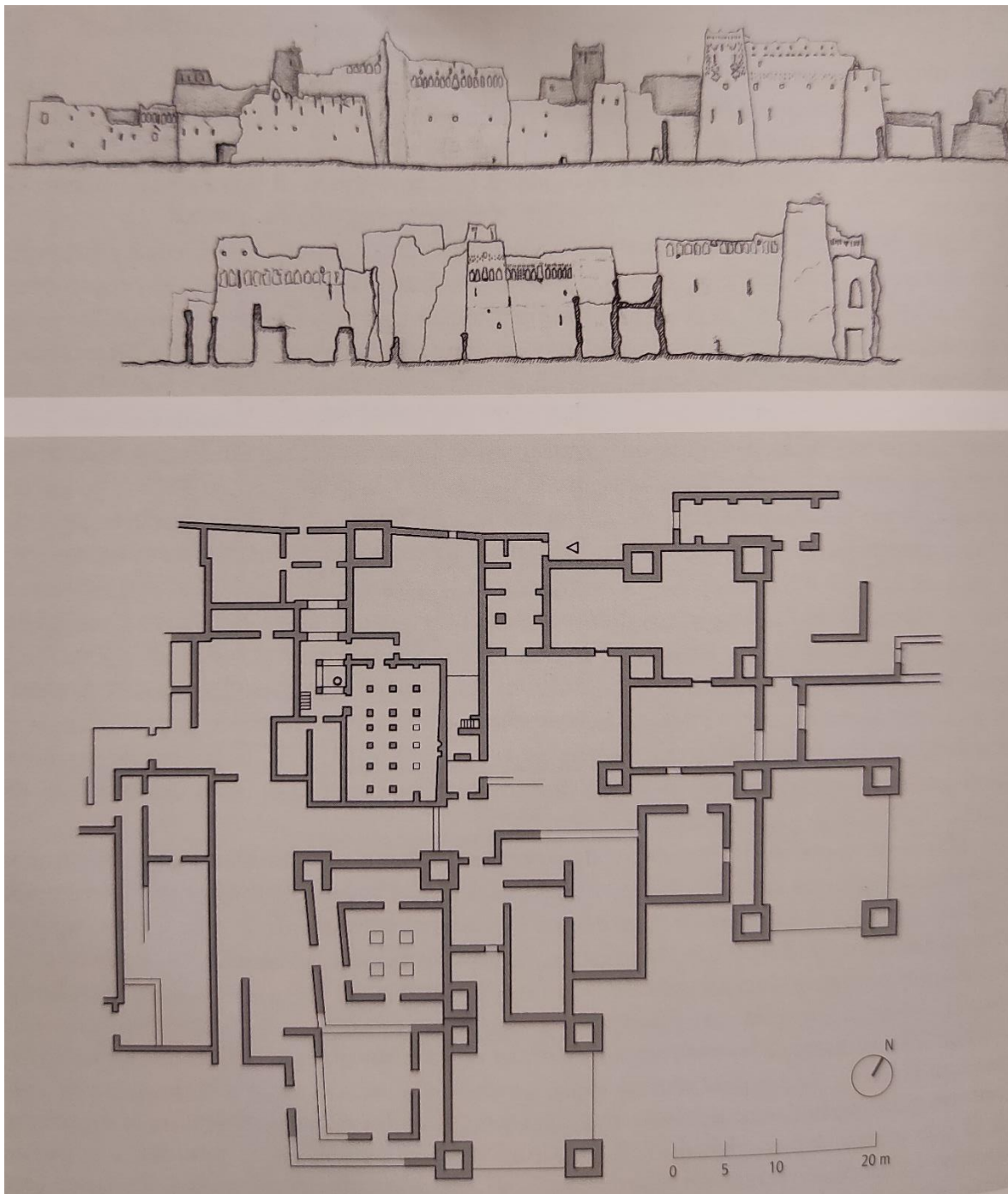


Imagen 5: ksar Ait Said Ou Mansour croquis de los alzados norte y planta del estado actual-Marruecos-

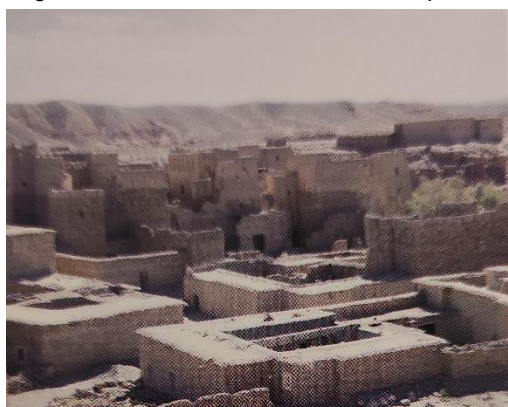


Imagen 6: ksar Ait Said Ou Mansour: vista del conjunto con las nuevas casas del pueblo en primer plano

La jerarquía urbana dentro de los ksour por sus calles estrechas que son de unos dos metros y también la agrupación compacta, dejando solo unas pequeñas zonas descubiertas, que son pozos de luz que ayudan a ventilar e iluminar el viario urbano, como consecuencia conseguimos una protección frente al sol, el calor y las tormentas de arena. Las excelentes condiciones ambientales que se encuentran dentro de los ksour se deben a la calidad de la tierra, la técnica utilizada en el proceso constructivo, además de los pequeños tamaños de de aberturas que existen en este tipo de construcciones.

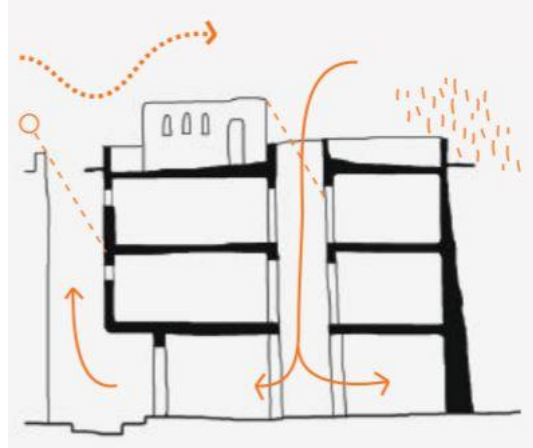


Imagen 7: funcionamiento bioclimático

Planos tighremt:



Imagen 8 ,9 :Vista exterior de tighremt
Ait Abou-Marruecos.

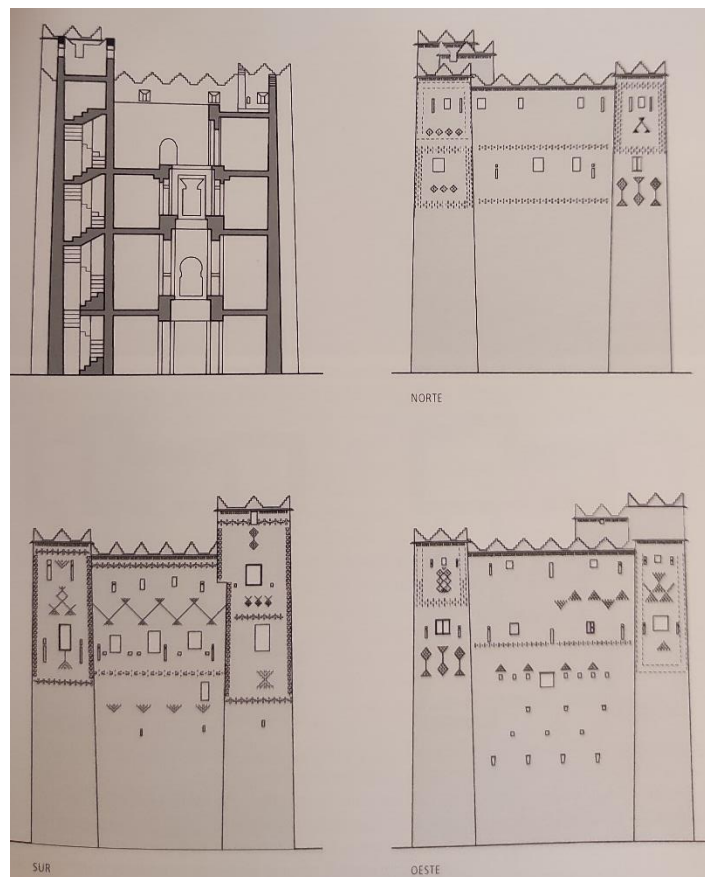


Imagen 10: Sección y Alzados Norte, Sur y Oeste de Ait Abou.

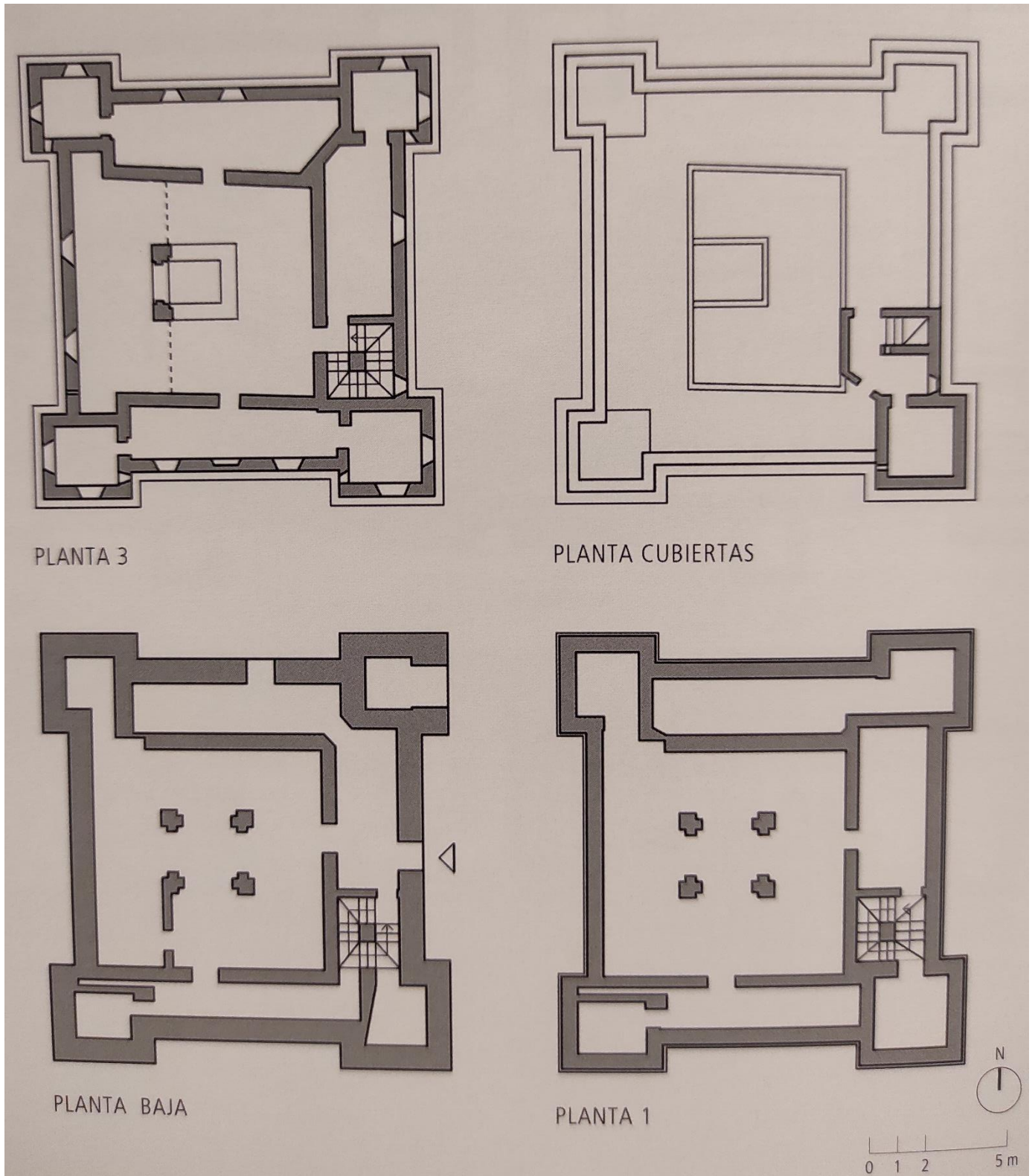


Imagen11 : Tighremt Ait Abou, plantas baja, primera, tercera y de la cubierta.

Planos kasbah:

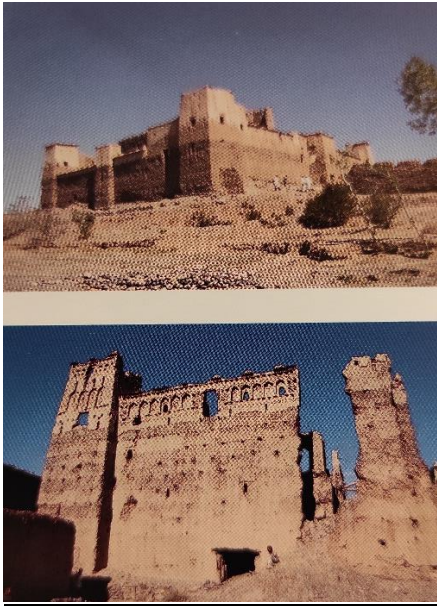


Imagen 12, 13 : Vista exterior de Kasbah Ait Said Ou Mansour-Marruecos.

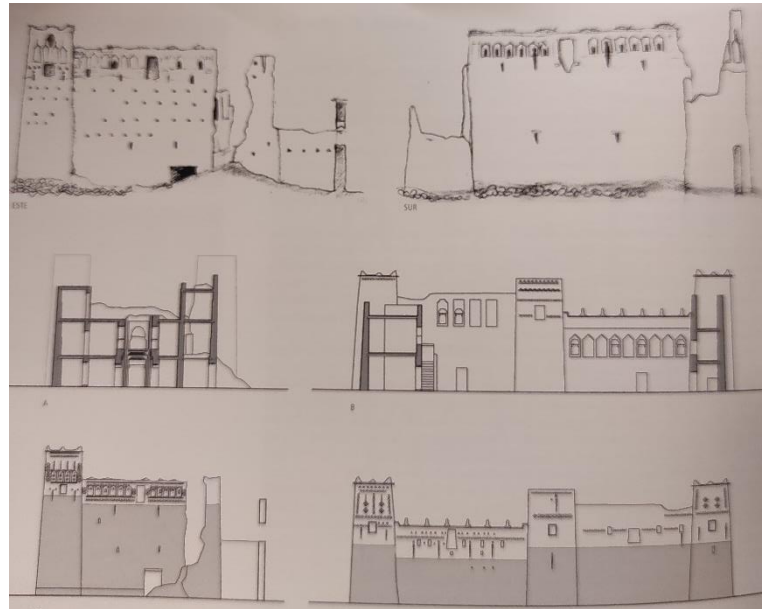


Imagen 14: Alzados y secciones de Kasbah Ait Said Ou Mansour-Marruecos..

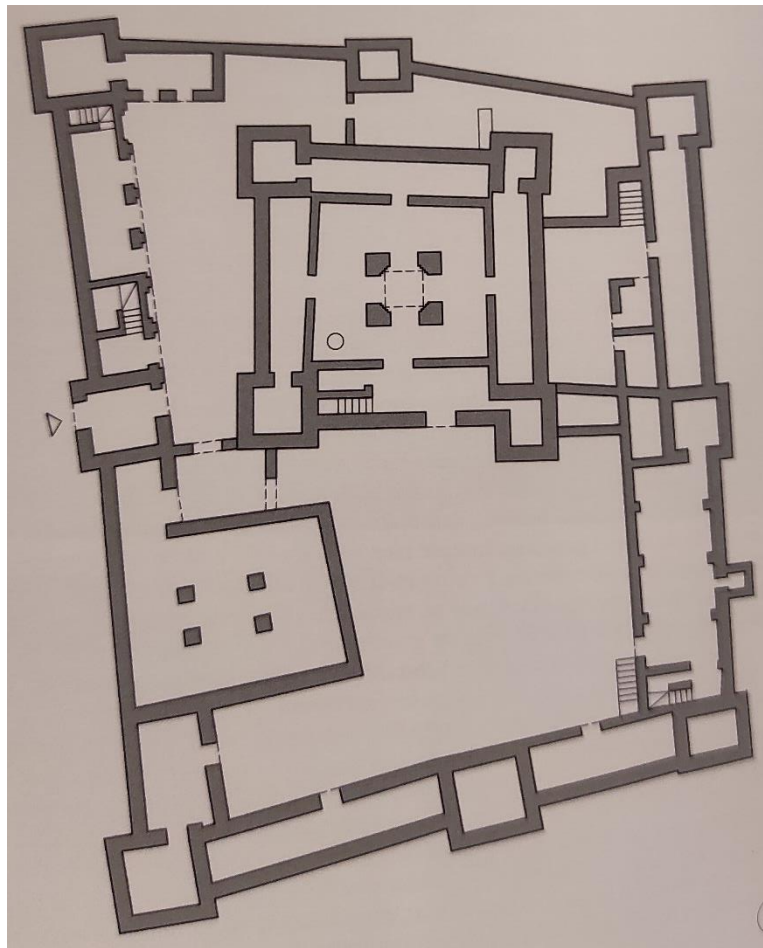


Imagen 15 : planta Kasbah Ait Said Ou Mansour-Marruecos.

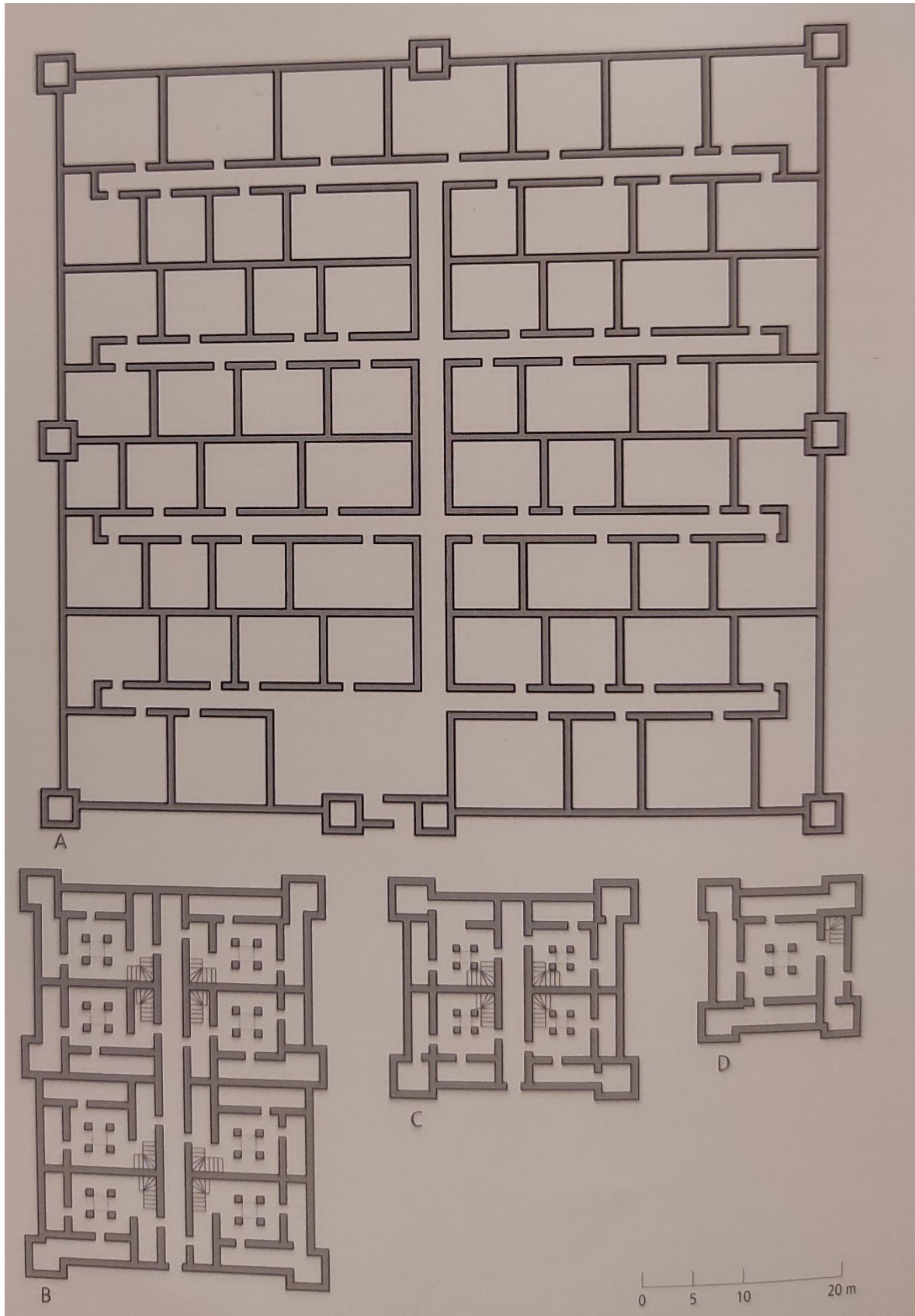


Imagen 16: Esquema representativo de la evolución del ksar a la tighremt, pasando por el ksar reducido y la tighremt colectiva.

3.1.2 Arquitectura excavada

La arquitectura subterránea es una tipología tradicional que existe desde hace siglos, común en muchas culturas, las encontramos en diferentes zonas tanto desérticas o no, solucionan varios problemas básicos del hábitat, teniendo en cuenta unos parámetros muy sencillos. Podemos encontrar diferentes tipos, excavaciones en roca por ejemplo en Turquía o excavaciones horizontales como es el caso de esta región del sur de Túnez.



Imagen 17: foto interior de una matmata -Tunez.

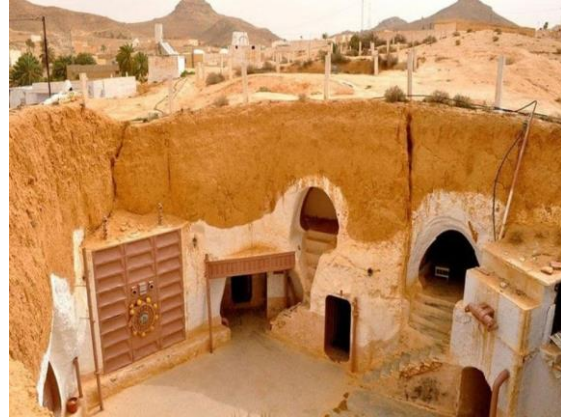


Imagen 18: vivienda tipo de matmara-Tunez.

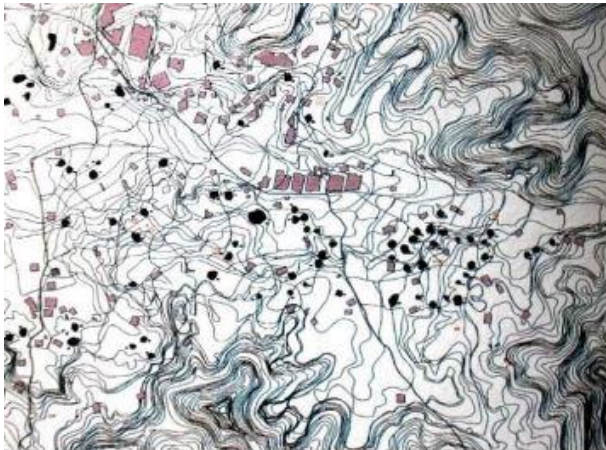


Imagen 19: mapa vivienda excavadas matmata matmata

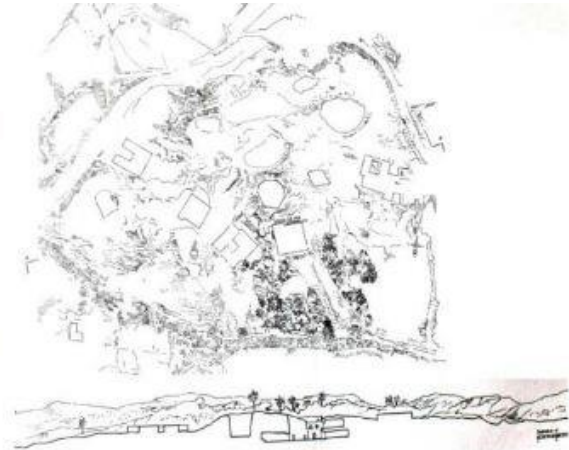


imagen 20: planta y sección zona viviendas

3.1.2.1 Descripción formal y estructural: *matmata*

Las viviendas de matmata se basan sobre la vida comunitaria, cada familia tiene una vivienda con las habitaciones de los miembros alrededor, generalmente de forma irregular de 2 plantas, todas las estancias dan al patio, redondo en la mayoría de los casos, estas construcciones dan la imagen de un pozo excavado, sus profundidades pueden llegar hasta 10 m, las estancias se agrupan sobre un patio central de 6 hasta 8 metros de diámetro, se llega al patio por un túnel bajo tierra de una pendiente ligera, ligeramente girado para evitar las miradas. Para la construcción de una matmata se hacen excavaciones verticales y horizontales, las verticales son para llegar a la cota suficiente, al patio, mientras que las horizontales para establecer una conexión entre las viviendas y sus diferentes niveles de estancia. La cocina y las habitaciones se sitúan en el primer nivel y desembocan siempre al patio, la única apertura de las habitaciones es la puerta por lo que los muros en el interior de las viviendas se blanquean con cal para garantizar la luminosidad. En el segundo nivel se sitúan los graneros, a los cuales se llega por una escalera de madera o cuerda, tienen una apertura superior. Las salas comunes que se usan en verano se sitúan en el norte para protegerse de la radiación solar, mientras las otras estancias se usan en invierno. una vivienda de matmata puede fácilmente tener dos cocinas una interior y otra exterior, para verano e invierno. La vegetación suele estar siempre presente en los patios y también presencia de agua con el fin de aumentar el nivel de humedad en las estancias.

3.1.2.2 Materiales utilizados y construcción

Entre los materiales usados se encuentran la piedra, el adobe y el barro, ayudan a retrasar la llegada del calor a las estancias gracias a su inercia térmica, arena roja y cal blanca para iluminar el interior de las estancias, facilita la reflexión de los rayos solares, sin olvidar el almagre negro, de origen natural, se encuentra en la tierra y en laderas de monte, la denominación más científica hoy en día es óxido de hierro deshidratado, se utilizaba para decorar las bóvedas en el interior de las estancias.

La construcción se empieza por una excavación de patio en vertical, después se excava horizontalmente permitiendo flexibilidad funcional ya que se hacen para la creación de túneles de acceso y de tránsito entre viviendas.

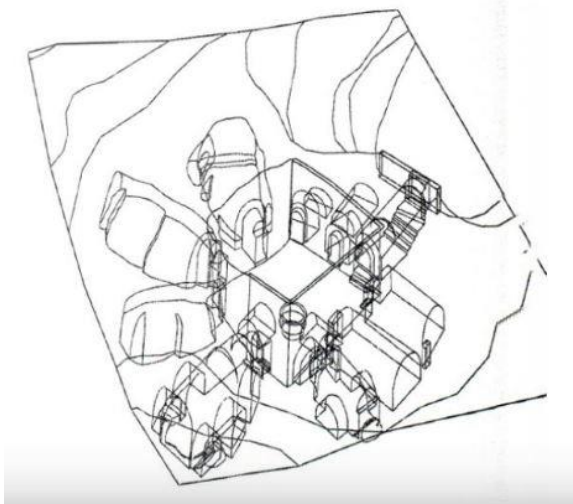


Imagen 21: axonometría tipo de una vivienda de matmata

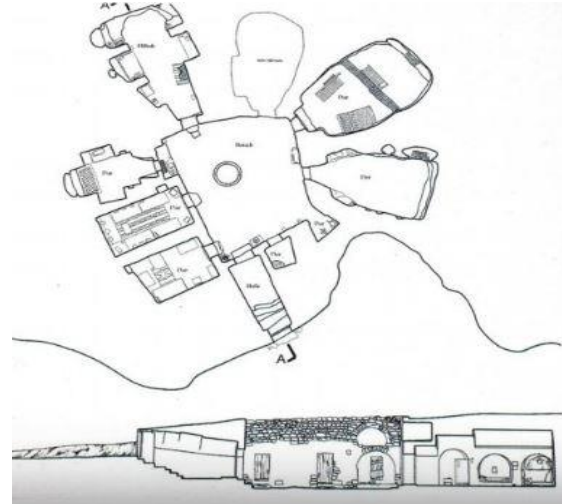


Imagen 22: planta tipo de una vivienda de matmata

La utilización de materiales constructivos con gran inercia térmica es imprescindible en climas desérticos donde la diferencia de temperaturas es grande. Solo existe una apertura al patio y es la puerta, no existen ventanas y suelen cubrirse de tela para la protección contra el calor. Los patios interconectados de algunas agrupaciones de viviendas, de las cuales unas se encuentran a la sombra y otras al sol, lo que facilita las ventilaciones en los túneles interiores. La ventilación de las estancias interiores se hace por unos conductos que sacan el aire del fondo de las salas al exterior. La doble altura de estas construcciones tiene doble propósito: protección frente a intrusismos, por la altura en la que se encuentra el patio y protección térmica, aumentando la superficie de sombra dentro del patio, la cual aumenta la inercia térmica de las estancias.

3.1.3 Arquitectura de piedra: walata

O también conocida como arquitectura de las caravanas, este tipo de arquitectura surge después de la arquitectura nómada, los nómadas viajaban a todos los lugares de África por la única razón que es el comercio. Como consecuencia de este modo de vida, en el desierto no ha tardado la aparición de las ciudades caravanas enclavadas en el oasis o alrededor de las fuentes de agua, es una ciudad que sus habitantes se estiman sobre 3000 personas. Entre las ciudades caravanas más destacadas existe Gao y Tombuctú, seguida de walata, tisisit y wadan.

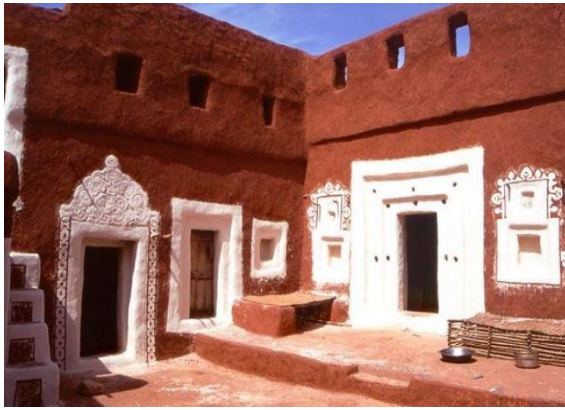


Imagen 23: interior de una vivienda tipo walata



Imagen 24: sistema de ventilación por huecos

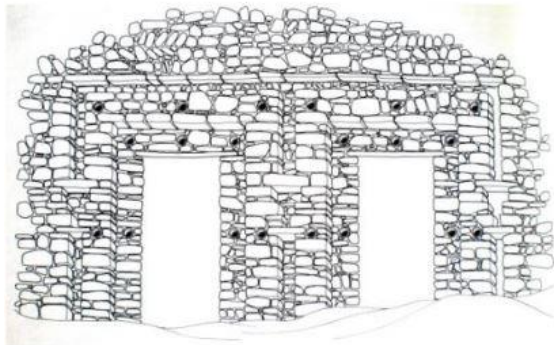


Imagen 24: Muro mampostería de vivienda tipo en ciudades caravaneras

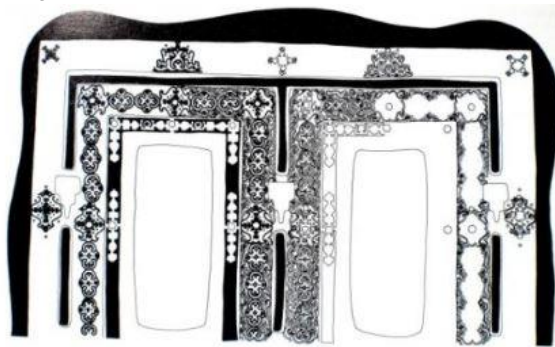


Imagen 25: Decoración tipo de puertas en ciudades caravaneras

3.1.3.1 Descripción formal y estructural: *walata*

La ciudad caravana es una ciudad de vida comunitaria, no jerárquica, semi nómada del desierto del Sahara, una morfología urbana que consiste en calles estrechas, las viviendas se amontonan y se solapan entre ellos de forma compacta, con una superposición de las terrazas, en general son casas individuales de 2 plantas, con o sin patio. las estancias se organizan alrededor de un patio privado, sin vistas al exterior, es una arquitectura típica saharauí musulmana, preserva la intimidad de los habitantes, les permite realizar las tareas al aire libre sin ser vistos, y también permite proteger del rigor del clima. Poco a poco las ciudades caravaneras van llenando de gente, los hombres viajaban para traer la mercancía y las mujeres y los niños se quedaban en las viviendas, por eso primeramente se han levantado murallas para más protección a los habitantes contra los extranjeros y sin duda protección de almacenes ya que era donde se guardaban los productos y también fabricaban las casas de piedra.

3.1.3.2 Materiales utilizados y construcción

Piedras areniscas para la construcción de las fachadas colocadas con mortero de tierra, cagajón (mezcla de desechos orgánicos) o paja corta y agua. Las fábricas de mampostería se completaban con adornos cerámicos empotrados. Barro fabricado con arena del desierto para cubrir los muros de mampostería con un acabado de cal. Almagre rojo, negro o blanco para la decoración de las paredes.

Las fachadas de piedra arenisca tienen un espesor de hasta 80cm en los arranques, sin cimentación, apoyadas unas sobre otras con mortero de tierra, cagajón, paja y agua, formando alvéolos triangulares, o en forma de bandas en espina de pez.

Como lo hemos comentado antes los muros de las viviendas eran cubiertos de barro, y también con arena roja de forma natural resultado de las tormentas, el acabado después se trata con cal y se embellece con almagre de

diferentes colores, con formas de flores y geometrías, también se dibujaba puertas y ventanas ya que no había ninguna apertura en las fachadas, para preservar la intimidad y la privacidad, todo tipo de iluminación se hace por el patio interior privado.

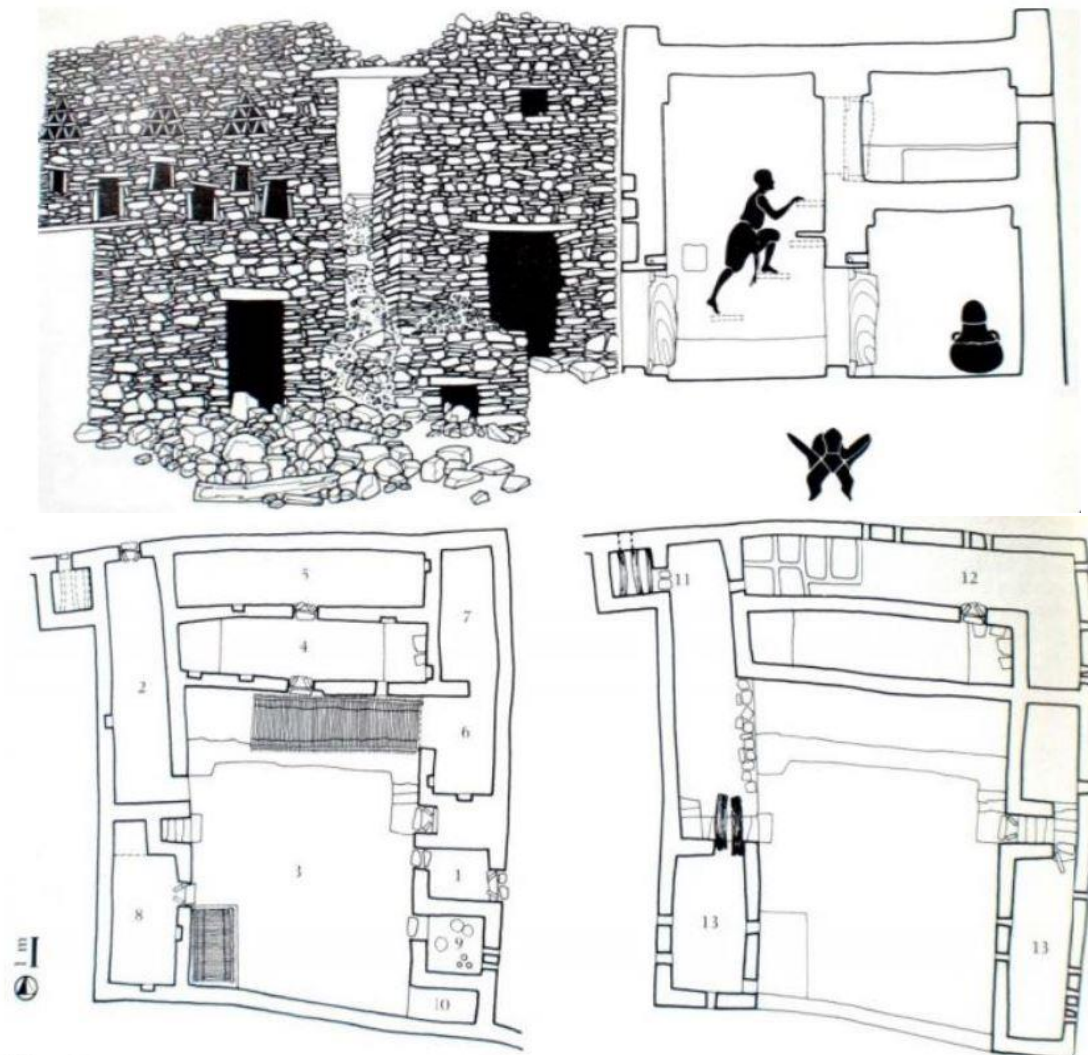


Imagen 26: plantas y alzados tipos de una vivienda en ciudad caravanera.

Esta arquitectura se basa sobre materiales autóctonos, con un diseño que respecta el clima de la zona como son las piedras y el barro ayudan a un funcionamiento mejor en verano como en invierno de la vivienda con su gran inercia térmica, resultado unas viviendas frías en verano y calientes en invierno, aperturas mínimas y controladas, la ventilación de la casa se hace de una forma natural, por los agujeros en la pared exterior de la fábrica de mampostería. Patio para la iluminación natural.

3.1.4 Arquitectura nómada

Generalmente los nómades, son los habitantes del desierto, los nómades siguen la ruta de las ciudades caravanas debido al gran actividad comercial, que instauró rutas desde el Magreb hasta la India. Los bienes materiales de estos nómades se resumen en poca cosa: alfombras, toldos, telas, ollas, teterías, cofre de madera para cosas valiosas y poco más, si olvidar los materiales para las necesidades de los animales. Los animales que transportan los bienes son camellos, asnos, bueyes de carga.

Este tipo de arquitectura es muy funcional, contesta a todas las necesidades básicas, protege del sol, la lluvia, resiste a tormentas de arena, viento, en conclusión, se adapta a los cambios climáticos.



Imagen 27:Desierto del Sahara



Imagen 28:tienda o "jaima"

3.1.4.1 Descripción formal y estructural

los nómades construyen unas tiendas que les llaman "jaima" es una tienda que cambia de diseño de una zona geográfica a otra, realizada con materiales ligeros, para que sea fácil a transportar, tiene una gran versatilidad, normalmente están divididas en dos partes según el sexo, zona de mujeres y otra de hombres, muchas veces se agrupan muchas familias creando una tienda de superficie mayor, pero siempre respetando la división entre mujeres y hombres, la división se hace de forma natural. La entrada siempre esta orientada hacia la Meca, o de otras palabras a la salida del sol.

3.1.4.2 Materiales utilizados y construcción

Los materiales varían dependiendo de los recursos y materiales existentes, normalmente emplean pieles de animales, cabra o camello, secado al sol y cosido para poder formar grandes superficies, cuerdas, palos, y en algunos casos también materiales vegetales como ramas ligeras o hojas de palmeras.

El proceso de construcción de una "jaima" es muy básico, con pieles de animales secados y cocidos se atan con palos y cuerdas y se fijan al suelo, otra opción sería utilizar los materiales vegetales citados en el apartado anterior como segunda alternativa para los textiles. La tienda suele ser de una superficie grande para resistir al viento y a las tormentas. la arquitectura textil construye el techo y el muro del fondo de la "jaima".

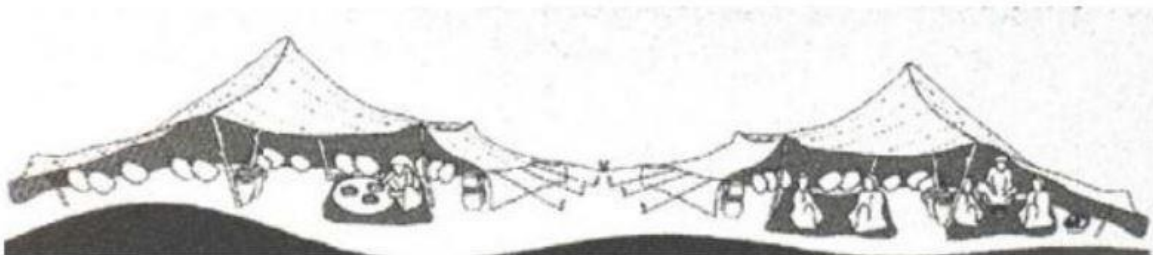


Imagen 29: planta y sección de una jaima

El objetivo principal de estas tiendas es protegerse del clima. El uso de tejidos de animales ofrece una gran permeabilidad y también protege del sol, la ventilación la conseguimos por la transpiración de estos tejidos. En invierno estas tiendas se cierran totalmente para protegerse del frío, en cambio en verano se levantan las telas de los muros laterales para conseguir corrientes de aire. En conclusión, la estrategia de estas "jaimas" es buscar el confort y la sombra por medio de los tejidos.

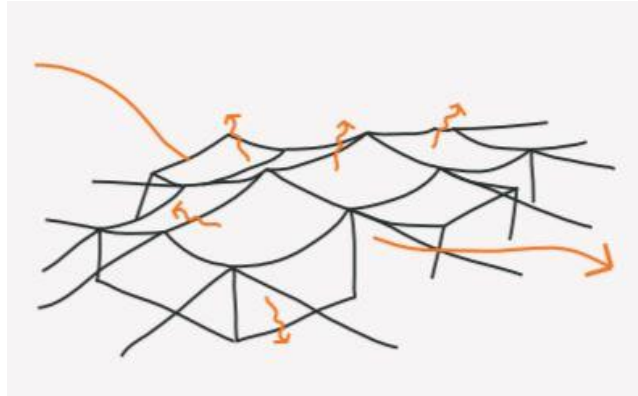


Imagen 30: funcionamiento bioclimático

3.2- Clima mediterráneo

En África del norte encontramos este tipo de clima en 3 países Marruecos, Argelia y Túnez. El hombre mediterráneo le gusta vivir al aire libre y por otro lado busca la intimidad dentro de sus casas, siente la necesidad de espacios abiertos, porque el clima lo permite, esta forma de vivir condiciona las tipologías de las casas mediterráneas.

En este apartado vamos a observar que las casas mediterráneas siempre son abiertas, con espacios libres, jardines y patios. La población del mediterráneo le gusta la vida en comunidad, la mayor parte vive en hábitats agrupadas. Se encuentra dos tipos diferentes de pueblos: compactos, medianamente densos, con variante morfológica o pueblos que se manifiestan en viviendas aisladas, el segundo tipo se encuentra más en la zona de África del norte.

En este clima podemos catalogar tres grandes grupos por el estilo de habitar y por el grado de especialización de los espacios:

- Casa elemental
- Casa compacta
- Casa compuesta

3.2.1 Casa elemental:

3.2.1.1 Descripción formal y estructural

Este tipo de casas generalmente son de planta rectangular de un solo piso, favorecen la relación del hombre con el espacio libre, a nivel de especialización de espacios es muy débil, tiene todo mezclado, habitantes, almacenes de agrícola, animales...no tiene una clara distribución de espacios. Se desarrolla en su mayor parte en el exterior, se le puede llamar también casa "primitiva", muchas de ellas tienen dificultades para desarrollarse y evolucionar debido a su forma y su sistema constructivo. Perdura en el tiempo sin grandes modificaciones, por eso no evoluciona y acaba por extinguirse. Sus fachadas en general son ciegas sin grandes aberturas, su cubierta puede ser de una o dos aguas, algunas veces plana o con bóvedas, en muchos casos de cañón. Podemos encontrar muchas tipologías, aspectos semejantes, por la manera de entender el acto de habitar, ofrece diversas soluciones: patio, era jardín, presentan muchas formas para habitar el espacio exterior. Puede construirse con tierra o de piedra, dependiendo de los materiales de la zona.

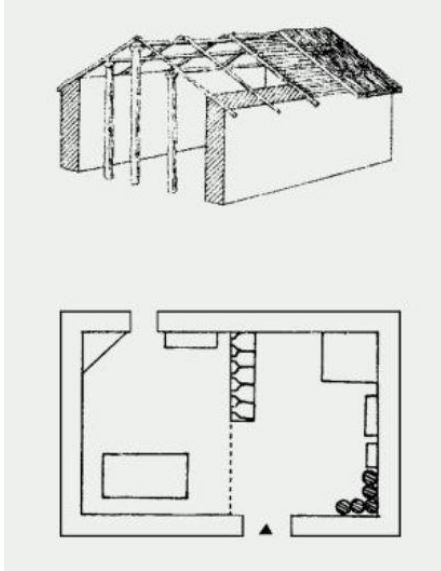


Imagen 31: planta y alzado casa elemental en la región de Ouarsenis , Argelia.



Imagen 32: foto exterior casa elemental en la región de Ouarsenis , Argelia.

3.2.2 Casa compacta:

3.2.2.1 Descripción formal y estructural

Esta tipología al contrario de la casa elemental tiene una distribución y especialización de espacios clara, estancias para vivienda y otros para la economía productiva, representa el grupo más numeroso de esta región. Puede ser una planta rectangular, o plantas muy irregulares dependiendo de cómo crece, también se ajusta al terreno y a su topografía, suele ser planta baja más una o dos plantas bien organizadas. La superficie de la casa compacta es más importante en comparación a la casa elemental, evoluciona a lo largo del tiempo y lleva añadiendo una especie de desvanes o estancias habitables, también espacios para las actividades productivas. Su crecimiento puede afectar la planta como el volumen. Sus fachadas pueden tener muchas formas, ciegas sin composición hasta otras generosas en aperturas y muy bien cuidadas. La cubierta, dependiendo de la zona, puede ser plana en la región donde hay escasez de lluvia o inclinadas, ligeramente inclinadas.



Imagen 33: foto exterior casa compacta

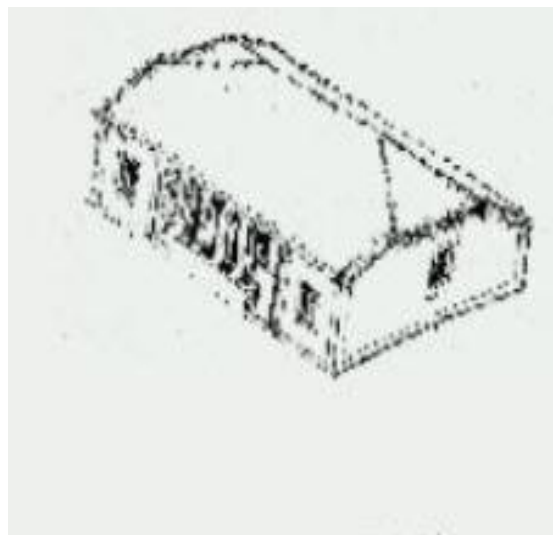


Imagen 34: croquis volumetría casa compacta



Imagen 35: fachada casa compacta

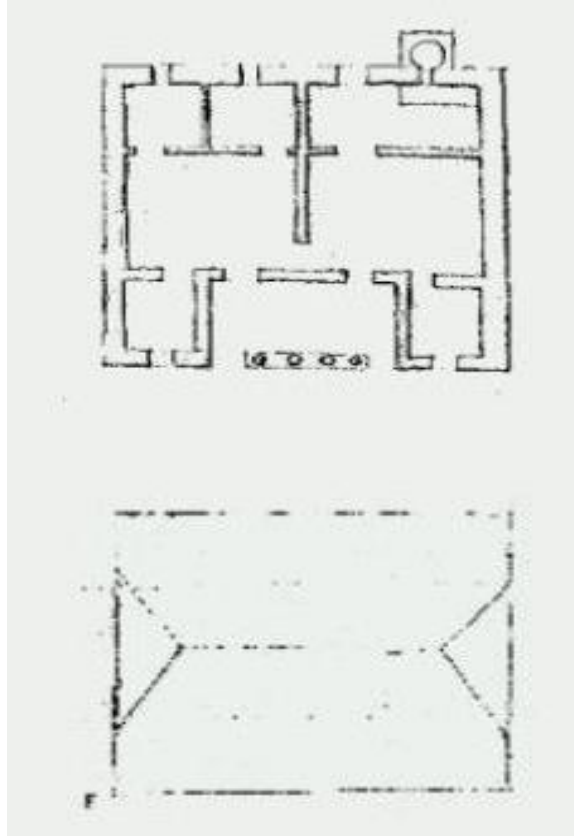


Imagen 36: planta casa compacta

3.2.3 Casa compuesta

3.2.3.1 Descripción formal y estructural

También llamada casa compleja está construida por muchos edificios pueden ser medianeros o separados, de forma alineada o radial, cada cuerpo responde a un uso bien especificado y definido, la casa adquiere una jerarquía formal sobre los otros cuerpos, va creciendo hacia una neta singularización. Al contrario de los otros ejemplos donde la casa se entendía de manera acabadas, la casa compuesta puede ir agregando e incorporando más edificios a una condición que las actividades productivas crecen. Estas actividades en este tipo de casas son muy especializadas, unos verdaderos complejos productivos destinadas en la mayoría de casos a aceite y vinos, por lo cual necesitan una arquitectura específica que corresponde a cada ocupación y cada necesidad. Generalmente son unas casas bastante complejas en nivel de planta y muy densas en nivel de ocupación, el diseño necesita tener en cuenta la topografía del terreno, la superficie que ocupan las explotaciones, el suelo productivo, etc.



Imagen 37: foto exterior casa compuesta en -Maruecos

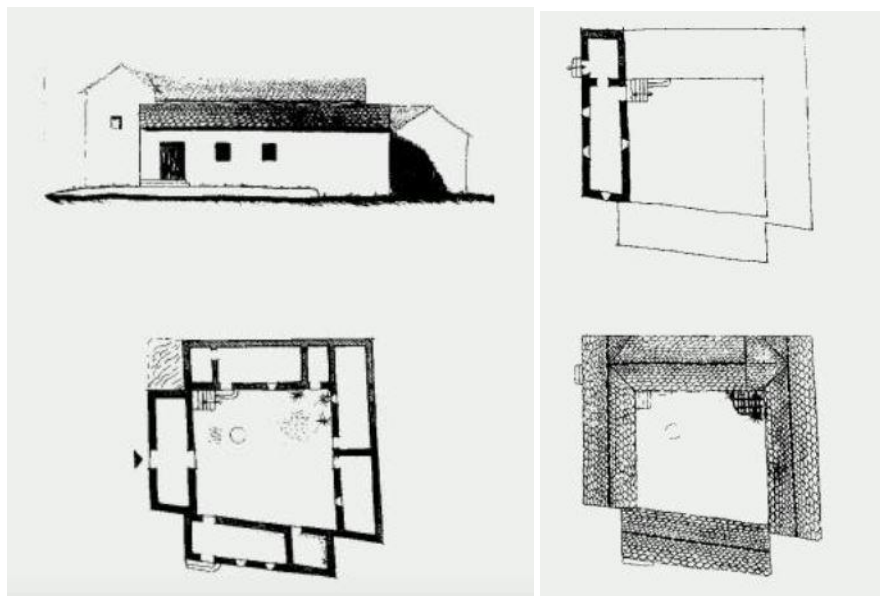


Imagen 38: plantas y alzados de una casa compuesta en Ait lakova-marruecos.

3.2.4 Casa mediterránea: casa patio

3.2.4.1 Descripción formal y estructural

La casa mediterránea se define en dos espacios: espacio construido y otro vivido (al aire libre). Este espacio libre puede existir de dos formas, un espacio muy presente, fuerte, como es el caso de casas patio, con era o jardín, con cerramientos más o menos importantes, a veces menos materializado o puede existir de manera muy sutil una extensión al espacio exterior cercano, sin materialidad ni perímetro, que se define con masas vegetales, colocación de bancos igual poniendo una tierra más compacta.

Hemos hablado de patio, era y jardín porque son tres formas que han estrenado la tipología de las casas mediterráneas, esta transición de interior-exterior, relacionar la arquitectura construida bajo techo con el espacio libre que también forma parte de la casa, los habitantes del mediterráneo lo han conseguido por excelencia.

Arquitectura siempre viva y rica en sus cualidades, se puede decir que el patio es el corazón de la casa mediterránea, un espacio activo, lleno de vida en el cual se desarrollan diversas actividades, un lugar donde se reúnen las familias, un espacio de juego, sala de estar de comer también donde se realizan diferentes tareas domésticas, con solo una entrada en la fachada, puede repetirse en función de la complejidad de la casa.



Imagen 39: foto exterior de casa patio Xuan, Marruecos.

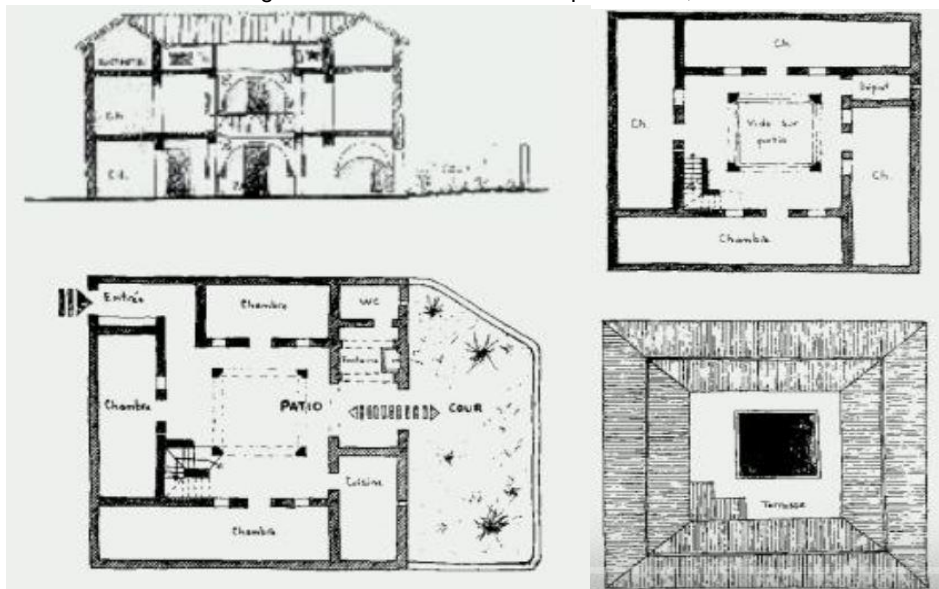


Imagen 40: plantas y alzados Casa patio en Xuaen -Marruecos-



Imagen 50: foto exterior de de la Kasbah de Argel -Marruecos.

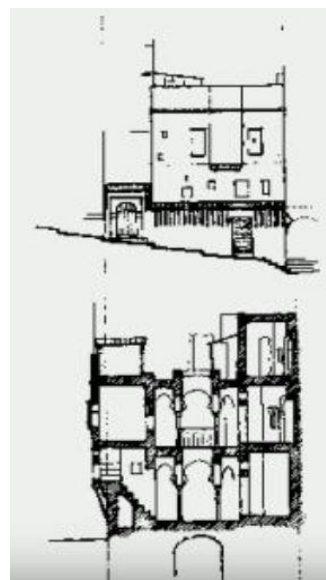


Imagen 51: sección y alzado de la Kasbah de Argel-Marruecos.

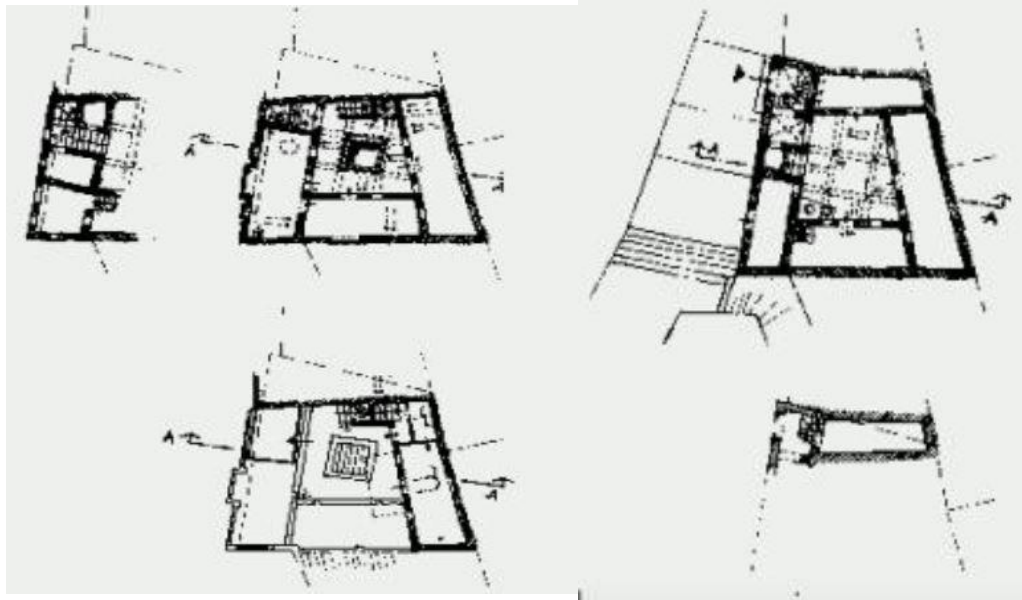


Imagen 52: plantas la Kasbah de Argel-Marruecos.

3.2.5 Materiales utilizados y construcción en el clima mediterráneo

En cuanto a la materialidad se adoptan materiales locales, sobre todo la piedra que la encontramos presente en 60% de las tipologías conservadas de esta zona, en ciertas zonas con la ausencia de otros materiales, la piedra es el elemento exclusivo de construcción de los muros, cubiertas y elementos horizontales. En cuanto a la tierra sin otro tratamiento de adosado 10%, el adobe y ladrillos se encuentran en casi 30% de la tipología, se identifican más en las cubiertas planas, muros y algunas otras estructuras. Las soluciones compuestas como piedra/tierra o piedra/ladrillo son menos usuales con un porcentaje de 8%, en cuantos a los materiales vegetales como la paja o rastrojo como elemento fundamental de construcción aparece a penas 5%de las tipologías.

La estructura en general es de luces cortas, con envigados horizontales con vigas de madera que apoyan sobre los muros, en el espacio entrevigado se adoptan diferentes soluciones, en general las bóvedas en los techos de planta baja, los materiales que se intervienen en construir las son la piedra, ladrillo y el amorteroado lleno de áridos, otra solución será los arcos diafragma que son muy utilizados porque permiten construir espacios grandes con luces corta, por ejemplo en construcciones agrícolas, ellos mismos hacen elementos sustentante. En la zona del Magreb se encuentra a menudo la solución espacial de tipo hipóstilo, que significa que se puede llegar a luces grandes con buenos bosques, buena madera, con una cubierta de tierra apisonada.

Las cubiertas pueden ser planas, dos aguas, la común es la inclinada de teja y a dos aguas con un porcentaje de 56%. la inclinada de tierra representa un porcentaje de 16%, de los cuales 3% es de paja y cubierta plana 38%, 22% cubierta plana de tierra, 12% con acabado de cal y 4% de pavimento o baldosas. Las cubiertas planas se construyen con un envigado horizontal, en cambio las inclinadas con vigas apoyadas sobre los dos muros sustentantes si es de una vertiente o sobre un muro y una viga maestra si es de dos vertientes. El material más utilizado es la teja cerámica, o también en la zona de montañas podemos encontrar piedra.

En cuanto a los revestimientos exteriores la gran mayoría 75% de las casas, utilizan un revestimiento, puede que cubre solo la fachada principal, la más expuesta a la lluvia y al viento, en otros casos puede cubrir toda la casa hasta la cubierta, en caso de emplear revestimientos ligeros como el enlacado. Generalmente lo más utilizado es el mortero a base de cal o también mortero a base de yeso y de tierra. Respeto al revestimiento de interiores se repiten los mismos materiales que en el exterior, en cambio hay que añadir la utilización de la cerámica para los pavimentos y los azulejos sobre los muros.

3.3- Clima frío

El clima frío en África del norte se encuentra en la zona montañosa del Atlas de Marruecos, se destaca por su riqueza natural, contiene el bosque de cedros más grande de Marruecos. El país queda dividido en dos zonas por las montañas del Atlas que lo atraviesan desde el suroeste al noroeste, cordillera que supera 4000m en algunas zonas.

En cuanto a las tipologías existe una gran semejanza con el sur de Marruecos, el Sahara, que hemos estudiado antes.



Imagen 35: foto de las montañas del Atlas-Marruecos.



Imagen 36: casad de tierra en el Atlas-Marruecos

3.3.1 Ksur/ tighremt/kasbah

3.3.1.1 Descripción formal y estructural (visto en apartado 3.1.1.1)

Las tipologías del Atlas presentan una gran semejanza con las tipologías del Sahara. Destacamos los *Ksur, tighremt* (estudiados en el apartado anterior) la diferencia principal entre estas dos zonas se manifiesta en los materiales utilizados en la construcción, las dos grandes diferencias destacadas son: en el Atlas utilizan a menudo la madera de cedro para la ejecución de los pilares, mientras que en el Sahara utilizan el adobo por falta de madera resistente a compresión (palmeras), la segunda diferencia es en algunas construcciones utilizan muro de piedra trasdosado en muro de tapial, para protegerlo de la acción meteorológica agresiva. Otra diferencia a nivel de diseño en comparación con los ksur del sur de Marruecos, en el Atlas carecen de plaza, en la cual normalmente se reúnen los habitantes para celebraciones o intercambiar productos, cumpliendo sus funciones el espacio que se genera tras la puerta de entrada o frente a ella.

Planos Ksur.

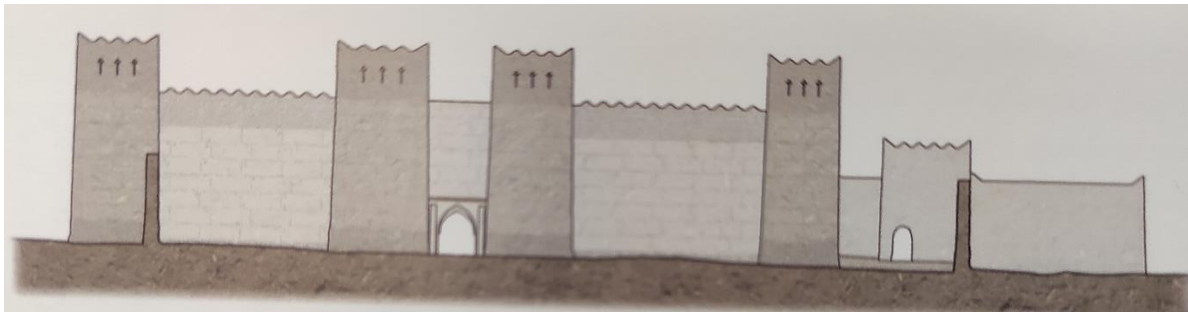


Imagen 37: alzado de kser Smoura.

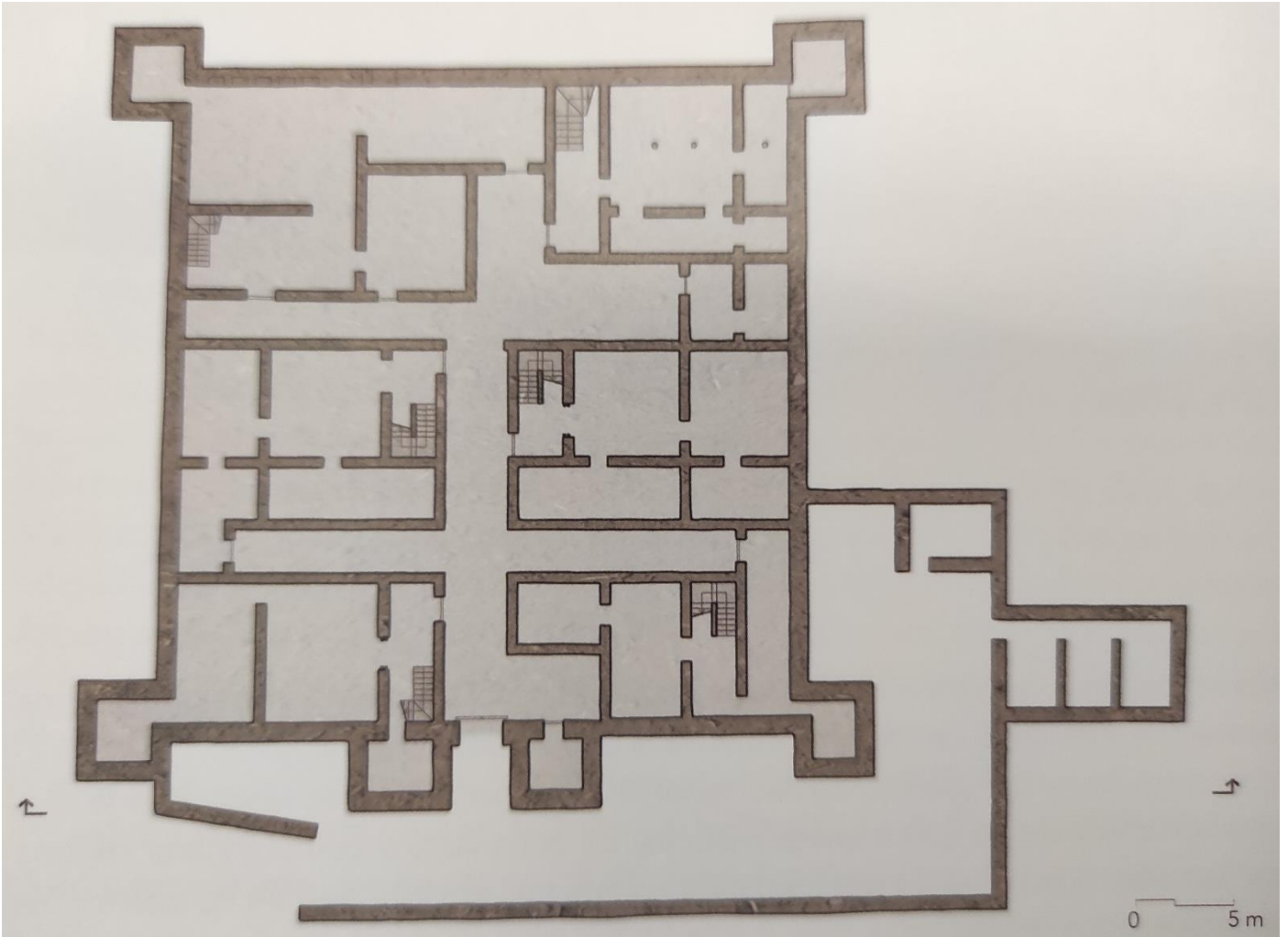


Imagen 38: planta kser Smoura

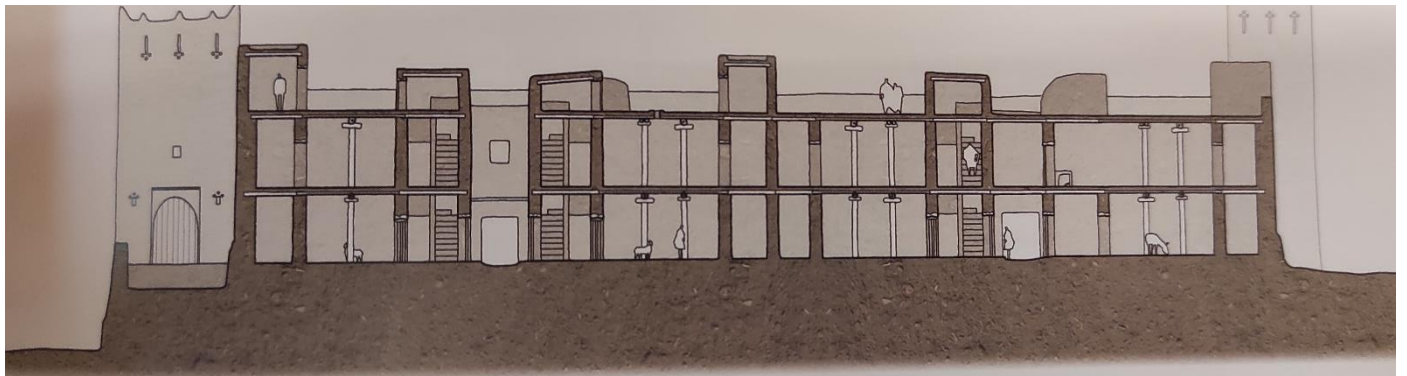


Imagen 39: Sección ksar Tabenaatout

Planos tighremt:

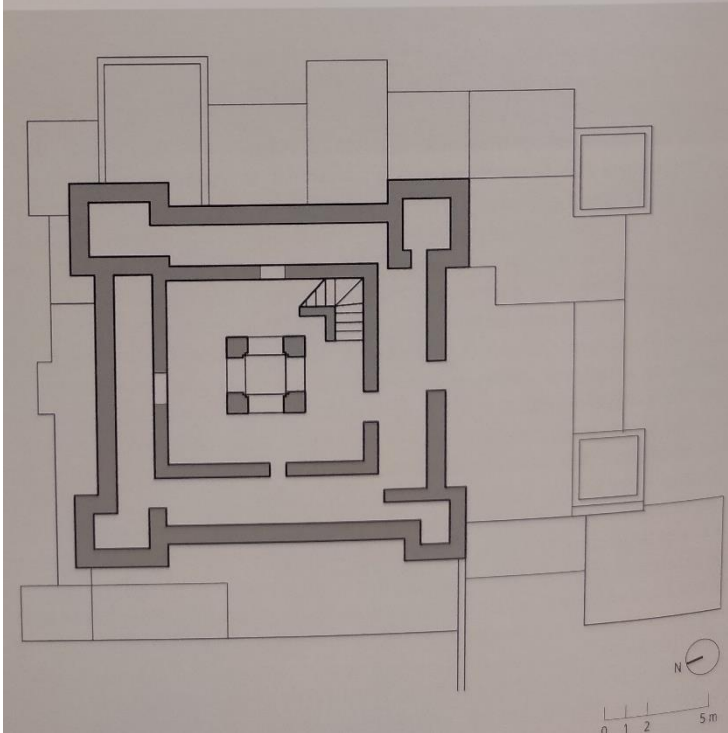


Imagen 40: Planta y croquis de tighremt de Sidi Maati

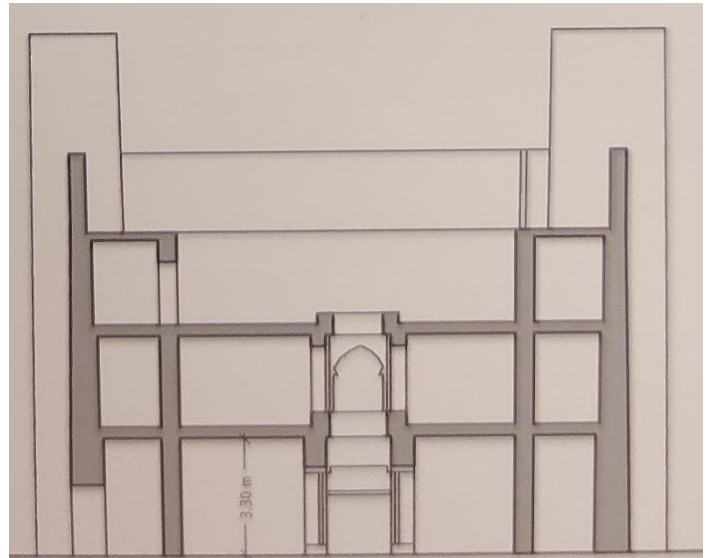


Imagen 41: sección de tighremt de Sidi Maati-Marruecos

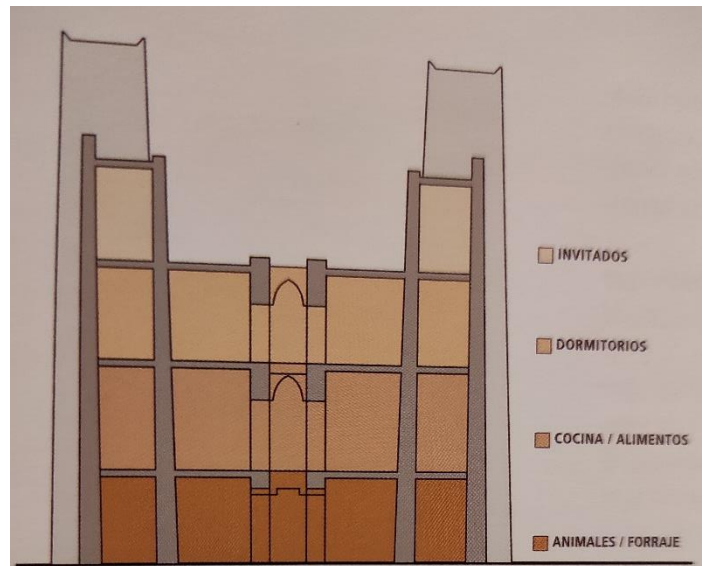


Imagen 44: Sección tipo de una tighremt con indicación de usos

planos kasbah

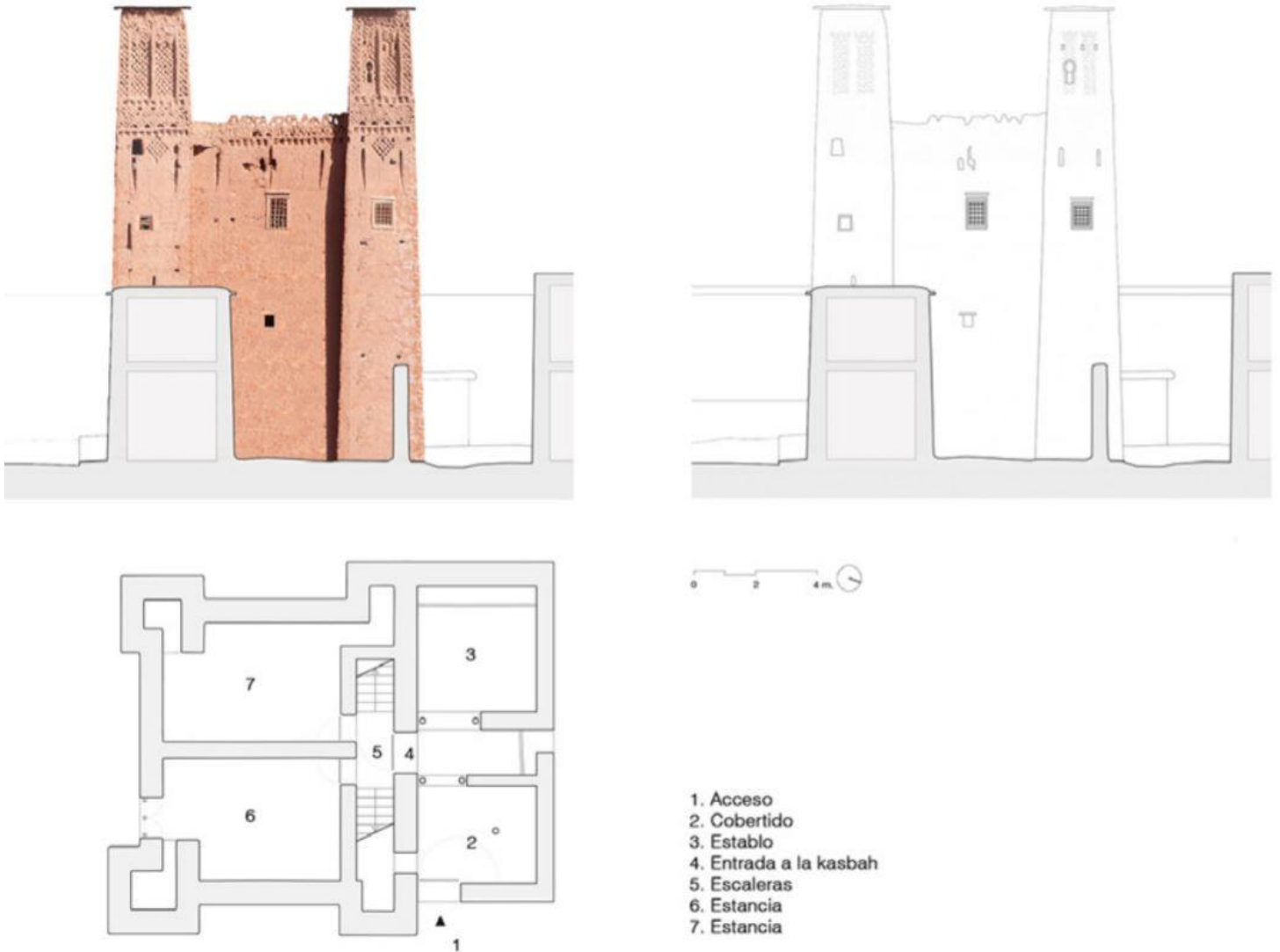


Imagen 45: planta y alzados de kasbah Ait Aicha-Marruecos

3.3.2 Dar

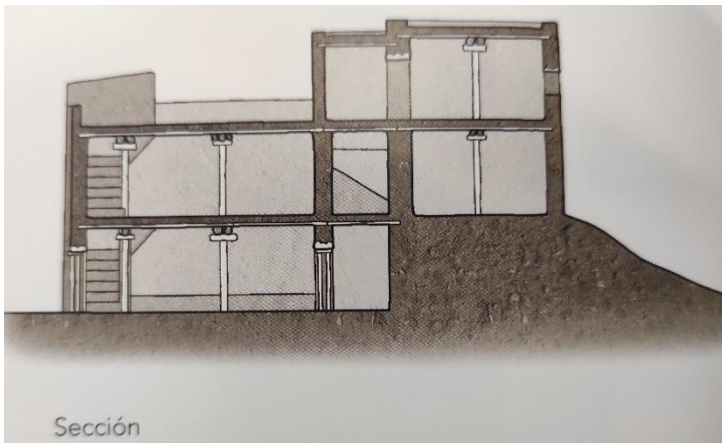
3.3.2.1 Descripción formal y estructural

Podemos hablar de otra tipología que es *Dar* que son unas viviendas que se repiten con un patrón más o menos común, son casi todos iguales, de planta cuadrada, se organizan sobre un patio, alrededor existen dos habitaciones alargadas, como pasillos. Generalmente la vivienda tiene una sola fachada, porque las viviendas se lindan entre sí, dejando solo una fachada libre, es donde se coloca la entrada en unos casos también pequeñas aberturas que dejan ver el exterior desde el interior, las habitaciones tienen un tamaño de 2.5m/3m de anchura, y de 6m hasta 15m de largo, una altura considerable de 2.5m/3m, estas habitaciones en general tienen una sola

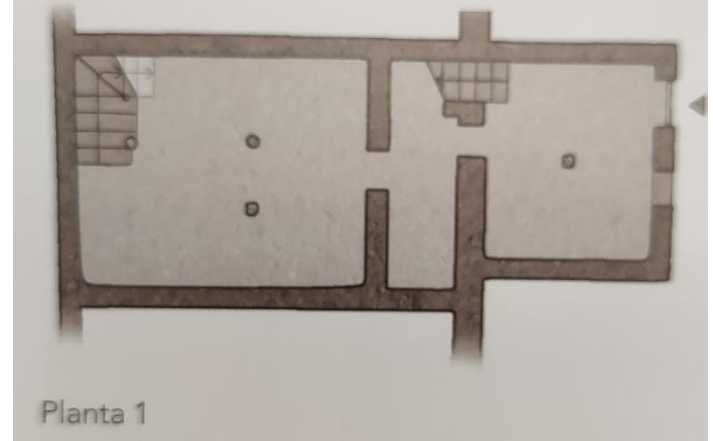
abertura que es la puerta ubicada en la fachada que da al patio y en pocos casos unas ventanas pequeñas en la fachada.

En verano, los meses son muy calurosos, pero dentro de la casa se conserva una temperatura agradable, dejan abiertas las puertas que dan al patio, con ese modo consigue la entrada del aire más iluminación, la altura de las habitaciones ayuda a mantener el frescor dentro de la casa. En invierno, al contrario, los meses son muy fríos, por eso casi todas las habitaciones tienen chimenea, pero al cerrar las puertas y ventanas, concluye una escasez de ventilación incluso iluminación, entonces los habitantes tienen que decidir entre dejar las puertas abiertas con el frío exterior y tener luz natural o mantener el calor cerrándolas.

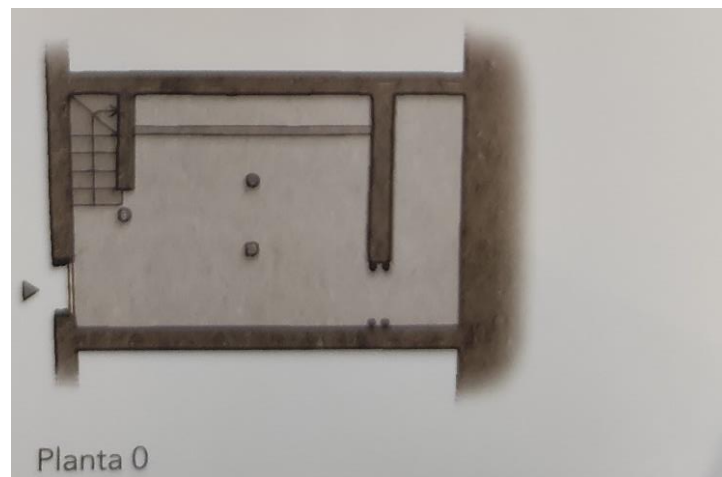
Planos Dar



Planta 2



Planta 1



Planta 0

Imagen 46: Vivienda con ampliación ,plantas y sección.

3.3.3 Materiales utilizados y construcción en el clima frío

Respecto a los materiales y la construcción, se utilizan los recursos naturales existentes en la zona, como hemos señalado antes, el Atlas es una zona muy rica en cuanto a bosques, lo que implica un gran uso de la madera de cedro de la montaña resistente a compresión en las soluciones constructivas.

El sistema constructivo en general es la tapia de tierra cruda y el adobe. Normalmente se utilizan los siguientes materiales: tierra, piedra, madera, paja, cañas y esparto.

La tierra, se considera la base de estas tipologías, se usa en la construcción de los elementos verticales y también para rellenar los elementos horizontales. La tierra usada se somete a una serie de análisis para

asegurarse de su buena calidad, se eliminan los materiales raros y las gravas gruesas, con el fin de prevenir restos vegetales que pueden afectar la durabilidad y resistencia de los muros de tapia.

Otro material importante es la piedra que se utiliza en la construcción normalmente se encuentra en los bordes de los ríos, los mampuestos de piedra se emplean generalmente en los arranques de los muros de tapia, en la cimentación, trasdosados y en poco caso sobre los dinteles de madera.

El uso de la piedra en la cimentación tiene 3 objetivos: proteger la base del muro de tapia por las acciones de lluvia y agua, disponer de una base firme para la construcción del muro de tapia y finalmente facilitar la ventilación del muro y evitar la aparición de humedades por capilaridad.

Otro uso de piedra es en la ejecución de muros de piedra trasdosados al muro de tapia, para defenderse de las acciones meteorológicas agresivas, este tipo de muros trasdosados se encuentra en el norte y oeste donde el clima es más agresivo, también encontramos este material el dentro del muro de la tapia, en los huecos, encima de los dinteles de madera, trabajando como arco de descarga para el hueco.

En cuanto a la madera, se usa madera de cedro, como estamos en una zona montañosa, se emplea en la ejecución de forjados, pilares y carpintería en general. Se caracteriza por su alta resistencia a flexión (vigas, viguetas) y a compresión (pilares), también conocida por su durabilidad.

La paja es un material necesario en estas construcciones, se utiliza como un aditivo, se mezcla con la tierra y, para conseguir pasta que nos sirve como un revestimiento de muros y cubiertas o para la construcción de adobes. La utilización de paja nos aporta una resistencia y una mejor consistencia que evita una rotura en los adobes también mejora su aislamiento térmico, y como revestimiento conseguimos una protección para los muros de tapia y de cubiertas, esta pasta se aplica en unas capas de espesores diferentes de 2cm a 4cm.

El esparto se emplea como un encofrado en la construcción de los forjados, para atar los elementos que forman la estructura del forjado, y también para proteger la cara superior de los muros a lo largo del proceso de construcción. Normalmente se encuentra en los forjados de madera, por su gran talla, la tierra de la capa de compresión puede ser capaz de pasar entre los espacios del entrevigado, mientras en los forjados rematados con cañizo este material o se emplea.

Las cañas se usan en la construcción de los forjados, se colocan sobre las viguetas o rollizos de madera, actualmente este material es muy usado, sobre todo en reparaciones, por su barato precio, reemplazando las lajas maderas que eran de entrevigado.

4.MATERIALES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS AUTÓCTONOS

4.1 Descripción materiales autóctonos

Como hemos visto en los apartados anteriores, depende de cada clima y cada zona utilizamos un material o otro, la construcción de cada tipología implica el uso de un material que existe en su entorno, la existencia de este material en la región es lo que determina el sistema constructivo más adelante. Desde hace siglos, dependiendo de cada cultura y historia de cada país, la tierra ha llegado ser el material más utilizado universalmente, 50% de la población vive en casas de tierra, gran porcentaje de las construcciones en norte de África están determinadas por la arquitectura de tierra.

En este apartado vamos a estudiar los materiales más empleados en la ejecución de las tipologías del norte de África (analizados en el apartado anterior), destacamos: tierra, piedra, madera y paja.

4.1.1 La tierra



Imagen 47: muro de tierra



Imagen 48: conjunto de edificios ejecutados con tierra-Marruecos.

Desde hace décadas hasta la actualidad donde ha surgido la arquitectura sostenible y ecológica, la tierra sigue siendo el mejor material, propone diversas posibilidades de construcción por ser un material accesible, barato y debido a sus excelentes características por ejemplo :confort térmico y acústico, la abundancia y omnipresencia en el medio más próximo, resistencia al viento, fácil puesta en obra sin necesidad de muchas herramientas...la tierra es un material suelto sólido, de variable espesor, resultado de una descomposición física y química de la roca madre su mezcla con materiales orgánicos más adelante, se compone por grava,arena,limo y arcilla, cada uno de estos materiales aportan propiedades al resultado final.

La grava aporta la resistencia, no sufre al mezclarlo con agua, la arena también es un componente inerte, reduce la retracción del secado atenuando la adherencia al molde, el limo aumenta la cohesión cuando la mezcla es húmeda y por fin la arcilla aumenta su volumen al mezclarla con agua, su evaporación genera un endurecimiento y solidificación, condiciona la impermeabilidad igual que el limo. Su composición ideal será: 0-15% Grava, 40-45%Arena, 20-25% Limos, 15-25% Arcilla.

Con la utilización de la tierra en nuestras construcciones estamos consiguiendo la sostenibilidad, unos proyectos en armonía con el ambiente y el clima, un material eficiente energéticamente, alcanza mejores condiciones interiores de confort sin la necesidad de sistemas de climatización artificiales, conserva los recursos naturales, bajo coeficiente de transmisión térmica lo hace térmicamente aislante, inercia térmica lo hace propio por ser utilizado en diferentes condiciones climáticas, etc.

Las técnicas más conocidas de la arquitectura de tierra en el Norte de África son el tapial y el adobe, vamos a estudiar estas técnicas constructivas detalladas en el apartado 4.2

4.1.2 La piedra



Imagen 49: edificaciones con piedra -Argelia



Imagen 50: muro de piedra con mortero de tierra

Podemos encontrar este material empleado en las construcciones del clima frío y mediterráneo, este material está utilizado desde hace décadas, por sus características y cualidades, que hace de ella un excelente material, conocido por su resistencia y durabilidad, su vida útil es más larga que la madera o el adobe, se puede tener de origen mineral que son sustancias homogéneas o de roca que son una mezcla de diferentes materiales. La piedra cuenta como un buen aislante térmico, y puede bajar las oscilaciones térmicas dentro de la casa.

En las zonas montañosas, donde las condiciones climatológicas son extremas, nieve, muchas precipitaciones, las fachadas exteriores de las viviendas se ejecutan con muros de piedra, también es muy presente en las cimentaciones y los arranques de muros de tapia, La piedra se utiliza más a menudo en los elementos verticales, los muros de piedra más destacados son los muros de mampostería con mortero de tierra o cal, también existe la construcción de muro de piedra en seco. La desventaja de la ejecución de muros con piedra es las acciones sísmicas y los movimientos descontrolados del agua. Por capilaridad el agua sube el muro por la base, separa los aglutinantes, tierra o cal, y de este modo destruye morteros y juntas, lo que provoca inestabilidad de la mampostería y acaba arruinando el muro.

Las herramientas utilizables para una construcción con piedra son simples y comunes: casi siempre con solo las manos, paletas para el mortero y herramientas de percusión para retocar las mamposterías.

4.1.3 La madera



Imagen 51: calle típica de kser,estructurs de madera



Imagen 52 y 53: forjados con estructura de madera

La madera siempre tenía una importancia y jugó un papel importante en la civilización y en la historia de la humanidad, a lo largo del tiempo las características estructurales o estéticas excepcionales de la madera han asegurado su uso continuo en diferentes ambitos.La madera es un material renovable produce efectos medioambientales positivos tanto en nuestro clima como en la seguridad y salubridad de los edificios donde la incorporamos, algunas características y ventajas de este material son: su excelente aislante térmico, por lo que reduce el consumo energético, absorbe las ondas acústicas entonces genera un mejor confort acústico dentro de la vivienda, regulariza la humedad del medio interior, material biodegradable, resistente en tracción y compresión, proporciona una sensación de confort dentro de las viviendas,etc.

La madera tiene dos usos bien diferenciados: estructural o de carpintería , dependiendo de las zonas donde estemos y de la calidad de la madera en esta región, por ejemplo en la zona montañosa fría del atlas, ahí encontramos una madera estructural resistente a compresión como a tracción debido la existencia de bosques de cedro, mientras en la zona desértica del Sahara la madera que existe en esa región proviene de las palmeras, el tamarisco y el álamo, entonces el uso estructural se limita en la construcción de vigas o viguetas para la ejecución del forjado y la cubierta. También se utiliza en la construcción de huecos de ventanas y puertas y de sus carpinterías, también se emplea en los huecos de las ventanas formando celosía que refine la entrada de luz y la visión desde el exterior. Por lo que estructuralmente, se puede usar en elementos horizontales como verticales, compresión en pilares y flexión en vigas y viguetas.

4.1.4 La paja



Imagen 54: construcción con paja



Imagen 56: mortera de paja y tierra

La paja es una de los materiales más antiguos utilizados en la construcción, es un material ecológico, sostenible, biodegradable y saludable, proviene de la naturaleza del desecho de cultivo de cereal, poco gasto energético para su obtención puede formar parte de, muros, cubiertas, suelos dependiendo del sistema constructivo utilizado, tiene una propiedades térmicas y acusticas, idóneo como uso de aislamiento térmico, también utilizado como aislante acústico, hoy en día es un material muy empleado en la bioconstrucción, gracias a sus propiedades naturales la paja es regulador de humedad también transpirable, por eso obtenemos unas estancias con ambientes agradables.

En las casas de África del norte, a menudo encontramos este material mezclado con la tierra y se emplea como aditivo para la construcción de adobes, también en casi todas las construcciones de tierra esta pasta procedente de la mezcla se usa como revestimiento de muros y cubiertas, con un espesor de 2cm a 4cm, protege los muros de las acciones climáticas también mejora la consistencia evitando que se rompen.

4.2 Descripción sistemas constructivos.

4.2.1 La tapia

4.2.1.1 Definición del sistema

La tapia es una de las técnicas más conocidas en la construcción, especialmente en los países de África del norte, esta técnica va desarrollando y pasando de una generación a otra desde hace siglos, se hace a base de bloques de tierra puede ser húmeda, seca o amasada para la construcción de paredes o muros, esta tierra se compacta dentro de un encofrado de madera que llamamos tapial, la pared formada de tapias. La palabra tapial puede definir el molde o el encofrado, pero también se refiere al sistema constructivo, palabra que se derive del árabe "tabia", su origen viene del próximo oriente y se ha extendido por el mediterráneo occidental.

En África del norte es una técnica tradicional para la construcción de fábricas, y se caracteriza por la utilización de materiales del mismo entorno de la construcción. Como cada otra técnica tiene que satisfacer las necesidades, las exigencias y los requisitos que debe hacer frente una fábrica ejecutada con ella. En conclusión, la tapia como se define en el libro *Arquitectura de la tierra en Marruecos:* la tapia se obtiene a partir de la compactación mediante la acción de un pisón(merkez)de las tierras vertidas por tongas dentro de un encofrado denominado tapial, y se emplea tanto en los muros exteriores del Ksar como en los muros y particiones interiores

4.2.1.2 Materiales empleado y su preparación

Dependiendo de la zona en la cual nos encontramos, la composición de los tapias se diferencia, podemos encontrar tapias que emplean solo la arena o arcillas mezcladas con algún tipo de fibras y aglomerantes como cemento o cal. En nuestra zona generalmente la ejecución del tapial se basa sobre el empleo de tierra seca compacta, o húmeda compacta. También se puede encontrar 2 diferentes opciones dentro de esta construcción que son: 1- tierra apisonada o barro, 2- mortero de cal y arena. Vamos a estudiar el primer caso que es el más utilizado en la región que estamos estudiando.

Para dar más plasticidad a la tierra con la cual vamos a ejecutar el muro de tapial, se le añade agua en grandes dosis, lo que nos obliga a añadir fibras vegetales como paja, cebada, trigo, centeno... para impedir la aparición de grietas en el secado.

La tierra para este tipo de construcción debe tener un contenido de arcillas y limos con un porcentaje entre 30% y 60%. El tapial de tierra consolidada es el que se ejecuta sin ninguna mezcla, se hace con solo tierra y poca agua prensándola eficazmente.

La tierra para este proceso la aportamos por las zonas cercanas mediante la excavación de un pozo o zanja. Las tierras deben ser húmedas y arcillosas, tradicionalmente se hacía una prueba in situ, básica que es comprimiendo la tierra entre las manos en forma de pella, si esta pella no se desmenuza al rodear eso quiere decir que es consistente y sirve para la construcción, si no es el caso se puede arreglar la consistencia añadiendo paja.

4.2.1.3 Proceso constructivo

1. Encofrados y herramientas

1.1- Encofrados

Tradicionalmente los encofrados consisten en dos tablas de madera horizontales laterales, entre 2cm hasta 4cm de espesor, con refuerzos en forma de costillas verticales, más dos tableros verticales de fondo, que encajan en los tableros horizontales, su espesor varía dependiendo del muro adosado, dos o tres travesaños de madera también denominados agujas, soportan el peso de las tapas, cuatro o seis montantes de madera que se encajan en las agujas por cuñas, tienen por objetivo impedir que los tableros se abren por causa la presión ejercida por de la tierra al ser apisonada y por fin dos tirantes formados por una cuerda y una madera sirve como torniquete en la parte superior, sujetan los montantes.

Debe tener en cuenta las medidas del tapial, y como se va a transportar, normalmente se maneja por dos hasta tres personas, su altura tiene que ser coincidir con el apisonamiento desde dentro de la caja, es decir su canto superior debe quedar por debajo de los codos de una persona, sus proporciones generalmente son 1 por 2 o 1 por tres.

Partes del encofrado:

1- Tablero (tafraout): son los tableros laterales, de ellos depende la longitud de la tapia, espesor de 2cm a 4cm y 1m de altura aproximadamente, se juntan entre sí por listones de madera colocados en vertical por el exterior.

2- Cabecero o frontera (jbht): tapas laterales, junto con los tableros forman el cajón, su anchura dependiendo del muro que se va a ejecutar, altura un poco altos de tableros, se juntan a los tableros con listones verticales denominados barzones.

3- Agujas (shkal): soportan el peso de los tableros, son travesaños de madera suelen ser dos o tres, permiten encajar los costales en unos huecos acunados.

4- Costales (tamndout): Son cuatro o seis maderas encajadas en las agujas, atirantadas por la parte superior, impiden que los tableros se abran por causa de la presión de la tierra compactada.

5- Coda: Es un travesaño de madera que se coloca en las tablas de los costeros, si es una tapia larga se coloca en la parte superior, impide que estos se cierren.

6- Tirante: madera + cuerda que une las dos partes extremas superiores de dos costales y girando la madera se tensa el encofrado como torniquete.

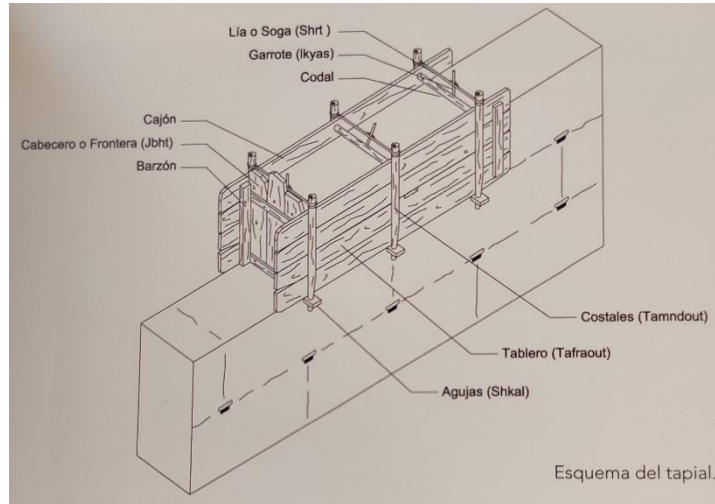


Imagen 57: ejecución de una tapia Imagen 58: esquema de tapial



Imagen 59: recubrimiento de la tapia con mortero de tierra y paja después del secado

1.2 Herramientas

1-Pala: con la que se excava y se extrae la tierra.

2- Capacho para transportar la tierra hasta la ubicación del muro.

3-Pisón (merkez) palo de madera para apisonar la tierra dentro del tapial, suele ser de 1m de longitud

4-Rasquete(tamgourte) se emplea para aislar la parte superior de la tapia una vez acabada la hilera, es una pieza metálica.

5-Paleta gruesa de madera(tahadalf): para compactar los laterales de la tapia al desconfrar, también para aislar y rellenar los huecos que pueden aparecer en el muro, dándoles acabado liso.

2. Ejecución

La construcción del tapial se hace con 2 a 3 personas: la primera humidifica la tierra para obtener una pasta seca, la segunda transporta la tierra con los capazos y la última la extiende y la compacta con un pisón en capas de 15cm de espesor.

La ejecución se empieza con la cimentación, se puede realizar con piedra o solo con tierra prensada empleando como encofrado perdido las paredes de la zanja, también existe otra opción que es la mezcla de tierra y piedra generalmente se mezcla cuando no hay cantidad suficiente. Lo más importante en la hora de cimentación es elevarla unos 20 cm sobre el nivel del suelo y con acabado de piedra, de esta forma se evita las humedades que provienen del suelo ascienden por capilaridad que acaban por causar un desgaste en el muro, y también protege de las erosiones. Después se prepara la tierra extraída del terreno aportando agua suficiente hasta llegar a un grado de humedad adecuado.

Para montar el tapial se ponen primero las agujas seguidas de los tableros laterales y los de fondo anclándolos con los laterales, montantes se acuñarán encima de las agujas y por fin los tirantes para conseguir la nivelación y verticalidad de los tableros.

Después de acabar este paso, se cubren las agujas con pequeñas piedras planas, para poder sacarlas con facilidad al terminar la tapia.

Mientras que los peones van transportando la tierra con la ayuda de capazos, el maestro albañil (maalem) va distribuyendo la tierra desde el interior de la tapia hasta conseguir un espesor aproximadamente unos 20 cm después se prensan con golpes de pisón. Esta operación va repitiendo por tongadas hasta adquirir la altura total del tapial. Posteriormente se alisa la superficie final con rasqueta y empieza el desmontaje de tapial golpeando primero los laterales con la paleta gruesa de madera para conseguir una superficie compactada.

Si hay lluvia, se protege la coronación del muro con una capa de tierra seca que se quita antes de empezar la hilada superior. En cuanto a los agujeros que dejan las agujas se rellenan de barro, o también se pueden dejar tal cual.

Al acabar un bloque de la tapia se continúa en horizontal con la siguiente hilada, se puede hacer una hilada completa, pero se debe esperar unos días hasta que se saque la tierra para crecer en altura, no se debe apoyar otra tapia sobre una recién hecha. Al finalizar este proceso, se empieza con el embarrado de la superficie mediante una mezcla de barro y paja, da una uniformidad tapando desperfecciones también protege el parámetro ante las erosiones climatológicas o el uso.

El remate de las zonas superiores es muy importante, es la zona más expuesta a la lluvia, si no se trata bien, el agua entra y se filtra dentro del muro empapándolo hasta llegar al suelo, lo que causará un reblandecimiento del suelo y una debilitación del muro. Para evitar esto el remate superior se cubre con una capa de barro sobre la que se disponen unos merlones a una distancia regular entre ellos. El espesor del muro va disminuyendo con altura, debido a que son menores las cargas que soporta. El espesor de los muros suele ser de 40 cm si son cerramientos de huertos, 60cm si es edificación de una sola planta y 80-90cm si son 2 o 3 plantas.

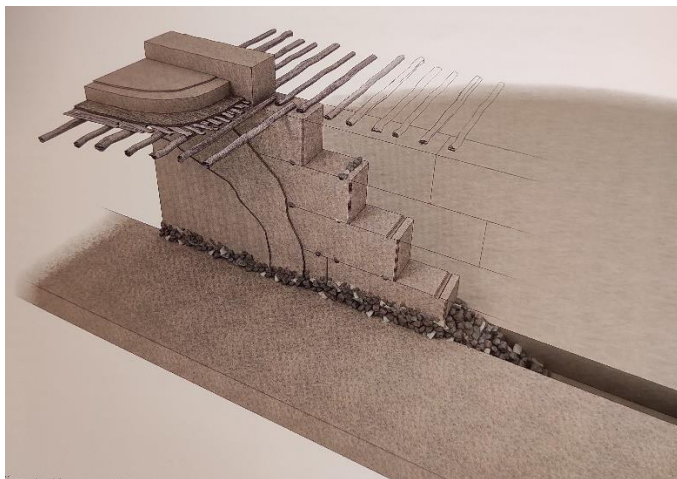


Imagen 60: Cimentación, tapia y forjado



Imagen 61: Detalle constructivo: Pie derecho

zapata, viga y forjado

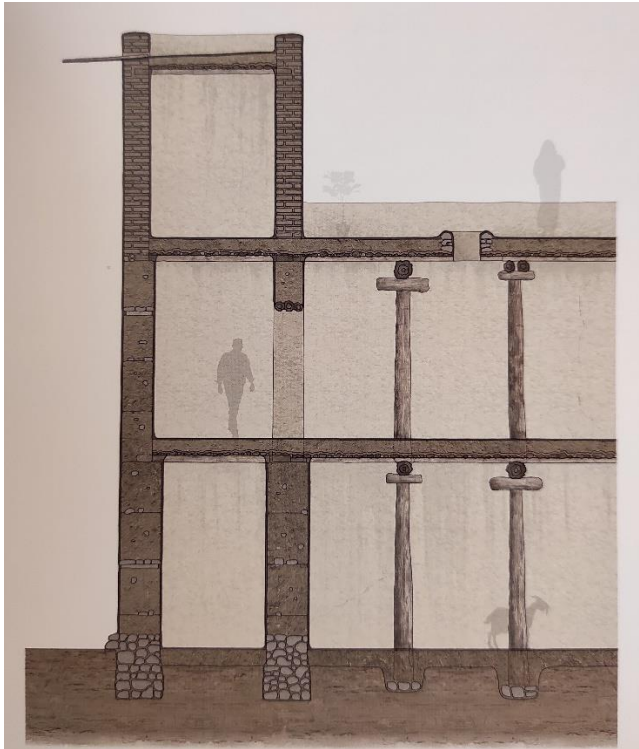


Imagen 62: Sección constructiva

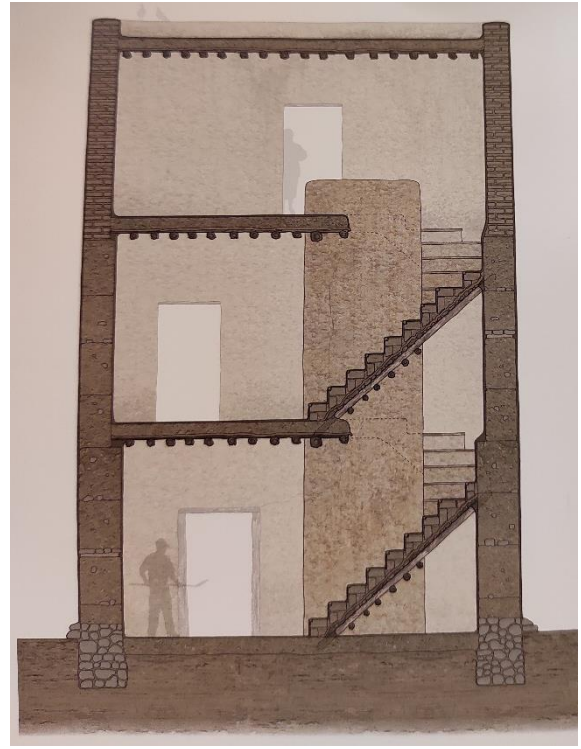


Imagen 63: sección constructiva por escaleras

4.2.2 Adobe

4.2.2.1 Definición del sistema

El adobe es una pieza de tamaño regular, obtenida sacando la tierra mezclada con agua y paja o otros adicionales para mejorar su comportamiento. Esta arquitectura tradicional viene del próximo oriente, tiene millones de años, se basa sobre la utilización de la materia que tenemos alrededor, y sobre la utilización de barro, cuando la tierra era un material difícil a encontrar o si se encontraba, se desconocía la técnica. El barro podemos decir que es el primer material que utilizó el hombre para construir, puede ser por su bajo coste, su facilidad para la puesta en obra o por sus características y comportamiento como aislante, pero cabe decir que no tiene la capacidad resistente contra los agentes atmosféricos. La falta de cocción supone una vulnerabilidad al agua por eso la utilización del adobe se limita en las zonas donde no hay mucha lluvia y baja humedad, hay que tener en cuenta estos parámetros al elegir esta técnica. El adobe también se puede utilizar en de las fachadas, ejecución de pilares, particiones interiores, arcos y partes superiores del edificio, detalles ornamentales, etc. Se basa en una estructura de pilares enlazados por arcos que se repite desde la planta baja hasta la planta superior para aguantar el forjado de cada planta.

4.2.2.2 Materiales empleados y su preparación

Como hemos comentado antes, el material principal en la construcción del adobe es el barro es necesario utilizar tierra previamente tamizada y que se moldea sin demasiado esfuerzo. Para su realización la preparación del barro suele ser sobre un terreno cerca al lugar de extracción de la tierra y también cerca de un curso de agua, una vez depositada la tierra en una explanada que se limpia anteriormente, se vierte el agua en la parte central, una proporción superior al tapial, necesita una consistencia más plástica, aproximadamente un tercio de su volumen, posteriormente se añade la paja, esta mezcla debe esperar unos días hasta que la paja haya fermentado, el tiempo de espera depende de la época del año, suele ser mínimo entre 2 o 3 días en verano y 6

en invierno . Una vez fermentada se introduce en unos moldes de madera para dar forma a las piezas de Adobe. La pasta se compacta y se iguala su superficie con la mano o paleta de madera antes del secado.

La paja impide el agrietamiento que puede producir durante el proceso de secado y también se consigue una mezcla esponjosa y de menor densidad, por lo que las propiedades del adobe como aislante térmico aumentan.

La dosificación de la tierra para realizar el adobe es muy importante, es fundamental que tenga las propiedades óptimas para su uso, según un estudio, una buena dosificación sería: Arena entre 55% y 60%, Limo entre 10% y 28%, Arcilla entre 15% y 18%, materia orgánica 3%. Si tenemos un porcentaje muy alto de arena, provocará una disgregación, igual si pasamos de arcilla generará fisuras y disminuirá su resistencia a la erosión y para una presencia de materia orgánica superior al porcentaje citado antes causará una descomposición.

4.2.2.3 Proceso constructivo

1. Encofrados y herramientas

Los encofrados y herramientas para la realización del adobe son muy básicas y sencillas. Necesitamos una pala para la excavación de tierra, un capazo para transportar el agua y la tierra y una paleta que sirve para distribuir uniformemente el barro en los moldes.

Los moldes de madera son los que dan forma al adobe, pueden ser simples o dobles. las dimensiones se diferencian segunda la época y la zona, el tamaño tradicional según *Roger Mimó* es de 24cm de largo 10cm de ancho y 7 alto. En África del norte suelen ser de 20*9*9 o 24*12*8 centímetros. Actualmente suelen hacerlas del mismo tamaño que los bloques de hormigón 40*20*15 centímetros.

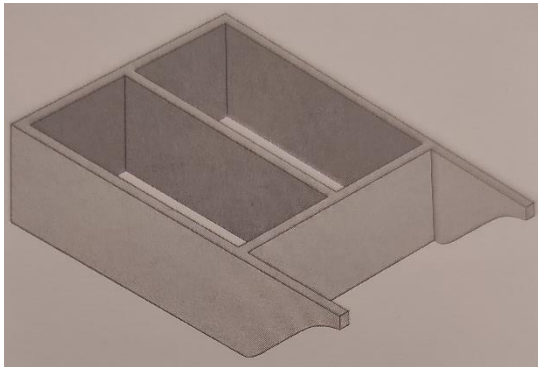


Imagen 64: la gradilla o adobera: molde para fabricación de adobes



Imagen 65: decoración y realización de patios con Adobe



Imagen 66: la fabricación de adobes

2. Ejecución

Para la realización de adobes, se empieza con mezclar la tierra, agua y paja hasta tener una mezcla homogénea y manejable, capaz de rellenar el molde. Esta masa se transporta en capazos hasta el lugar de secado. Los moldes tienen diferentes medidas citadas en el apartado anterior, y se utilizan para dar forma a los ladrillos. Se vierte la mezcla en los moldes después se compacta para no dejar huecos, se iguala la superficie y se quita el molde y se mantiene la forma de los ladrillos.

Antes de esta operación se lava el molde con agua para que no se pegue el barro y se espolvorea con paja fina en su cara superior, también se cubre la base de contacto con el suelo con paja para evitar adherencia de la masa al terreno y se deja secar al aire libre protegiéndolos de la lluvia. Después de que se secan en la cara superior, se colocan sobre otra cara, de este modo se secan homogéneamente todas las caras, después del secado se transportan al lugar de la obra, se colocan con una argamasa de barro sin contener paja o gravilla dejando juntas hasta 2.5 cm. Para la realización de huecos se colocan troncos de madera en modo dintel. Para el revestimiento se utiliza el mismo material que es la mezcla de barro con paja, deja las paredes uniformes cubriendo las juntas y los desperfectos.

La construcción con barro tiene muchas características, pero es un material de muy baja elasticidad, las deformaciones no se recuperan, hay que tener en cuenta esta debilidad. En muchas ocasiones se nos obliga a aumentar el ancho de la pared para que los esfuerzos sean bajos, esto aumenta la conductividad térmica y mejora la resistencia para los daños a golpes exteriores, en conclusión, las paredes de adobe trabajan bien por su masividad.



Imagen 67 y 68 :obras de rehabilitación en kser Skoura -Marruecos

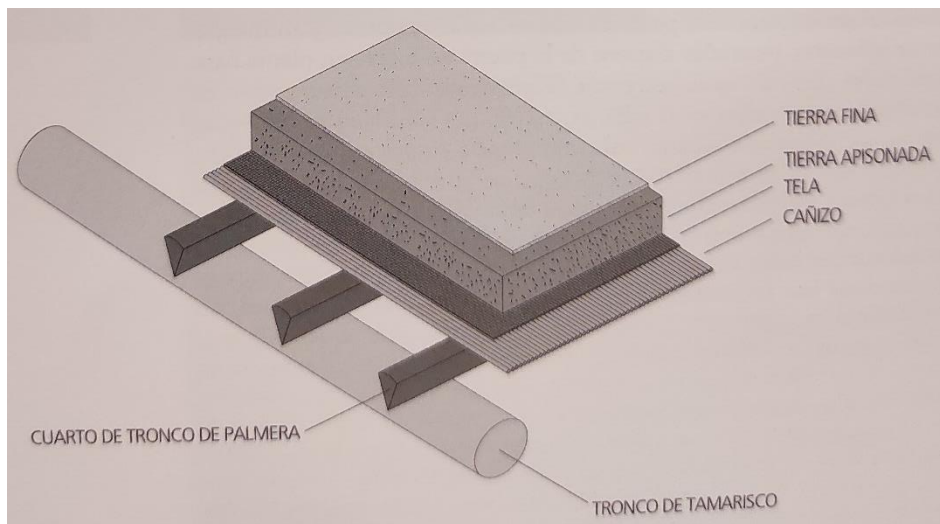


Imagen 69: Sección constructiva de un forjado de tierra

4.2.3 Piedra

4.2.3.1 Definición del sistema

La construcción con piedra también es un sistema que se utiliza en la construcción en la zona estudiada, se les denomina muros de mampostería, las piedras utilizadas pueden ser trabajadas y preparadas antes, pueden estar unidas con algún tipo de aglomerante en la mayoría de los casos mortero de tierra, ofrece más resistencia y cohesión al resultado final del muro, o si se realiza sin aglomerante se le llama mampostería en seco. Los muros de piedra se han utilizado casi en todas las épocas, hoy en día se utilizan menos respecto a otros sistemas por su elevado coste de material y mano de obra, también es una construcción más lenta. Normalmente se realizan con espesores superiores a 40 cm, trabaja muy bien a compresión, y muy mal a flexión y tracción.

La piedra puede tener unos tamaños excesivos, por su naturaleza, por lo que dependiendo del uso que le vamos a dar, puede ser necesario partirla en trozos manejables.

Los muros de mampostería con aglomerantes se pueden construir de dos maneras: con mampuestos o con sillarejos. La principal diferencia está en el labrado previo de la piedra, si recibe poca intervención o ninguna en cuanto a la tallas, forma, dimensión.

4.2.3.2 Materiales empleados y su preparación

El material principal en estas construcciones es la piedra, como hemos mencionado antes, para la ejecución de un muro de piedra, tenemos dos tipos diferentes, el primero no necesita ningún tipo de aglomerante para la colocación de sus piedras y es la mampostería en seco y el segundo con aglomerantes que a su vez se divide en dos: con mampuestos o sillares.

Los mampuestos son los tipos más dominantes, se trata de piedras que se colocan directamente sin ningún tipo de labrado previo, sus formas y tamaños son irregulares dependiendo del tipo de roca de la que provienen. Los sillarejos son mampuestos trabajados previamente, sus caras se encuentran toscamente labradas, son relativamente homogéneas.

Piedra en seco es también habitual sobre todo en edificios pequeños, sin morteros para unir o corregir la construcción, obliga a un ajuste perfecto de las piedras para asegurar la estabilidad del muro.

Los muros de piedra pueden aparecer sin revestimiento, una belleza natural que depende del tipo de piedra, el muro puede ser negro, rojo, blanco gris, o para tratamientos se puede añadir en vaciado o en relieve, aportando otro color. El encalado directamente sobre la piedra, revoco o revoco pintado da más belleza al conjunto, de todos estos tratamientos lo que se busca también es la impermeabilidad ante todo en las partes habitadas.

4.2.3.3 Proceso constructivo

1.Herramientas

Las herramientas empleadas son básicas, simples y comunes, en la mayoría de las veces solo con las manos, también podemos encontrar la plomada, el nivel, paletas para el mortero, algunas herramientas de percusión para retocar la piedra.

2.Ejecución

Para la ejecución del muro siempre se busca un terreno firme, se excava una zanja con una profundidad de 50cm hasta 70 cm, se rellena de piedra o de mampuestos amorteros. El muro de piedra casi siempre es ancho, su espesor varía entre 45 cm -100cm, o puede llegar hasta 120cm. En algunos casos especiales, si por ejemplo la construcción es de solo una planta, y si los materiales lo permiten puede ser de un espesor menor, pero siempre sin arriesgar su estabilidad. Consiste en dos parámetros unidos o no por pasadores, con un relleno en el interior del muro a base de pequeños materiales mezclados con mortero, en la mayoría de los casos de tierra. La puesta en obra es con hiladas horizontales, simultáneamente, las dos caras y el relleno al mismo tiempo, sobre una capa de mortero puesta antes. Los módulos mayores definen la altura de la hilada y los menores son apilados hasta conseguir su nivel, mientras que las juntas se cruzan para prevenir las fisuras. Como no tenemos piezas homogéneas, para conseguir la estabilidad del muro y para que la carga de las piedras no se apoya sobre el mortero deformable, sino sobre un material rígido, hay que tener presente unas pequeñas piezas que calcen las grandes piedras.

Frente a las acciones sísmicas y al agua, el muro de piedra no es muy estable, el agua sube desde el terreno por capilaridad y disuelve los aglutinantes de tierra o cal, destruye el mortero y las juntas, produciendo grietas y croquerías lo que acaba por demoler el muro. En las zonas sísmicas, se han creado un sistema muy eficaz para prevenir este riesgo de atirantado horizontal de madera insertado en el aparejo del muro para absorber estas fuerzas que arriesgan la estabilidad del muro.



Imagen 70, 71 y 72: muro de piedra-Marruecos.

4.2.4 Otros sistemas

Podemos encontrar también sistemas mixtos como tapial y piedra (estudiados en los apartados anteriores), se construye en general en las zonas donde el clima es agresivo, consiste en poner piedra dentro del muro tapial o la ejecución de muros de piedra trasdosados a al propio muro de tapia, ofreciéndole una protección contra los cambios climáticos, esta tipología se encuentra en el Norte y Oeste, por su clima extremo, donde el agua y el viento producen una importante erosión.

Otro sistema sería la construcción con hormigón y ladrillos -estructura y bloque- este sistema ha entrado al norte de África en los años sesenta, por diferentes medios entre ellos, la inmigración, el turismo, medios de comunicación como la televisión y la radio, etc. La llegada de este tipo de construcciones y la introducción de nuevos materiales y técnicas ha provocado una pérdida de identidad, una peor construcción a nivel de confort energético, porque se desconocía la técnica, lo que ha causado un peor comportamiento frente a las condiciones climáticas, mayores costes de producción, pérdida de la calidad de la habitabilidad, y además un prejuicio estético del paisaje, se ha perdido la integración con el entorno sustituyendo el color de la tierra por el color gris de cemento.



Imagen 73, 74 y 75 : Construcciones con ladrillos y hormigón .

5.TABLA RESUMEN

<i>clima</i>	<i>TIPOLOGIA</i>	<i>EJEMPLOS</i>	<i>ANÁLISIS</i>
Clima desértico	Arquitectura de tierra: 1-ksur 2-tighremt 3-kasbah	1-Kser Oasis de skoura. 2-tighremt Ait Ammou de taghazout-valle todha- 3-tighremt Anemiter-Valle Ounila- 3-kasbah Abd I Halim	ksur: residencial, grupo de casas rodeado por murallas (superficie 1000-2000m ² , 3000 habitantes, 1-5 entradas) tighremt: Viviendas familiares, pueden ser dentro del kser o fuera como viviendas aisladas. Kasbah: Conjuntos residenciales fortificados, equivalente a un palacio. Técnica constructiva: Tapial(40cm-2m), piezas de Adobe. (20*12*8/40*20*15). Materiales: tierra+agua, acabado barro y paja, madera de palmeras, Piedra en arranque de tapiales. . Volumetría: varía entre 2 y 5 plantas, con patio y 2 o 3 alturas, o sin patio hasta 5 plantas. Estructura jerárquica, planta baja, animales, almacén y cocinas, familia, invitados y terraza. Plantas bajas sin ventanas. Construcción: muros con grosores importantes. Para una ejecución de 1 planta 60 cm, 2 o 3 plantas 80-90cm. (grosores variables). Cubierta y forjados ejecutados con: troncos, tierra apisonada, tierra fina, tela y cañizo. Bioclimática: pequeñas aberturas en las fachadas, viviendas o con patios o con terraza, ayuda a la ventilar e iluminar. Excelentes condiciones ambientales que se deben a la calidad de tierra y la técnica utilizada.

	<i>Arquitectura excavada</i>	Matmata	<p>Viviendas excavadas, con estancias dando a un patio generalmente circular, habitaciones de planta irregular, formas diferentes.</p> <p>Técnica constructiva: excavaciones verticales para el patio y horizontales para la creación de túneles de acceso y de tránsito entre viviendas.</p> <p>Materiales: tierra, piedra para reforzar los muros del patio, arena roja local, cal(revestimiento) y almagre para decoración.</p> <p>Volumetría: 2 plantas, la superior destinada almacenes o graneros a los que se llega trepando por escaleras o cuerda. Entrada por un túnel desde la ladera de la colina.</p> <p>Excavaciones verticales al patio don de 5-10m y este patio con un diámetro de 6-8m.</p> <p>Bioclimática: Ventilación de estancias interiores se hace por unos conductos que sacan el aire del fondo de las salas al exterior. La doble altura tiene doble propósito: protección frente a intrusismos, por la altura en la que se encuentra el patio y protección térmica, aumentando la superficie de sombra dentro del patio, la cual aumenta la inercia térmica de las estancias. No hay ventanas solo la abertura de la puerta.</p>
	<i>Arquitectura de piedra</i>	Walata	<p>Arquitectura semi nómada, las viviendas se amontonan y se solapan entre ellas de forma compacta, con una superposición de las terrazas, en general son casas individuales, con o sin patio, si existe las estancias se organizan alrededor de un patio privado.</p> <p>Técnica constructiva: Muros ejecutados con piedras colocadas con mortero de tierra(barro+paja), muros hasta 80cm.</p> <p>Materiales: Piedras areniscas para los muros de mampostería, barro+paja, revestimiento de cal, almagre rojo, blanco o negro para la decoración.</p> <p>volumetría: generalmente de 2 plantas, sin vista al exterior, patios privados, preserva la intimidad.</p> <p>Bioclimática: materiales autóctonos, materiales autóctonos, con un diseño</p>

			<p>piedras y barro, materiales con gran inercia térmica. Aberturas mínimas y controladas. Ventilación de la casa se hace de una forma natural, por los agujeros en la pared. Patío para la iluminación natural.</p>
	<i>Arquitectura nómada.</i>	<i>Tiendas: "jaima"</i>	<p>Utilizada por los nómadas, habitantes del desierto, cambia de diseño de una zona geográfica a otra, muy ligera, fácil de transportar. Normalmente dividida en zona de hombres y otra de mujeres.</p> <p>Técnica constructiva: con pieles de animales secados y cocidos se atan con palos y cuerdas y se fijan al suelo, otra opción sería utilizar los materiales vegetales, o textiles.</p> <p>Materiales: Depende de los recursos que existen en la zona. Generalmente pieles de animales, cuerdas, palos, telas, materiales vegetales.</p> <p>Bioclimática: Objetivo principal es protegerse del clima. Uso de tejidos de animales ofrece una gran permeabilidad y protege del sol. Ventilación por la transpiración de estos tejidos. En invierno se cierran totalmente para protegerse del frío. En verano se levantan las telas de los muros laterales para conseguir corrientes de aire.</p>
Clima Mediterráneo.	<i>Arquitectura tierra/piedra</i>	<i>Casa elemental</i>	<p>Planta rectangular de un solo piso, favorecen el espacio libre, se desarrolla en el exterior.</p> <p>No tiene una clara distribución de espacios, todo mezclado (almacenes, habitaciones, animales...)</p> <p>Dificultades para desarrollarse y evolucionar debido a su forma y su sistema constructivo.</p> <p>Técnica constructiva: muros de mampostería, tapial o adobe o mixtos.</p> <p>Materiales: dependiendo de los materiales de la zona, pero siempre autóctonos. Podemos encontrar piedra, tierra, madera, cañón etc.</p> <p>Fachadas generalmente ciegas sin grandes aberturas. Podemos encontrar muchas tipologías, aspectos semejantes, por la manera de entender el acto de habitar, ofrece diversas soluciones: patio, era jardín, presentan muchas formas para habitar el espacio exterior.</p>

	<i>Arquitectura tierra/piedra</i>	<i>Casa compacta</i>	<p>Planta rectangular, o plantas muy irregulares dependiendo de cómo crece, se ajusta al terreno y a su topografía</p> <p>.</p> <p>Planta baja más una o dos plantas bien organizadas, distribución clara de espacios, superficie más grande que la elemental.</p> <p>Evoluciona a lo largo del tiempo, lleva añadiendo una especie de desvanes o estancias habitables, también espacios para las actividades productivas. Crecimiento puede afectar la planta como el volumen.</p> <p>Técnica constructiva: muros de mampostería, tapial o adobe o mixtos.</p> <p>Materiales: dependiendo de los materiales de la zona, pero siempre autóctonos. Podemos encontrar piedra, tierra, madera, cañón etc.</p> <p>Fachadas pueden tener muchas formas, ciegas o generosas en aberturas muy bien cuidadas.</p>
	<i>Arquitectura tierra/piedra</i>	<i>Casa compuesta</i>	<p>Construida por muchos edificios medianeros o separados, de forma alineada o radial.</p> <p>Distribución clara, cada cuerpo responde a un uso bien especificado y definido, la casa adquiere una jerarquía formal sobre los otros cuerpos, va creciendo hacia una neta singularización.</p> <p>Puede ir agregando e incorporando más edificios a una condición que las actividades productivas crecen. Actividades muy especializadas, verdaderos complejos productivos, una arquitectura específica que corresponde a cada ocupación y cada necesidad.</p> <p>Técnica constructiva: muros de mampostería, tapial o adobe o mixtos.</p> <p>Materiales: dependiendo de los materiales de la zona, pero siempre autóctonos. Podemos encontrar piedra, tierra, madera, cañón etc.</p>

			<p>Plantas densas en nivel de ocupación, el diseño necesita tener en cuenta la topografía del terreno, la superficie que ocupan las explotaciones, el suelo productivo, etc.</p> <p>Fachadas pueden tener muchas formas, ciegas o generosas en aberturas muy bien cuidadas.</p>
	<i>Arquitectura tierra/piedra</i>	<i>Casa patio</i>	<p>Se define en dos espacios: espacio construido y otro vivido, al aire libre. Estancias que se organizan alrededor del patio.</p> <p>El patio se considera como espacio activo, lleno de vida en el cual se desarrollan diversas actividades diferentes tareas domésticas, con solo una entrada en la fachada, puede repetirse en función de la complejidad de la casa.</p> <p>Técnica constructiva: muros de mampostería, tapial, adobe, ladrillo o mixtos.</p> <p>Materiales: tierra, piedra, barro, paja, madera, revestimientos se utilizan morteros a base de cal, yeso o tierra, en muchos casos solo para la fachada exterior para protegerla, sino también en interiores utilizan azulejos sobre los muros y cerámica para el pavimento.</p> <p>Bioclimática: Arquitectura siempre viva y rica en sus cualidades, ventilación y iluminación de viviendas por el patio o por las ventanas que dan generalmente al patio. Fachada exterior puede ser ciega o con aberturas, dependiendo de las zonas y su cultura, materiales con gran inercia térmica.</p>
Clima frío	<i>Arquitectura de tierra/piedra</i>	1-ksur 2-tighremt 3-kasbah	<p>Las tipologías del Atlas presentan una gran semejanza con las tipologías del Sahara.</p> <p><i>Ksur/tighremt/kasbah</i> (estudiados en el apartado anterior tipologías de clima desértico).</p> <p>La diferencia principal entre estas dos zonas se manifiesta en los materiales utilizados en la construcción, las dos grandes diferencias destacadas son: en el Atlas utilizan a menudo la madera de cedro para la ejecución de los</p>

			<p>pilares, mientras que en el Sahara utilizan el adobo por falta de madera resistente a compresión (palmeras), la segunda diferencia es en algunas construcciones utilizan muro de piedra trasdosado en muro de tapial, para protegerlo de la acción meteorológica agresiva.</p> <p>Otra diferencia a nivel de diseño y la distribución en los Ksur.</p>
		<i>4-Dar</i>	<p>Viviendas que se repiten con un patrón más o menos común, casi todos iguales, planta cuadrada, se organizan sobre un patio.</p> <p>Técnica constructiva: Generalmente de tapial, adobe. Muros de tapia utilizando los mampuestos de piedra los arranques de cimentación. Muros de piedra trasdosados al muro de tapia, para defenderse de las acciones meteorológicas agresivas, este tipo de muros trasdosados se encuentra en el norte y oeste donde el clima es más agresivo, o mixtos piedra dentro del muro de tapia.</p> <p>Materiales: tierra, piedra, buena madera (zona de bosques), paja, cañas y esparto.</p> <p>Bioclimática: Generalmente la vivienda tiene una sola fachada, se lindan entre sí, dejando solo una fachada libre, es donde se coloca la entrada en unos casos también pequeñas aberturas que dejan ver el exterior desde el interior, estas habitaciones en general tienen una sola abertura que es la puerta ubicada en la fachada que da al patio y en pocos casos unas ventanas pequeñas en la fachada. Ventilación e iluminación por el patio. Excelentes condiciones ambientales que se deben a la calidad de tierra y la técnica utilizada.</p>

6. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO. PROPUESTAS DE MEJORA

En este apartado vamos a analizar los cerramientos hechos por los sistemas constructivos tradicionales estudiados en los apartados anteriores, con un programa de cálculo dinámico de cerramientos, en Excel. Después de estudiarlos y analizar sus comportamientos, se propone una mejora de estos cerramientos, consistente en disminuir la transmitancia térmica y también aumentar el desfase temporal entre la variación de la temperatura exterior y la temperatura interior constante, minimizando el flujo de calor entre las caras del cerramiento. Se trata de una mejora energética, al tiempo que se utilizan materiales constructivos de bajo coste. Hemos observado que la temperatura del clima no afecta a estos dos parámetros que queremos estudiar, por eso el análisis se va a hacer en un clima mediterráneo templado, en condiciones de verano, con una temperatura interior de 25° y una temperatura exterior media de 15°, se va a estudiar el comportamiento de los cerramientos durante el periodo de 24h. Un cerramiento que tenga un buen comportamiento térmico, tiene que tener una transmitancia lo más baja posible y una inercia térmica lo más alta posible, con un desfase entre 10 horas y 12 horas en las temperaturas de sus caras exterior e interior.

1-Muro tapia.

En los apartados anteriores, hemos visto que la mayoría de los sistemas constructivos empleados en el norte de África son a base de tierra, este material tiene una gran inercia térmica por naturaleza. En el primer análisis hemos estudiado el comportamiento de un muro tapia en un ciclo de tiempo 24 h, este muro tiene un revestimiento interior y uno exterior, ambos de mortero de tierra. Con un muro de tapial de 70cm, y un revestimiento en sus dos caras de 4cm de espesor, observamos que su transmitancia es de 1,07 W/m²K, y tiene un desfase temporal de 9,67 h.

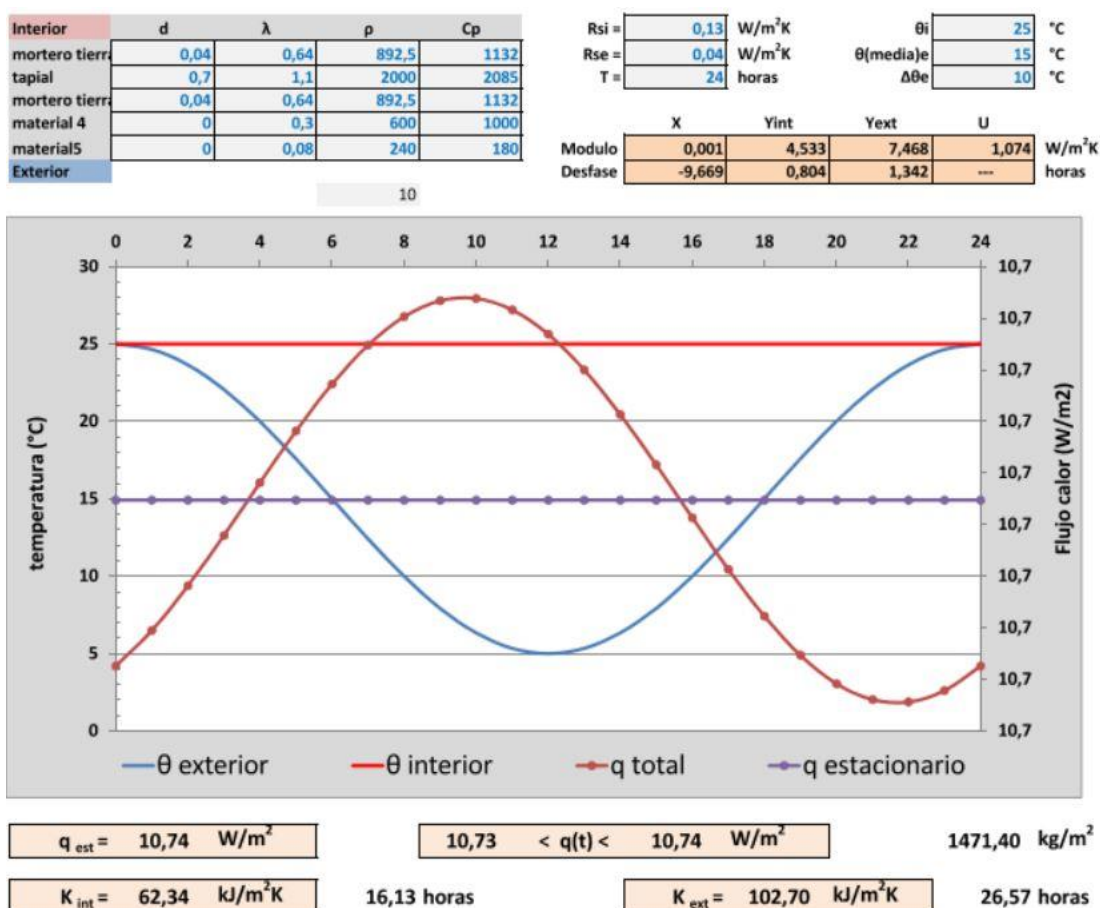


Imagen 76: Análisis de muro tapia

Propuesta de mejora.

En esta mejora, hemos incluido una nueva capa de aislante térmico en la cara exterior del muro ,tipo lana de roca, que es un material económico, con un espesor de 10 cm y dos revestimientos, mortero de tierra en la cara interior con un espesor de 4 cm y mortero de cal y arena en la cara exterior de la lana de roca, de 2 cm. Observamos que la transmitancia térmica ha mejorado siendo su valor ahora de 0,26 W/m²K, y también ha mejorado el desfase temporal con un valor de 11 h.

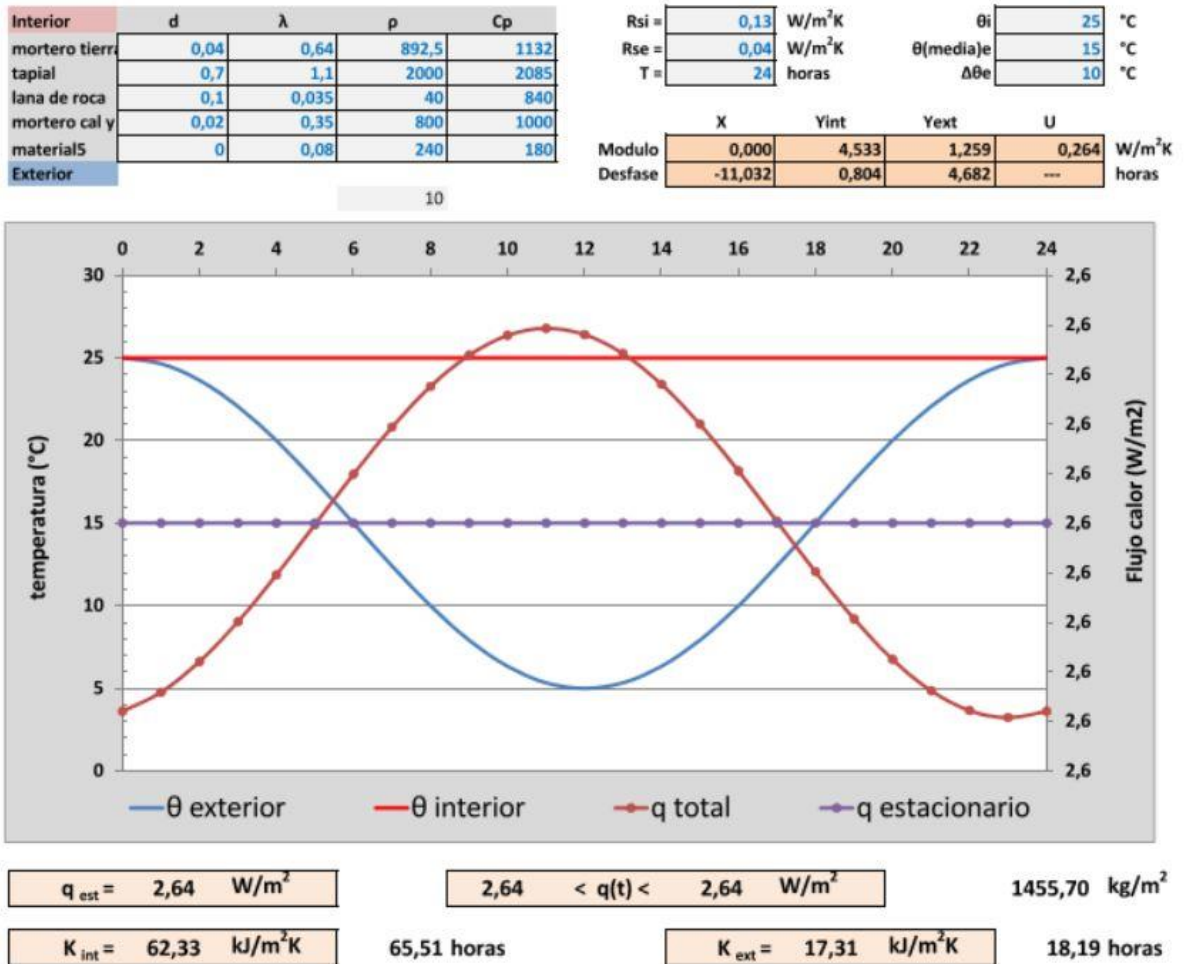


Imagen 77: propuesta de mejora de muro tapia

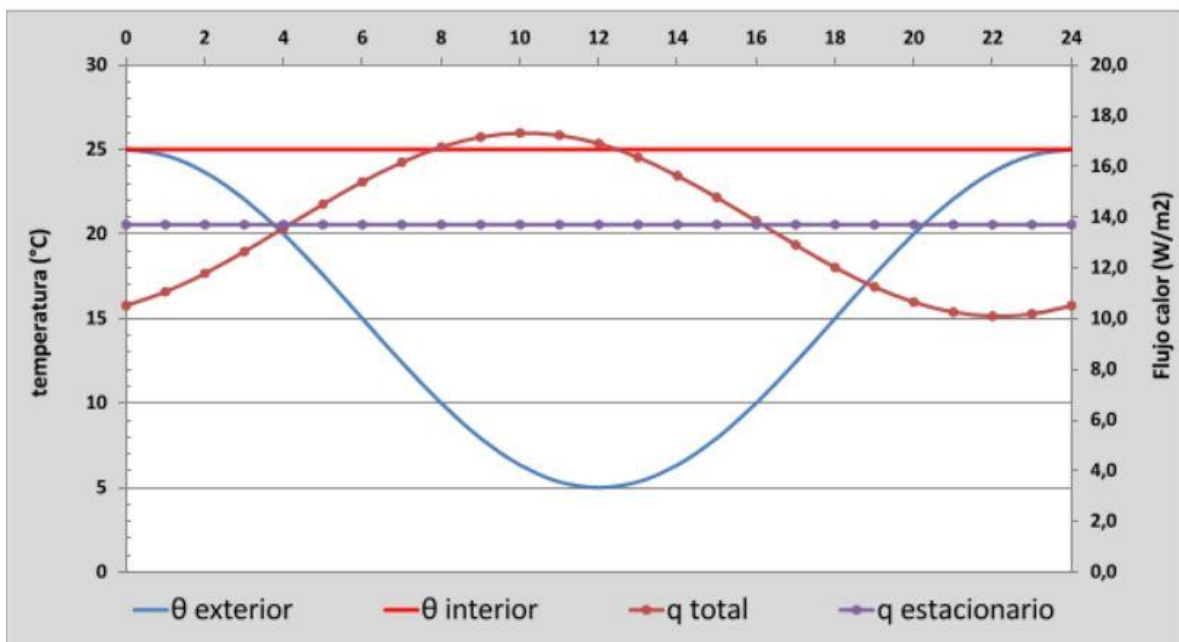
2-Adobe.

El Adobe es otro sistema que se utiliza mucho en norte de África, como el tapial tiene una gran inercia térmica, se ejecuta con materiales autóctonos (más detallado en los apartados anteriores). Se analiza también durante 24 h, en las mismas condiciones que el muro tapial, el adobe tiene un espesor de 20 cm (dependiendo de cada zona) con revestimiento interior y exterior ambos de mortero de tierra de 4 cm, en estas condiciones observamos que su transmitancia es de 1,37 W/m²K y un desfase temporal de 10,15 h.

Interior	d	λ	ρ	Cp
mortero tierra	0,04	0,64	892	1132
adobe	0,2	0,46	1500	1100
mortero tierra	0,04	0,64	892	1132
material4	0	0,08	589	2085
material5	0	0,08	240	180
Exterior				

Rsi =	0,13	W/m ² K	θi	25	°C
Rse =	0,04	W/m ² K	θ(media)e	15	°C
T =	24	horas	Δθe	10	°C

	X	Yint	Yext	U	W/m ² K
Modulo	0,361	3,986	5,821	1,370	
Desfase	-10,147	1,510	2,281	---	horas



$q_{est} = 13,70 \text{ W/m}^2$	$10,09 < q(t) < 17,32 \text{ W/m}^2$	$371,36 \text{ kg/m}^2$
$K_{int} = 59,76 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	12,11 horas	$K_{ext} = 84,99 \text{ kJ/m}^2\text{K}$
		17,23 horas

Imagen 76: Análisis de muro adobe

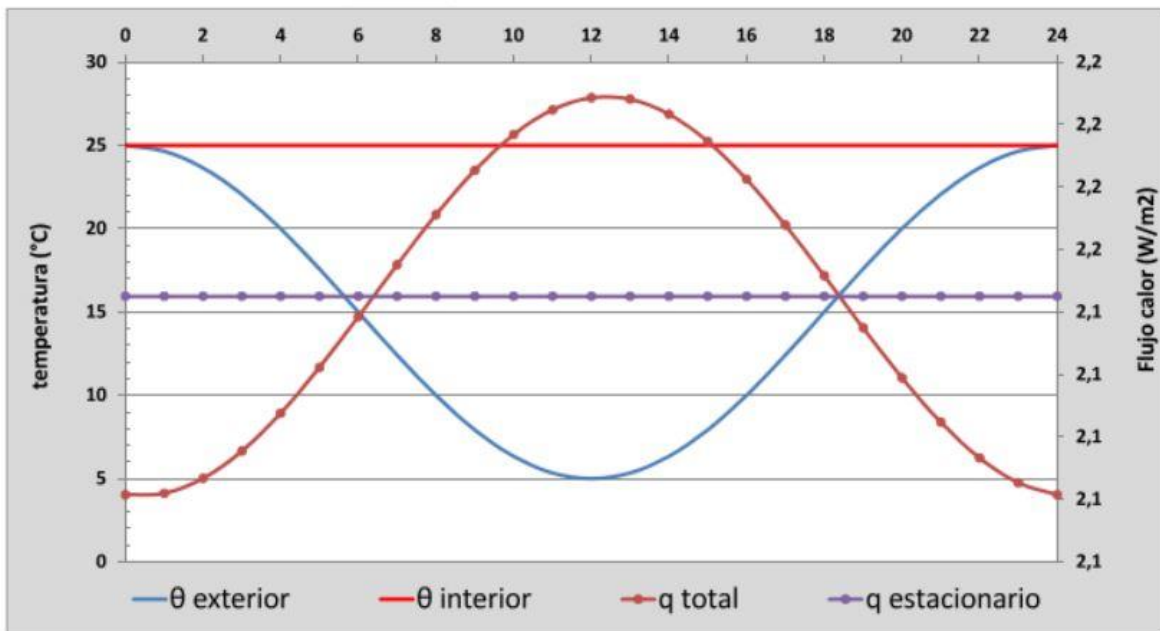
Propuesta de mejora

Para mejorar la transmitancia y el desfase de este muro, se ha incluido una capa de aislante por el exterior, lana de roca de 10 cm con un revestimiento de mortero de cal y arena en la fachada exterior de 2 cm, dejando el mismo revestimiento interior de mortero de tierra y el mismo espesor del Adobe. Se observa que la transmitancia se ha mejorado siendo su valor nuevo 0,21 W/m²K, y un desfase temporal de 11,6 h.

Interior	d	λ	ρ	Cp
mortero de tierra	0,04	0,035	40	1100
adobe	0,2	0,46	1500	1100
lana de roca	0,1	0,035	40	1100
mortero cal y arena	0,02	0,35	800	1000
material5	0	0,08	240	180
Exterior				

R _{si} =	0,13	W/m ² K	θ _i	25	°C
R _{se} =	0,04	W/m ² K	θ(media)e	15	°C
T =	24	horas	Δθe	10	°C

	X	Y _{int}	Y _{ext}	U	
Modulo	0,006	0,736	1,289	0,215	W/m ² K
Desfase	11,608	0,453	4,702	---	horas



q _{est} = 2,15 W/m ²	2,08 < q(t) < 2,21 W/m ²	321,60 kg/m ²
K _{int} = 10,21 kJ/m ² K	13,22 horas	K _{ext} = 17,74 kJ/m ² K
		22,98 horas

Imagen 77: propuesta mejora de muro adobe

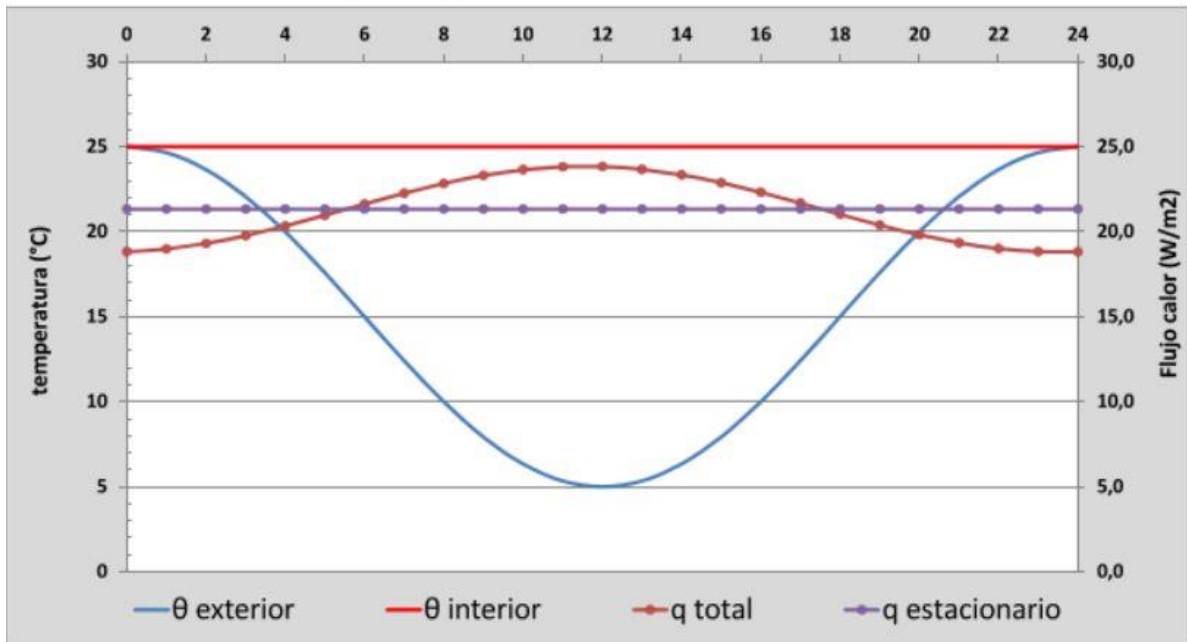
3-Muro de piedra tipo 1.

La piedra es un material también muy utilizado en la zona estudiada, se puede encontrar diferentes tipos de cerramientos con el mismo material de base, en este primer análisis, vamos a estudiar un muro ejecutado con piedra con un espesor de 40 cm, revestido en sus dos caras, interior y exterior, con un mortero de tierra de 4 cm. Observamos que tienen una transmitancia de 2,13 W/m²⁰K, un desfase temporal de 11,5 h.

Interior	d	λ	ρ	Cp
mortero tierra	0,04	0,64	892	1132
piedra	0,4	2,3	2300	1000
mortero tierra	0,04	0,64	892	1132
material4	0	1,2	1545	2085
material 5	0	0,08	240	180
Exterior				

Rsi =	0,13	W/m ² K	θi	25	°C
Rse =	0,04	W/m ² K	θ(media)e	15	°C
T =	24	horas	Δθe	10	°C

	X	Yint	Yext	U
Modulo	0,252	4,567	7,570	2,133
Desfase	-11,544	0,757	1,271	---



$q_{est} = 21,33 \text{ W/m}^2$	$18,80 < q(t) < 23,85 \text{ W/m}^2$	$991,36 \text{ kg/m}^2$
$K_{int} = 66,26 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	8,63 horas	$K_{ext} = 107,49 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

Imagen 78: Análisis de muro piedra tipo 1

Propuesta de mejora

Para mejorar su transmitancia y el desfase de este muro, hemos quitado el mortero de tierra exterior, reemplazándolo con un mortero de arena, cal y cemento, para darle mejor resistencia, sobre ello hemos puesto un aislante de lana de roca de 10 cm, con un acabado de mortero de arena y cal de 2 cm, con eso hemos conseguido que la transmitancia ha mejorado siendo su valor ahora de 0,29 W/m²K, y un desfase temporal de 10,85 h.

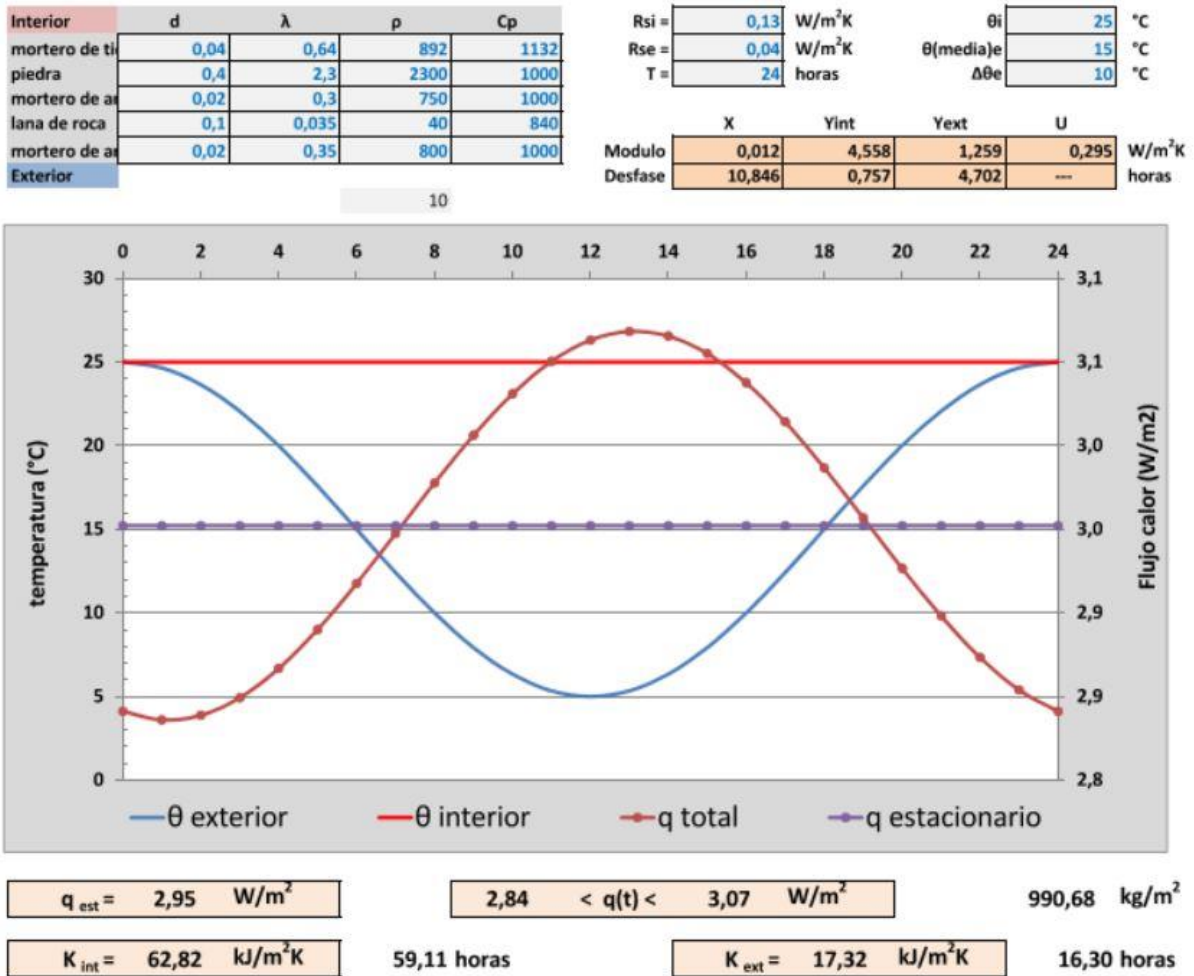


Imagen 79: propuesta de mejora de muro piedra tipo 1

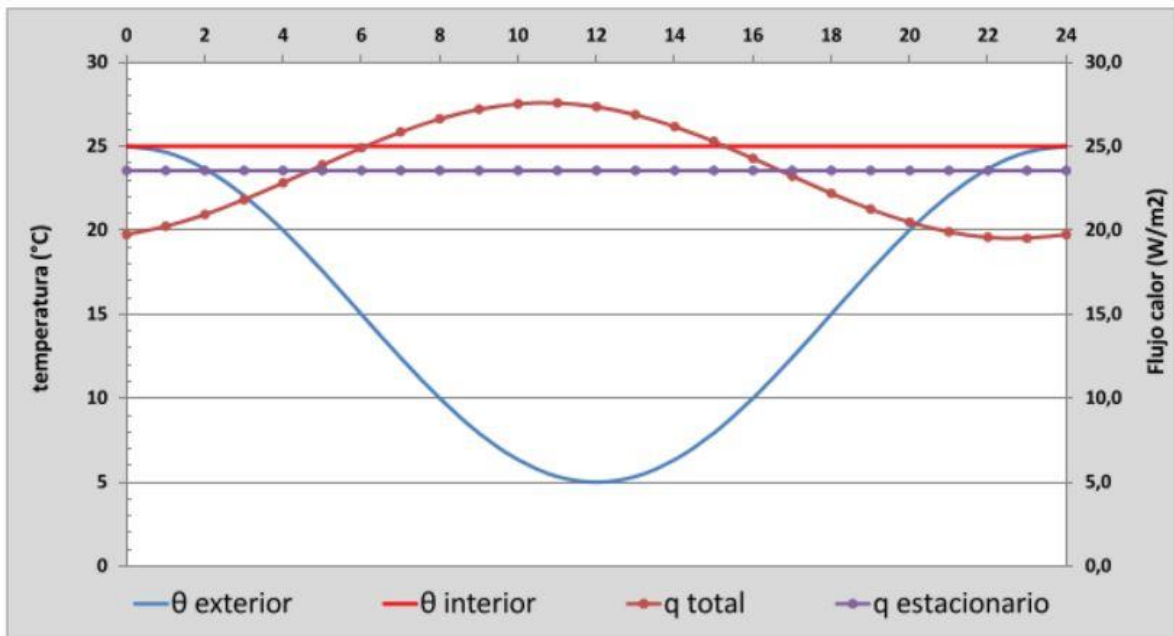
4-Muro de piedra tipo 2.

Este muro también se ha ejecutado con piedra como material principal, es un muro de piedra vista de 40 cm, un revestimiento interior de mortero de tierra de 4 cm y sobre ello un acabado de pintura de cal con un espesor de 1 cm. Al analizarlo sale una transmitancia de 2,35 W/m²K, y un desfase temporal de 10,7 h. El resultado del desfase podemos decir que está en la media buena, al contrario de la del valor de la transmitancia necesita una mejora.

Interior	d	λ	ρ	Cp
pintura de cal	0,01	0,55	1125	1000
mortero de tierra	0,04	0,64	892	1132
piedra	0,4	2,3	2300	1000
material 4	0	2,3	2300	1000
material 5	0	0,08	240	180
Exterior				

R _{si} =	0,13	W/m ² K	θ _i	25	°C
R _{se} =	0,04	W/m ² K	θ(media)e	15	°C
T =	24	horas	Δθe	10	°C

	X	Y _{int}	Y _{ext}	U	
Modulo	0,404	4,331	11,864	2,355	W/m ² K
Desfase	-10,692	0,802	1,670	---	horas



$q_{est} = 23,55 \text{ W/m}^2$	$19,51 < q(t) < 27,59 \text{ W/m}^2$	966,93 kg/m ²
$K_{int} = 65,07 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	7,67 horas	$K_{ext} = 168,67 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ 19,89 horas

Imagen 80: análisis de muro piedra tipo 2

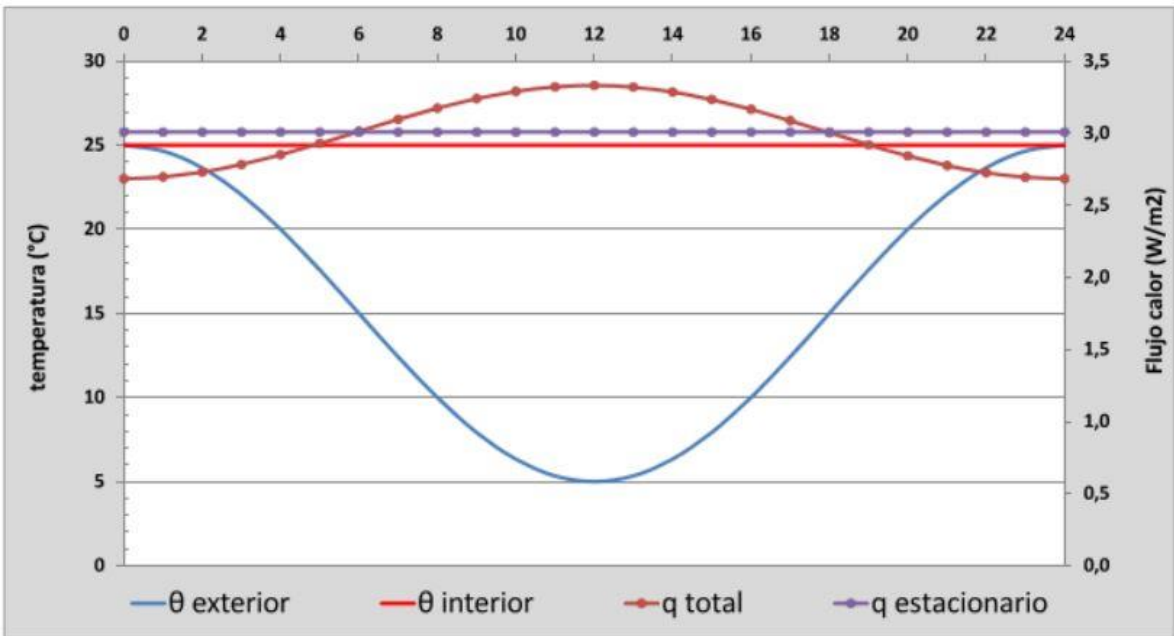
Propuesta de mejora

Para mejorar su transmitancia de este muro con piedra vista, hemos añadido una capa de aislante, lana de roca de 10cm en la cara interior, así conservamos el efecto de piedra vista, sobre el muro directamente hemos eliminado el mortero de tierra y el acabado de cal, hemos utilizado un mortero de arena, cal y cemento, para dejar la superficie de la piedra lisa, y también este tipo de mortero tiene mejor resistencia, sobre ello la capa de lana de roca y al acabar un mortero de arena y cal. Se observa que la transmitancia ha mejorado siendo su valor actual de 0,3 W/m²K, y también un mejor resultado de desfase temporal con 11,95 h.

Interior	d	λ	ρ	Cp
mortero de a	0,02	0,35	800	1000
lana de roca	0,1	0,035	40	840
mortero de a	0,02	0,3	750	1000
piedra	0,4	2,3	2300	1000
material 5	0	0,18	700	1000
Exterior				

Rsi =	0,13	W/m ² K	θi	25	°C
Rse =	0,04	W/m ² K	θ(media)e	15	°C
T =	24	horas	Δθe	10	°C

	X	Yint	Yext	U	W/m ² K
Modulo	0,032	1,207	11,831	0,301	
Desfase	-11,946	4,310	1,662	---	horas



$q_{est} = 3,01 \text{ W/m}^2$	$2,68 < q(t) < 3,33 \text{ W/m}^2$	955,00 kg/m ²
$K_{int} = 16,80 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	15,52 horas	$K_{ext} = 163,10 \text{ kJ/m}^2\text{K}$
		150,63 horas

Imagen 81: propuesta de mejora de muro piedra tipo 2

5-Muro de piedra+tapia, adosados.

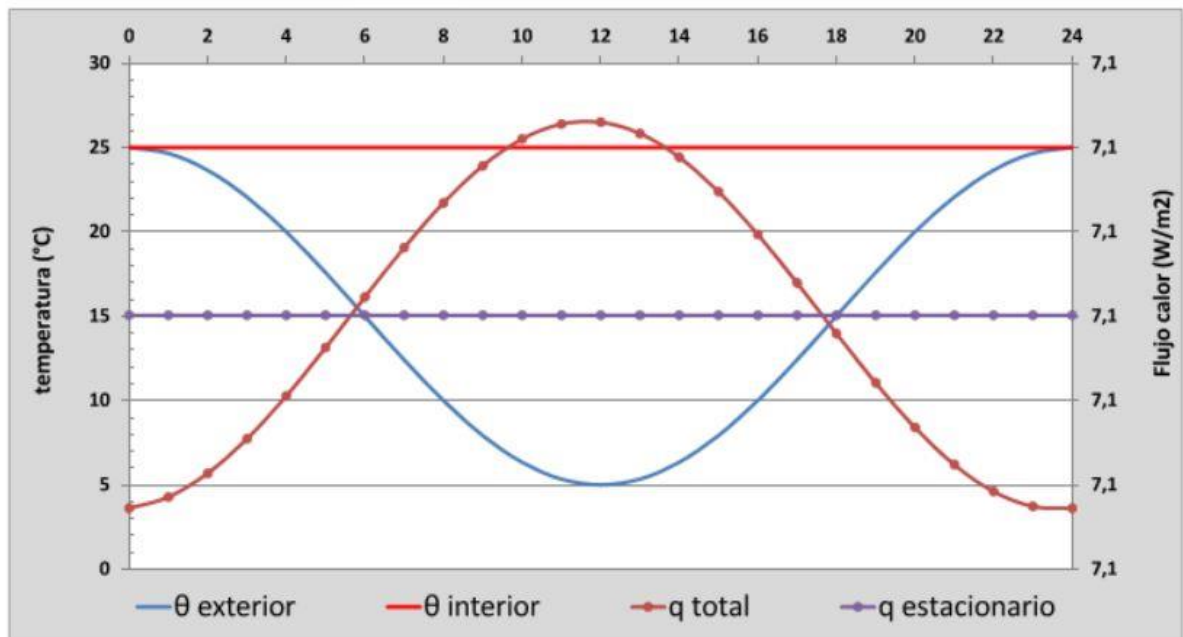
En los apartados anteriores hemos hablado de este tipo de muros, que se utiliza sobre todo en los climas extremos, y es adosar un muro de piedra a un muro de tapia, para proteger este último de los cambios climáticos.

La composición de este muro consiste en ejecutar un muro de tapia, para este análisis el muro es de 1,20 m de espesor, un revestimiento interior de mortero de tierra de 4 cm, y en su cara exterior un muro de mampostería de piedra de 20 cm. Al analizarlo sale una transmitancia de 0,71 W/m²K, y un desfase temporal de 11,64 h, en este caso hay que mejorar su transmitancia, el resultado del desfase está perfecto, son casi 12h.

Interior	d	λ	ρ	Cp
mortero tierra	0,04	0,64	892	1132
tapial	1,2	1,1	2000	2085
piedra	0,2	2,3	2300	1000
material 4	0	0,035	40	840
material 5	0	0,35	800	1000
Exterior				

Rsi =	0,13	W/m ² K	θi	25	°C
Rse =	0,04	W/m ² K	θ(media)e	15	°C
T =	24	horas	Δθe	10	°C

	X	Yint	Yext	U	
Modulo	0,000	4,098	10,779	0,709	W/m ² K
Desfase	-11,641	0,453	1,345	---	horas



$q_{est} = 7,09 \text{ W/m}^2$	$7,09 < q(t) < 7,09 \text{ W/m}^2$	$2895,68 \text{ kg/m}^2$
$K_{int} = 56,35 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	22,07 horas	$K_{ext} = 148,22 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

Imagen 82: análisis de muro piedra y tapia adosados

Propuesta de mejora

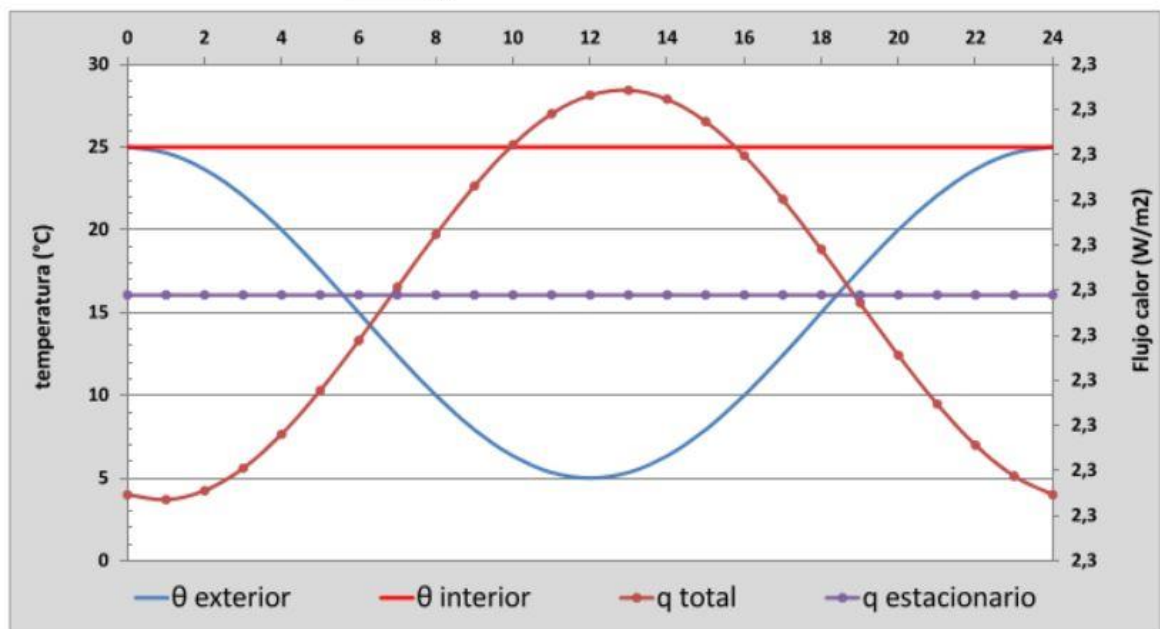
Observamos que el desfase es bastante bueno, entonces vamos a intentar mejorar la transmitancia térmica, para ello vamos a añadir un aislante de lana de roca de 10 cm en la cara interior de la tapia, y sobre el aislante un mortero arena y cal de 2 cm, con esta mejora hemos conservado el aspecto físico del muro, dejando la piedra vista. Con estos cambios obtenemos una transmitancia térmica de $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$, observamos que se ha mejorado bastante, y también hemos logrado mantener el desfase a 11,14 h.

Interior	d	λ	ρ	C_p
mortero de a	0,02	0,35	800	1000
lana de roca	0,1	0,035	40	840
tapial	1,2	1,1	2000	2085
piedra	0,2	2,3	2300	1000
material 5	0	0,35	800	1000
Exterior				

Rsi =	0,13	$\text{W/m}^2\text{K}$
Rse =	0,04	$\text{W/m}^2\text{K}$
T =	24	horas

θ_i	25	$^{\circ}\text{C}$
$\theta(\text{media})_e$	15	$^{\circ}\text{C}$
$\Delta\theta_e$	10	$^{\circ}\text{C}$

	X	Y _{int}	Y _{ext}	U	$\text{W/m}^2\text{K}$
Modulo	0,000	0,121	1,192	0,235	
Desfase	11,144	-1,708	-4,304	---	horas



$q_{est} = 2,35 \text{ W/m}^2$	$2,35 < q(t) < 2,35 \text{ W/m}^2$	2880,00 kg/m^2
$K_{int} = 1,66 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	1,96 horas	$K_{ext} = 16,40 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ 19,41 horas

Imagen 83: propuesta de mejora de muro piedra y tapia adosados

6-Muro ladrillo.

Este tipo de arquitectura ha empezado en los años sesenta, con la llegada de los franceses, y con la influencia d los países más desarrollados, pero al desconocer los materiales y el sistema constructivo, ha implicado un peor comportamiento frente a las condiciones climáticas, mayor coste de construcción y perdida de oficio.

Vamos a analizar el muro de ladrillo como se está ejecutando en esta zona, con ladrillos de 11 cm, seguido por una cámara de aire de 8 cm, seguida por ladrillo simple de 7cm y un revestimiento interior de mortero de cal y arena y otro exterior con el mismo tipo de mortero de 2cm. Al analizarlo observamos que su transmitancia térmica es de 1,04 W/m²°K, y un desfase temporal de 6,48 h.

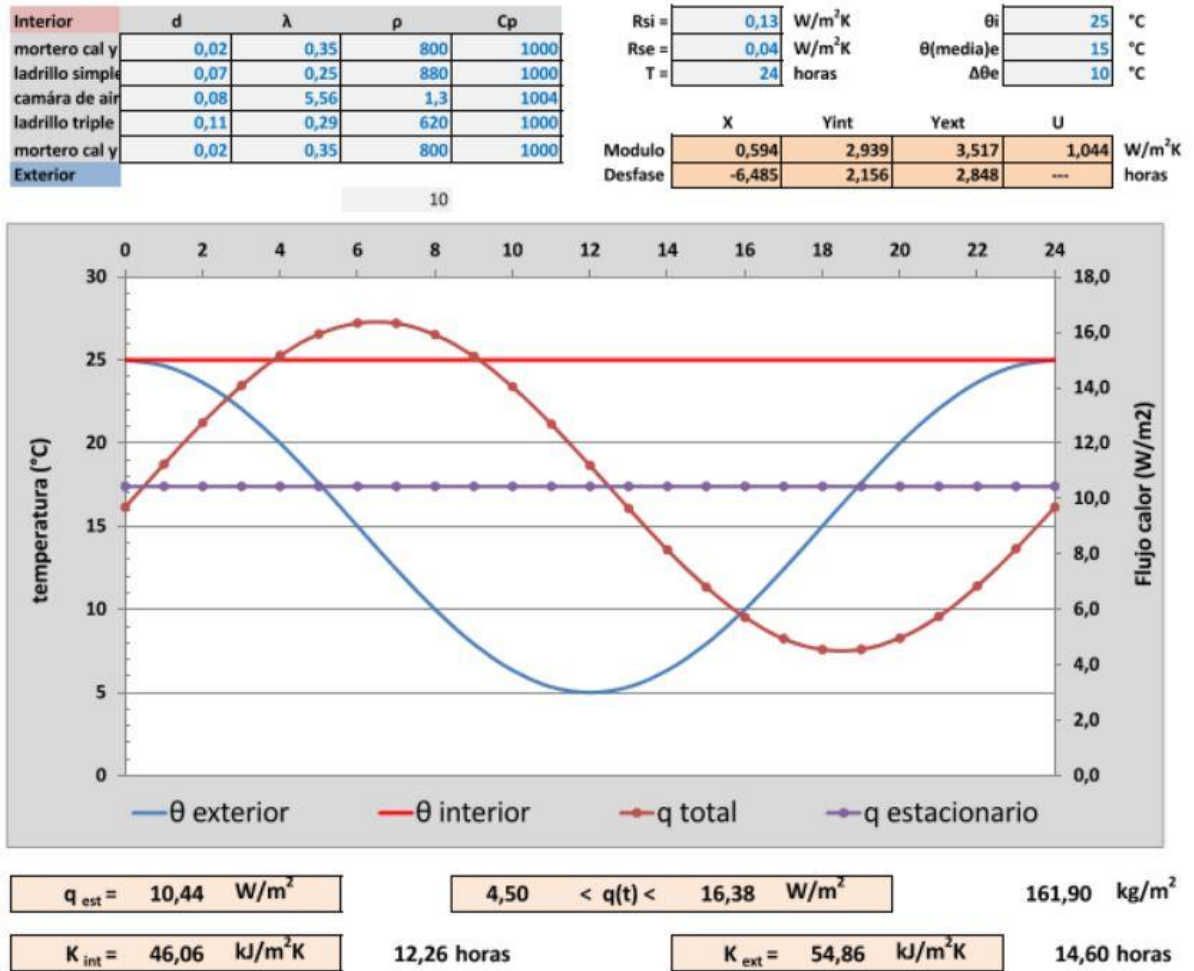


Imagen 84: Análisis de muro ladrillo

Propuesta de mejora- aislante exterior- tipo 1

Observamos teniendo en cuenta los dos parámetros de transmitancia y desfase que el comportamiento energético de este sistema es peor en comparación con los sistemas tradicionales. Para la primera mejora, y al poner el aislante térmico por fuera, no tiene mucho sentido dejar la cámara de aire, por ello vamos a dejar el triple ladrillo de 11cm revestido en su cara interior con un mortero de cal y arena de 2 cm de espesor, y por su cara exterior se pone un aislante térmico de 10 cm tipo lana de roca, encima de ello una capa de mortero de cal y arena de 2 cm. Al analizarlo se observa que el valor de la transmitancia ha mejorado siendo su valor ahora 0,15 W/m²K, y también una mejora del desfase temporal de 7,93 h.

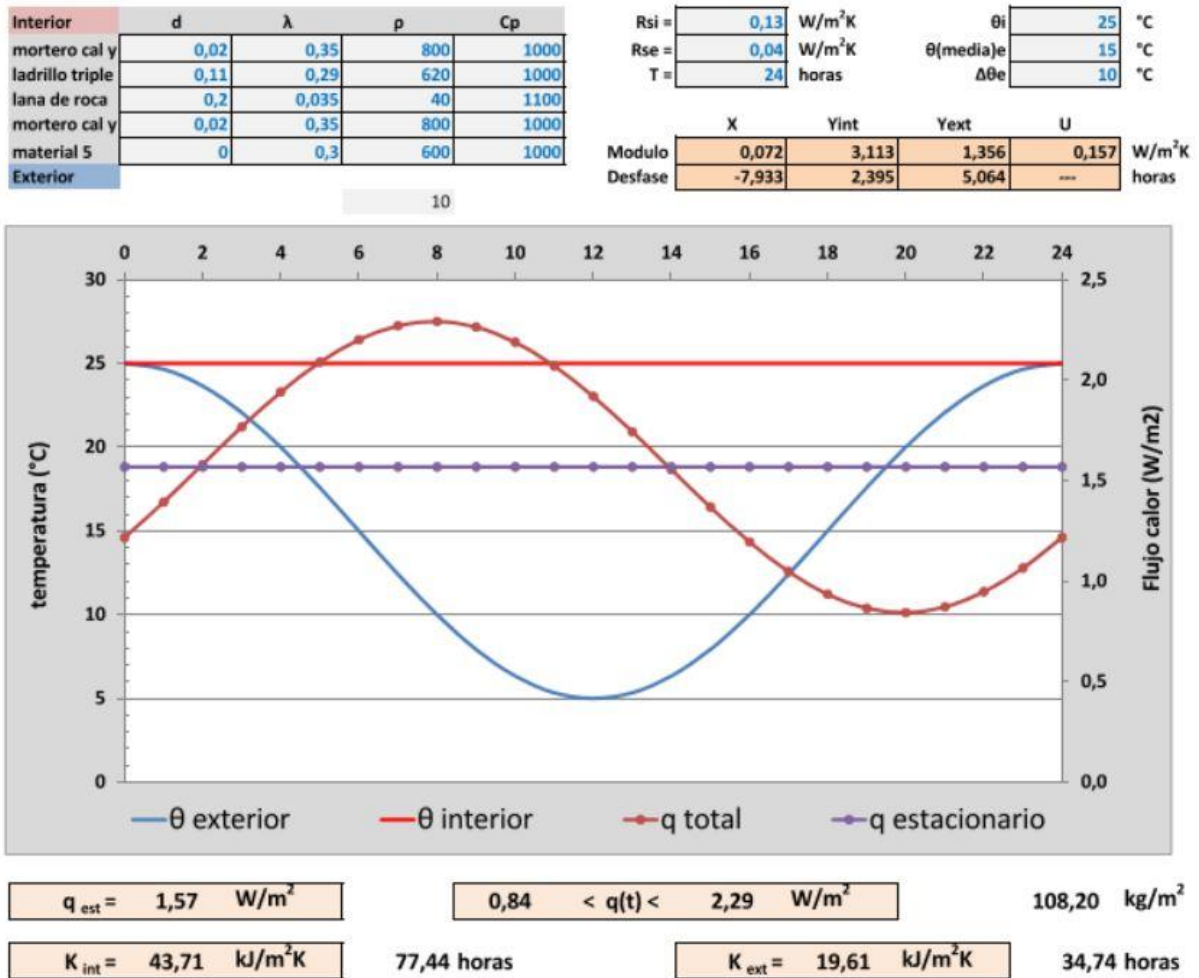


Imagen 85: propuesta de mejora de muro ladrillo con aislante exterior tipo 1

Propuesta de mejora- aislante exterior- tipo 2

Otra alternativa sería dejar en mismo cerramiento de la mejora anterior, y en vez de poner una capa de mortero de cal y arena en la cara interior de los ladrillos, se pone una placa de yeso con montantes desplazada 4cm de los ladrillos, para dejar pasar las instalaciones, el espacio entre el muro y la placa de yeso se rellena a su vez con aislamiento tipo lana de roca. Después del análisis Se observa que el valor de la transmitancia ha mejorado siendo su valor ahora de $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$, y un desfase con un valor de 9,8 h.

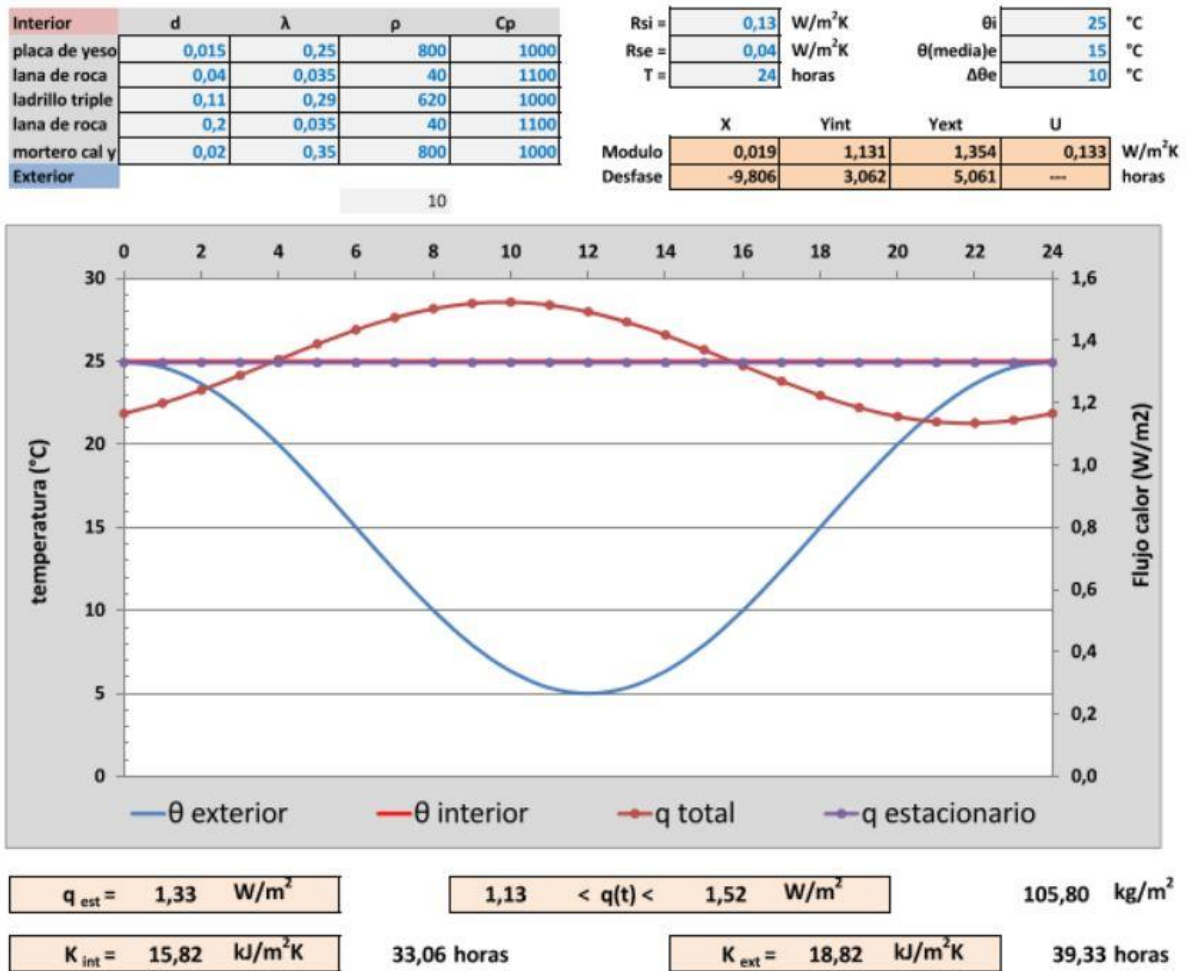


Imagen 86: propuesta de mejora de muro ladrillo con aislante exterior tipo 2

Propuesta de mejora- aislante interior- tipo 1-

Esta mejora consiste en cambiar el sitio del aislamiento térmico, y ponerlo al interior, en la primera mejora vamos a dejar el cerramiento de base, una capa de mortero de cal y arena de 2 cm en la cara interior seguido por ladrillo simple de 7 cm, una cámara de aire de 8 cm, después un ladrillo triple de 11 cm y al final un revestimiento exterior de mortero de cal y arena de 2 cm, la mejora consiste en inyectar el aislante térmico en la cámara de aire, el aislante elegido es de celulosa, que es un aislante térmico ecológico. Al analizarlo con el programa tenemos unos resultados bastante satisfechos, una transmitancia de $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$, y un desfase temporal de 10,44 h.

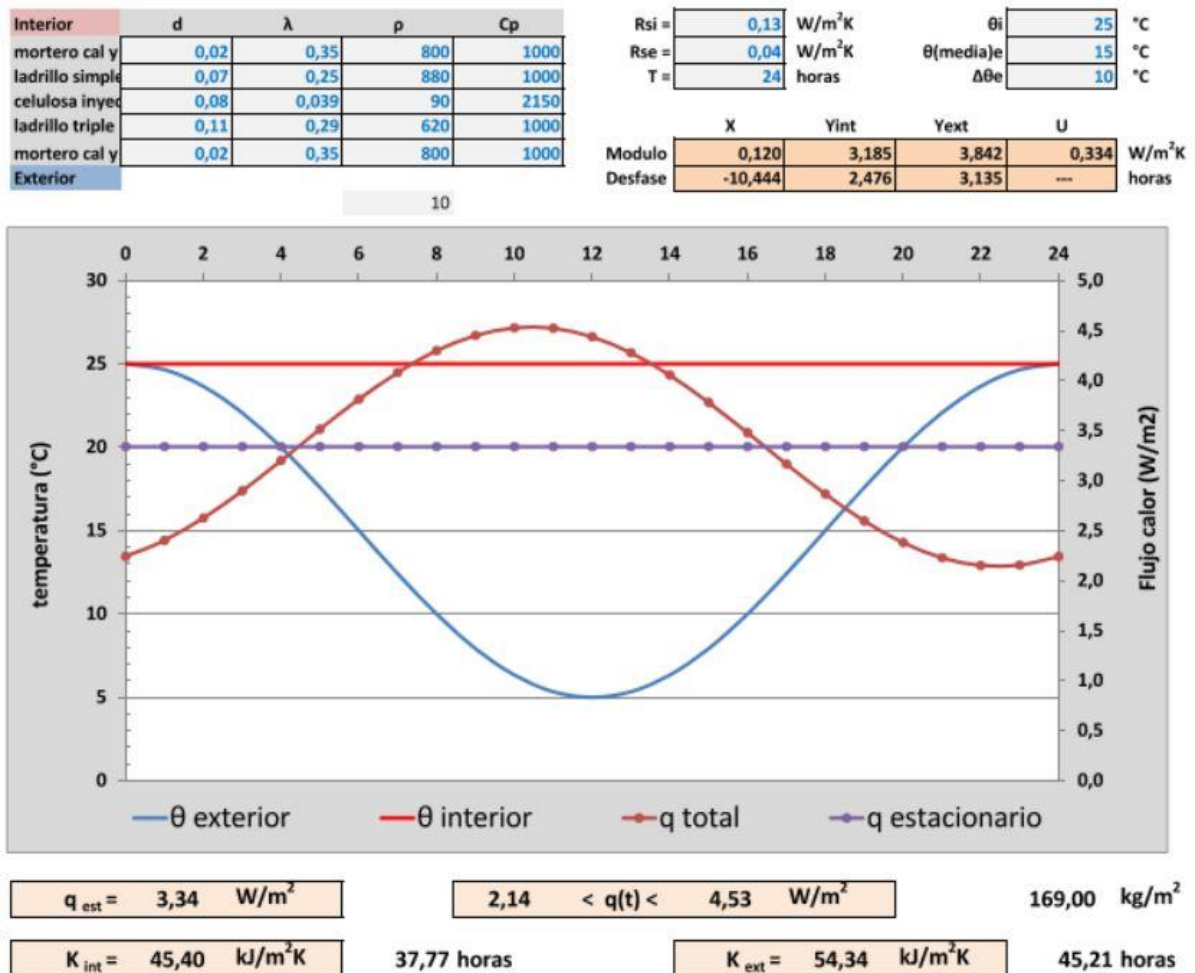


Imagen 87: propuesta de mejora de muro ladrillo con aislante interior tipo 1

Propuesta de mejora- aislante interior- tipo 2-

En esta mejora, se deja el cerramiento de base, con los mismos espesores anteriores, revestimiento de mortero de cal y arena al exterior, un ladrillo triple hueco, una cámara de aire, un ladrillo simple, y vamos a añadir un aislamiento de lana de roca de 10 cm. Se observa al analizar que la transmitancia ha mejorado mucho, siendo su valor actual 0,15 W/m²0K, y un desfase temporal que a su vez ha mejorado con un valor de 10,25 h.

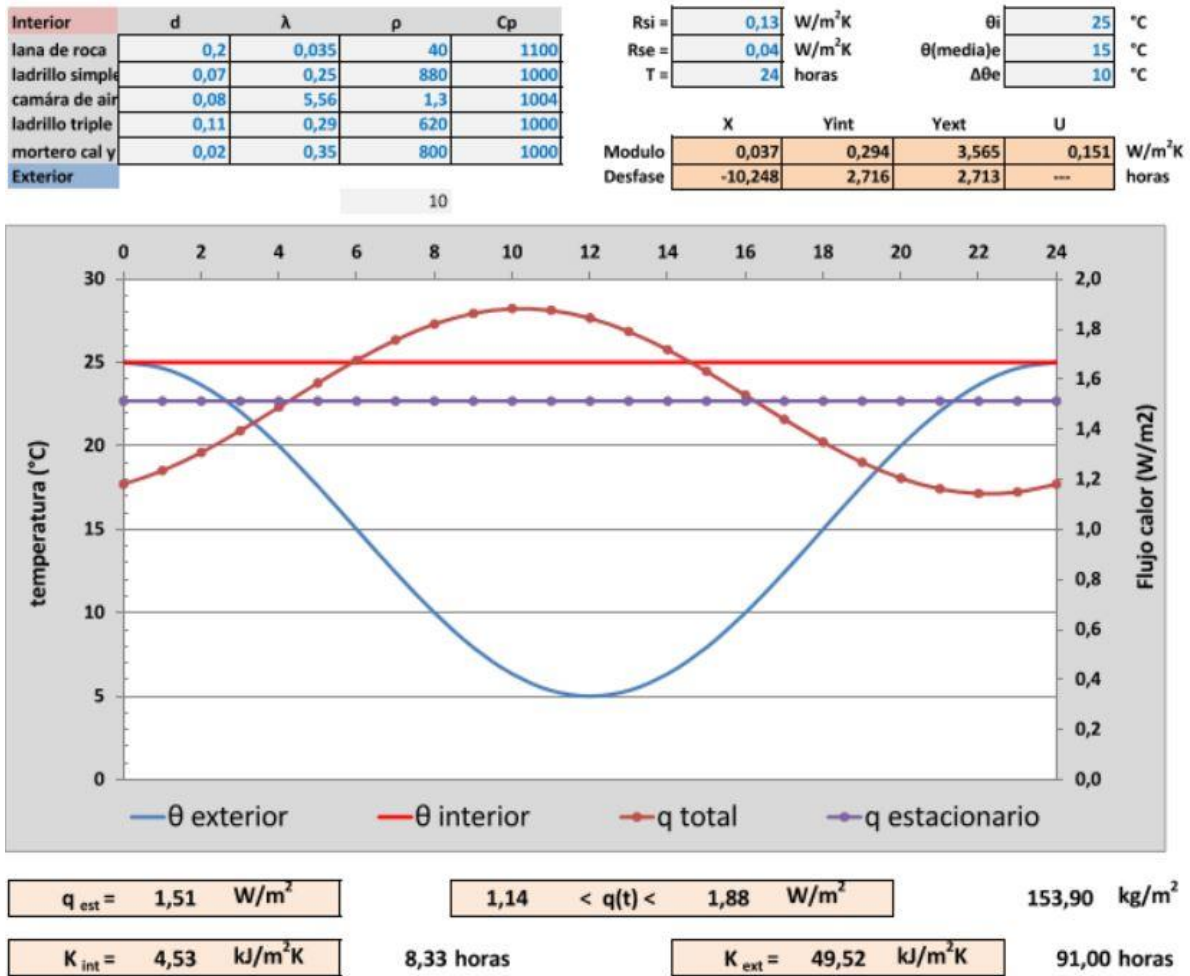


Imagen 88: propuesta de mejora de muro ladrillo con aislante interior tipo 2

7.CONCLUSIONES

1. Tras la realización del estudio de materiales y técnicas constructivas en edificios de viviendas del Norte de África, vemos que la construcción con materiales autóctonos y técnicas constructivas bioclimáticas está bastante extendida. Dependiendo del clima y de la zona donde se ubiquen los edificios, las técnicas constructivas y los materiales utilizados, varían. África del Norte tiene tres climas claramente diferenciados, el clima cálido en la zona del Sahara, el mediterráneo y el frío en la zona del Atlas.

2. Las tipologías de edificación también varían dependiendo de cada zona, pero tienen en común la utilización de materiales autóctonos, dichos materiales tienen por naturaleza una gran inercia térmica, por lo que ayudan a un mejor funcionamiento bioclimático tanto en verano como en invierno, sin embargo, su conductividad térmica suele ser relativamente alta, lo que hace que en las condiciones de invierno se pierda energía. Generalmente todas las tipologías constructivas tienen unas excelentes condiciones ambientales en cuanto a la calidad del aire, debidas a la naturaleza de los materiales empleados. La ventilación y la iluminación se hacen de forma natural, con aberturas mínimas controladas o agujeros pasantes en las fachadas exteriores o en las fachadas del patio, este último elemento muy común en las edificaciones del Norte de África.

3. Generalmente se ha construido durante décadas con tierra y piedra o mezcla de ambas, pero a partir de la década de los sesenta, ha habido un cambio de tendencia por todo lo que provino de países europeos. Se ha valorado en exceso, como nunca antes históricamente se había valorado, algo que venía del extranjero, este cambio es consecuencia de muchos parámetros, entre ellos: la inmigración, la falta de desarrollo en estas regiones, la pobreza, los medios de comunicación (radio, televisión), el turismo, etc. Todo esto ha provocado una pérdida de identidad cultural, aparte de afectar la tipología del hábitat, también se han introducido materiales y sistemas constructivos nuevos que han causado un perjuicio en la calidad de la habitabilidad y una pérdida de los oficios tradicionales de la construcción.

4. Al estudiar y analizar los sistemas de construcción con el programa de cálculo dinámico de cerramientos, en Excel, se observa que los cerramientos ejecutados con materiales autóctonos tierra o piedra, tienen una gran inercia térmica, pero una peor transmitancia térmica con un valor medio de $1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$. He intentado mejorar estos tipos de cerramientos añadiendo pocos materiales y aislantes térmicos, por otro lado, en comparación con los cerramientos de ladrillo y como consecuencia de la manera con la cual se ejecutan en estas regiones, llegamos a unos resultados malos tanto en la inercia térmica como en la transmitancia. Después del análisis, se han planteado unas propuestas de mejora energética añadiendo aislantes térmicos y otros materiales de bajo coste.

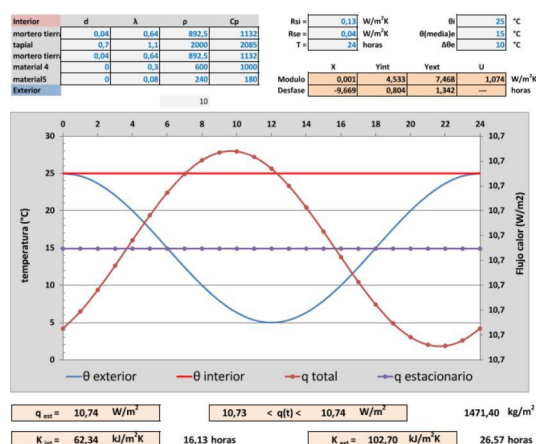


Imagen 76: Análisis de muro tapia

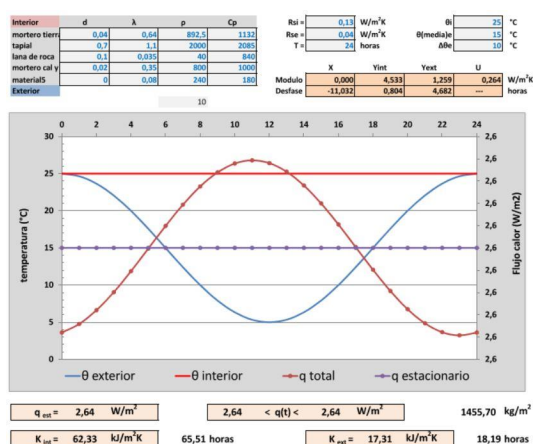


Imagen 77: propuesta de mejora de muro tapia

5. El cambio tanto de tierra-tapia y adobe- como de piedra, por el hormigón -estructura y bloque- que además se desconoce su técnica, ha provocado un peor comportamiento frente al clima y una minusvaloración de los sistemas tradicionales (que se conocen a la perfección), han supuesto un mayor coste de producción, y además un ataque a la estética del paisaje de las ciudades, se ha perdido la integración con el entorno, algo que el empleo de la tierra lo garantizaba.

6. Este patrimonio arquitectónico y esta arquitectura de la que tanto hemos hablado en este trabajo, está relacionada con la población y su estructura social que a su vez están ligados al entorno natural y al desarrollo de la región. Esta sociedad y su cultura, que han hecho posible esta arquitectura sostenible, no pueden permanecer inalterables en el tiempo, la construcción debe evolucionar para poder alcanzar niveles de confort razonables, igual que su hábitat, pero ni una ni otra han de hacerlo perdiendo su identidad, y sus métodos. Esto supone un estudio y un desarrollo de estas técnicas constructivas basados en el uso de la tierra y de los materiales del entorno. Este avance se puede hacer añadiendo unos pocos materiales económicos a los sistemas tradicionales, tal como hemos visto en el apartado de análisis y mejora de los cerramientos, que además de que se conoce la técnica, es una arquitectura sostenible y ecológica.

8. BIBLIOGRAFÍA

-Libros.

- Arquitectura de tierra en Marruecos : el valle de Outat en el Alto Atlas
Rodríguez Navarro, Pablo | Gil Piqueras, Teresa; Garrido, Xosé | Granada : Almed, cop. 2015.
- Arquitectura de tierra en el sur de Marruecos : el oasis de Skoura
Soriano Alfaro, Vicent 1950- | Fundación Arquia | Barcelona : Fundación Caja de Arquitectos, D.L. 2006.
- Arquitectura y climas
Serra, Rafael | Barcelona: Editorial Gustavo Gili | 1999
- NOURISSIER, G. / J. REGUANT / X. CASANOVAS / C. GRAZ ARQUITECTURA TRADICIONAL MEDITERRANEA. BARCELONA, 2002, 141 p., color laminas.
- Arquitecturas extremas-Arquitecturas del desierto-Trabajo de investigación tutelado-Departamento de ideación gráfica arquitectónica-
Autora: Angela Ruiz Plaza. Tutora: Margarita de luxán, Septiembre 2009.
- Ejecución de muros de mampostería
Autor: Juan José Trujillo Cebrián
1ª Edición © De la edición INNOVA 2011

-Trabajos universitarios:

- Sostenibilidad y evolución, Arquitectura contemporánea basada en estrategias bioclimáticas de la arquitectura popular.
Alumna: Andrea Ortega Prieto, Tutor: Javier Neila González-DCTA, Aula 2 TFG, Coordinador: Javier Mosteiro Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Superior Técnica de Arquitectura de Madrid. Enero 2016
- Arquitectura bioclimática-Consecuencias en el lenguaje arquitectónico-
Trabajo fin de grado de estudios de arquitectura, Escuela técnica superior de arquitectura. Universidad de Coruña-Alumna: Marta Piñeiro Lago. Octubre 2015.

-sitios web.

- <https://geografia.laguia2000.com/climatologia/clima-tropical-seco>
- http://enciclopedia.us.es/index.php/Clima_tropical_seco
- <https://www.clima-de.com/africa/>
- <https://durmi.com/fr/ejemplos-de-arquitectura-subterranea-matmata-tunez/>
- <https://fr.slideshare.net/archieg/tierra-material>
- <http://www.casascapblanc.com/la-madera>
- <https://www.certificadosenergeticos.com/arquitectura-sostenible-ecologica-utilizando-paja-material-constructivo>

-Fotos:

- https://www.tripadvisor.fr/LocationPhotoDirectLink-g304018-d3737569-i56727431-Espace_Kasbah_Amridil-Ouarzazate_Souss_Massa_Draa_Region.html
- <https://www.tunisiepromo.com/wp-content/uploads/2017/11/MATMATA02.jpg>
- https://es.123rf.com/photo_64039754_montañas-del-atlas-en-marruecos-África.html
- <https://www.les-voyageuses.net/wp-content/uploads/2018/02/les-voyageuses-escapade-neige-au-maroc-atlas.jpg>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Geografía_de_África#/media/Archivo:Africa_Precipitation_Map-es.svg
- https://es.123rf.com/photo_66436202_Detailed_map_of_africa_continent.html
- <https://viajesen1dia.com/que-no-debes-dejar-de-ver-si-viajas-a-marruecos/>

- <https://www.pxfuel.com/es/free-photo-xzqjy>
- <https://www.elmundoconella.com/curiosidades/arte-gotico-en-el-norte-de-africa/>
- <https://www.aboutspanol.com/5-tecnicas-antiguas-para-construir-con-tierra-3417794>
- <https://tierraycal.es/project/beautiful-landscape/>
- <https://formacion.okambuva.com/cursos-y-talleres/taller-construccion-tradicional-marroqui-tierra-cal-marruecos-13-19-mayo-2018/>
- <https://www.viajes-personalizados.es/marruecos-un-mundo-por-descubrir-a-la-puerta-de-casa/>