



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA

Trabajo de Fin de Grado
Grado en Fundamentos de la Arquitectura

Análisis bioclimático de edificio residencial en Marruecos.
Propuestas de mejora con técnicas constructivas autóctonas.

Autor: Yousfi, Malak

Tutor: Carrión Mondéjar, Juan Carlos

Resumen

El propósito de este trabajo es analizar las características bioclimáticas de un edificio de viviendas ubicado en Marruecos y realizar propuestas de mejora de las condiciones climáticas del mismo.

En primer lugar, se hará una introducción enumerando las tipologías arquitectónicas de edificación residencial más utilizadas en Marruecos y se elegirá una de ellas para su estudio.

En segundo lugar, se hará un análisis del edificio elegido, mediante la utilización de un programa de simulación energética, con el fin de obtener resultados y conclusiones favorables y desfavorables. Para el modelado digital en 3D del edificio se ha utilizado la aplicación Autodesk Revit, y para el análisis y planteamiento de mejoras en comportamiento térmico se ha utilizado Autodesk Ecotect 2011.

A continuación, se harán una serie de cambios básicos en el edificio y se analizará una segunda vez el mismo con dicho programa.

Y finalmente se harán una serie de propuestas para adaptarlo, de acuerdo con las características climatológicas del lugar, a un edificio más eficiente energéticamente.

Palabras clave: Arquitectura, bioclimática, propuesta, energía.

Resum

El propòsit d'aquest treball és analitzar les característiques bioclimàtiques d'un edifici situat al Marroc i realitzar propostes de millora de les condicions climàtiques d'aquest.

En primer lloc, es farà una introducció enumerant les tipologies arquitectòniques més utilitzades al Marroc i es triarà una d'elles per al seu estudi.

En segon lloc, es farà una anàlisi de l'edifici triat, mitjançant la utilització d'un programa de simulació energètica, amb la finalitat d'obtenir resultats i conclusions favorables i desfavorables. Per al modelatge digital en 3D de l'edifici s'ha utilitzat l'aplicació *Autodesk *Revit, i per a l'anàlisi i plantejament de millores en comportament tèrmic s'ha utilitzat *Autodesk *Ecotect 2011.

A continuació, es faran una sèrie de canvis bàsics en l'edifici i s'analitzarà una segona vegada el mateix amb aquest programa.

I finalment es faran una sèrie de propostes per a adaptar-ho, d'acord amb les característiques climatològiques del lloc, a un edifici més eficient energèticament.

Paraules clau: Arquitectura, bioclimàtica, proposta, energia.

Abstract

The purpose of this work is to analyze the bioclimatic characteristics of a building located in Morocco and to make proposals to improve the climatic conditions of the same.

First of all, an introduction will be made listing the most commonly used architectural typologies in Morocco and one of them will be chosen for the study.

Secondly, an analysis of the chosen building will be made, through the use of an energy simulation programme, in order to obtain favourable and unfavourable results and conclusions. The Autodesk Revit application has been used for the 3D digital modeling of the building, and Autodesk Ecotect 2011 has been used for the analysis and approach of thermal behavior improvements.

A number of basic changes will then be made to the building and analyzed for the second time with Autodesk Ecotect.

And finally a series of proposals will be made to adapt it, according to the climatic characteristics of the place, to a more energy efficient building.

Keywords: Architecture, bioclimatic, proposal, energy.

Índice:

1. INTRODUCCION	5
2. TIPOLOGIAS	6
2.1. VIVIENDA ELEMENTAL:	6
2.2. VIVIENDA COMPACTA:	7
2.3. VIVIENDA COMPUESTA:	11
3. ANÁLISIS Y CARACTERISTICAS DEL EDIFICIO	13
3.1 DESCRIPCION DEL PROYECTO	13
3.2 ESTUDIO CLIMATICO	17
3.2.1 Temperatura	17
3.2.2 Nubosidad.....	18
3.2.3 Precipitaciones.....	18
3.2.4 Irradiación solar	19
3.2.5 Viento	20
3.3 ANALISIS ENERGETICO	22
3.3.1 Estrategias arquitectónicas de diseño bioclimático.....	22
4. SOLUCIONES BIOCLIMÁTICAS	31
4.1. Autodesk Ecotect Analysis _ Estado Actual	33
4.2. Propuesta de rehabilitación conservando su distribución actual	35
4.3. Autodesk Ecotect Analysis _ Análisis de la propuesta anterior	41
4.4 Propuesta de mejora integral	43
5. PRESUPUESTO DE REHABILITACIÓN BÁSICA DE UNA VIVIENDA EN CASABLANCA	46
6. CONCLUSIONES	53
7. BIBLIOGRAFÍA	56
8. INDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS	57

1. INTRODUCCION

Soy una persona nacida y educada en Marruecos desde mi infancia hasta finalizar los estudios equivalentes a segundo de bachillerato en España, justo antes de acceder a los estudios universitarios. Fue en ese momento cuando, por mi vocación arquitectónica, decidí venir a estudiar a Valencia la carrera de Arquitecto, ingresando en el primer curso de la Escuela de Arquitectura de la UPV.

Durante todos estos años y después de todas las asignaturas de la carrera que he cursado, ha surgido en mí la inquietud de analizar cómo ha sido proyectada la arquitectura residencial en Marruecos durante las últimas décadas, bajo el punto de vista del comportamiento energético, estudiando distintas tipologías y eligiendo una de ellas para su análisis, con la inquietud e intención de realizar propuestas de mejora del funcionamiento energético, que se puedan ir introduciendo paulatinamente en la construcción de viviendas en mi país.

2. TIPOLOGIAS

Marruecos se encuentra en el norte de África que limita con el Mediterráneo y el Atlántico. La geografía diversa del país y la larga historia de la tierra marcada por sucesivas oleadas de usurpaciones militares se reflejan en su arquitectura.

En Marruecos, la arquitectura tiene unas características dominantes, La mayoría de los edificios cuentan con grandes cúpulas y arcos. También es muy común encontrar encantadores patios, grandes jardines y decoraciones extravagantes. De hecho, estas características arquitectónicas todavía se pueden apreciar en los modernos edificios que se construyen en la actualidad.

En los edificios marroquíes también se hace uso de la caligrafía islámica como decoración, en vez de las imágenes. Y el uso del color tiene gran importancia en sus diseños.

Las ciudades albergan diferentes tipologías arquitectónicas sobre todo en los cascos antiguos llamados medinas donde hoy en día el pasado y el presente se mezclan con armonía.

2.1 VIVIENDA ELEMENTAL

2.2 VIVIENDA COMPACTA

2.3 VIVIENDA COMPUESTA

2.1. VIVIENDA ELEMENTAL:

Es una casa muy sencilla: formada por cuatro paredes de piedra o tierra, una cubierta de tierra sobre vigas, y a menudo columnas o arcadas interiores. Ciertamente, este es el modelo básico y original del hábitat marroquí tradicional. Podemos encontrarnos en dos variantes esenciales: unicelulares, más comunes en el mundo rural, y multicelular, que podemos encontrar en el mundo rural como en la trama urbana de las ciudades y pueblos. Generalmente es de un solo piso.

La casa unicelular se compone de una gran sala rectangular, formada por sus grandes paredes y columnas que le permiten tener una gran superficie habitable. A veces las arcadas y las bóvedas forman la estructura de este tipo de casas.

El espacio interior está organizado para cumplir con las diversas funciones (vivienda, almacenamiento, etc.) y se presenta en el exterior como un bloque monolítico de forma paralelepípedo muy simple, integrado en su entorno.

La casa multicelular es muy similar a la unicelular, pero consta de varias partes cúbicas alineadas de acuerdo con el perfil del terreno. A menudo, las habitaciones se abren a fuera a través de una puerta y varias ventanas, pero no hay comunicación directa entre ellas. Cada una está dedicado a un uso: dormitorio, refugio para animales, almacenes de productos.

Esta tipología es adaptable a cualquier tipo de terreno. La encontramos aislada, ocupando un campo agrícola, pero también se puede ubicar en ciudades y pueblos marroquíes, especialmente en los cascos antiguos de las ciudades.

En la casa unicelular, la habitación de la vivienda es única y los muebles son los que la subdividen en espacios funcionales, La mayoría de las funciones se desarrollan en el espacio exterior y solo se utiliza el interior para dormir y como refugio contra las malas condiciones climatológicas (frío y lluvia). No hay muchas aberturas y son de tamaños pequeños. La puerta se abre a un espacio exterior abierto y plano, donde se desarrolla gran parte de la vida doméstica.

En la vivienda multicelular, estamos en un caso obvio de una casa evolutiva donde se añaden piezas a medida que las necesidades familiares y los medios económicos lo permiten.

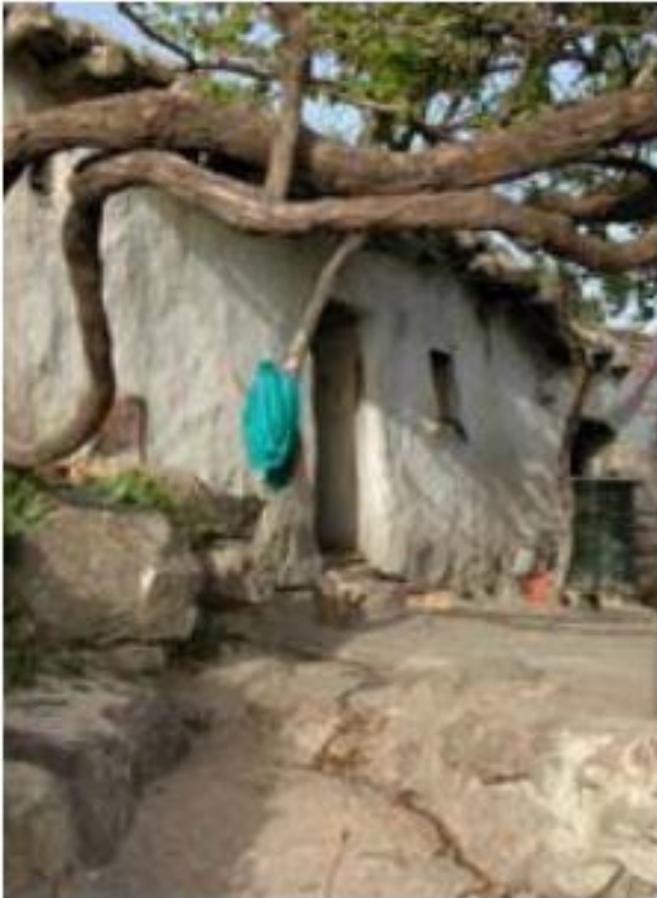


Fig. 01 _Imagen de una vivienda elemental

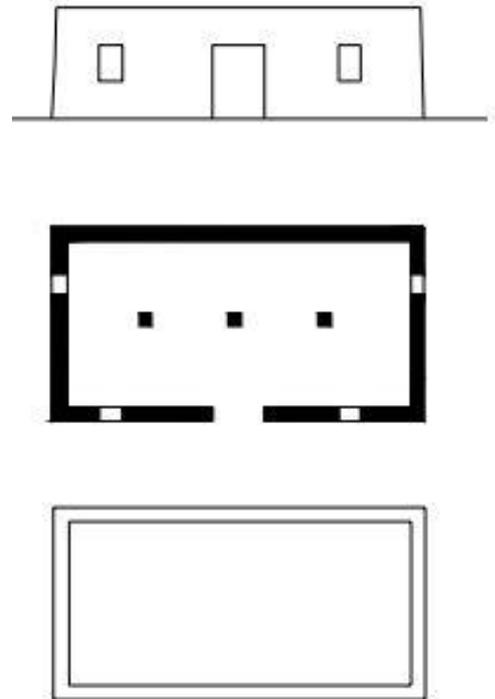


Fig.02 _ Alzado, planta y cubierta vivienda elemental

2.2. VIVIENDA COMPACTA:

Esta tipología es de planta rectangular y tiene una superficie mucho más importante que la vivienda elemental. Generalmente es de planta baja más dos y tiene una distribución clara: una estancia para vivienda y otra para la economía productiva. Con el paso de tiempo estas viviendas han ido ampliando sus funciones y ganando complejidad.

Este crecimiento puede afectar la planta como el volumen. Sus fachadas pueden ser ciegas como con muchas aberturas.

Ejemplos:

- **Tighremt:** es la tipología más extendida en la zona y es una construcción de planta cuadrada que está fortificada por altos muros y cuatro torres que sobresalen de la fachada.

Se construyeron primero en las montañas y se han extendido en el siglo XIX por los valles meridionales. Se han construido primero dentro de los recintos de los Qsur, luego en el exterior cerca de ellos y por último de manera aislada.

Esta tipología es siempre de planta cuadrada con torres en las esquinas que sobresalen. En paralelo al cerramiento exterior, hay un muro que es de forma cuadrada, así se genera la primera crujía perimetral. El centro del espacio puede tener un patio de uno o dos metros de lado o no, pero siempre existe un pozo de luz que ilumina y ventila las diferentes plantas del edificio.

Pueden estar más o menos compartimentadas, pero en general todos obedecen a un mismo criterio de distribución por alturas. La planta baja está destinada a los animales y al almacenaje de grano. La cocina de manera general suele estar en la primera planta, y se deja abierta una pequeña abertura de 60-80 mm para la salida del humo, las estancias se sitúan en la crujía exterior y se usan como dispensa de alimentos, mientras que el segundo piso es reservado a los dormitorios. Las ventanas se sitúan a partir de la segunda planta. En los casos en el que se hacían ampliaciones al tighremt, se adosaba en el edificio un recinto cerca de la entrada,



Fig. 03 _Imagen vista desde el sur del Tighremt 'Slimani'

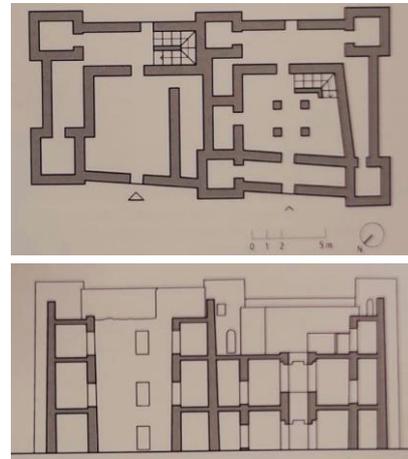


Fig.04 _ Plantas y sección del Tighremt 'Slimani'

- **Kasbah:** es muy similar a la tighremt, mientras la kasbah es un edificio residencial de una personalidad importante, la tighremt está habitada generalmente por agricultores.

La Kasbah forma parte de la arquitectura tradicional marroquí y surge durante el siglo XIX y principios de XX .la mayoría no tienen más de 100 años. las kasbah son conjuntos residenciales fortificados de origen bereber y eran un lugar donde las personas se protegían contra los ataques, las tormentas de arena, o del exceso de frío.

Estas edificaciones eran de planta cuadrada o en menor medida rectangular. Si el terreno era regular, la planta era preferiblemente cuadrada y si el terreno era irregular, la planta se ajustaba a la forma del terreno. Se puede diferenciar entre 2 tipos de kasbah, la primera sigue la tipología de palacio urbano, y tiene diferentes recintos amurallados concéntricos y una estructura de patios rodeados de estancias, mientras que la segunda tipología depende mucho de la prosperidad de la familia ya que se va ampliando con el paso del tiempo. Los materiales empleados para su construcción siempre se encuentran en la región, y preferiblemente en las cercanías del edificio. Por eso el color del edificio es tan similar al terreno que lo rodea, ya que la tierra con la cual se construye se extrae de los

alrededores. En algunos casos, se utilizan también las piedras para reforzar las zonas con mayor vulnerabilidad como es el caso de la parte inferior de los muros por donde circulaba el agua, o en las cimentaciones para mejor transmitancia de las cargas de los muros al terreno.

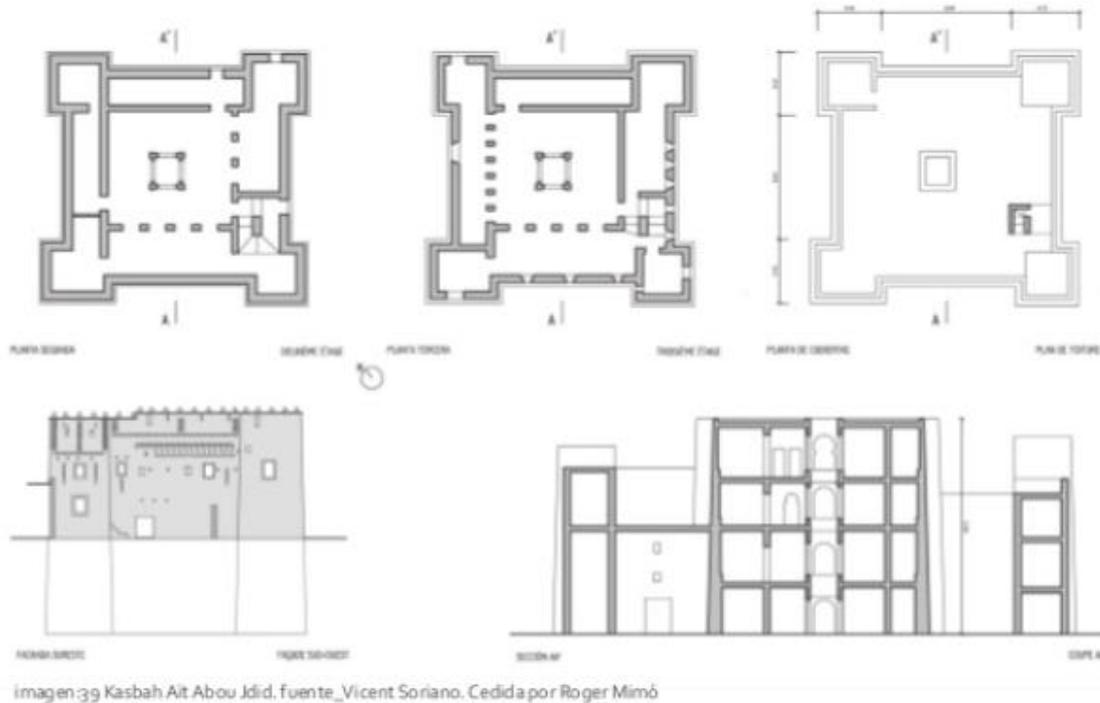


Fig. 05 _ Plantas, alzado y sección de la Kasbah 'Ait Abou Jdid'

- **Dar:** es una tipología muy común en Marruecos, sobre todo en el norte del país donde las casas son prácticamente iguales. El elemento central de la vivienda es el patio que tiene una forma cuadrada y que está decorado por mosaicos de colores. Las viviendas generalmente lindan directamente entre ellas en 3 de sus 4 lados, por lo que apenas hay fachadas. Las habitaciones en el dar tienen prácticamente los mismos tamaños: 2.5 a 3m de ancho y entre 6 hasta 15m de largo. Algunas veces podemos encontrar ventanas en los dos lados de la puerta de entrada de las habitaciones, pero generalmente la puerta es el único vínculo entre las habitaciones y el exterior. En verano, la casa tiene una temperatura muy agradable, sobre todo cuando se abren las puertas del patio, eso hace que haya suficiente luz y aire entrando a las habitaciones. Mientras que, en invierno, la situación es muy diferente, por lo que generalmente los habitantes tienen que decidir entre mantener el calor cerrando las puertas y ventanas y así tener poca ventilación, o dejar las puertas abiertas y, en consecuencia, tener luz, pero frío exterior.



Fig.06 (1) _ Plantas y sección del 'dar'

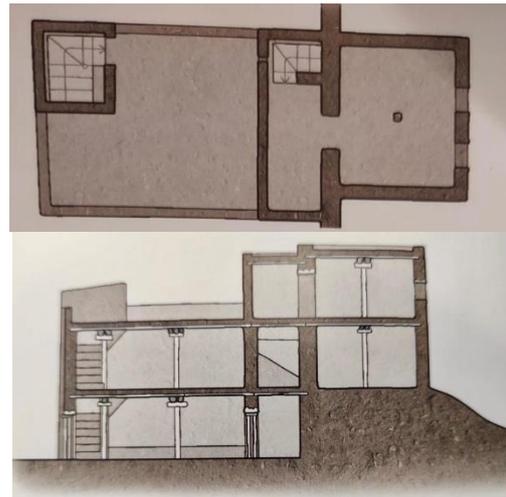


Fig.06 (2) _ Planta tipo y sección del dar 'Tatiouine'

- **Riad:**

Un Riad es una casa o palacio tradicional marroquí con un jardín o patio interior. Generalmente suelen ser de uno a tres pisos de altura. Los riads están totalmente cerrados al exterior a través de altas paredes austeras y rígidas. Generalmente tienen el mínimo de aberturas posible para una mayor protección frente al calor y el ruido. La mayoría están ubicados en las medinas (cascos antiguos) de las ciudades marroquíes.

Lo más importante y llamativo de los riads son los patios centrales de estilo andaluz que suelen ser utilizados como salón-comedor.

los riads se orientaban hacia adentro, sobre todo para posibilitar más privacidad y proteger del clima de Marruecos. Este enfoque interno está expresado en la mayoría de los casos en el jardín interior o patio central, y por la falta de ventanas grandes en las paredes exteriores construidas generalmente de barro o ladrillo.

Todas las estancias se abren al espacio central. En el jardín central de los riads tradicionales, a menudo, hay una fuente, paredes de adobe o de tapial, adornadas con yeso tadelakt* y azulejos.

Durante los últimos años, el interés y la fascinación para este tipo de casas ha aumentado mucho para este tipo de edificios, por lo que muchos han sido renovados y restaurados como hoteles o restaurantes, esto ha logrado revivir muchas artesanías y oficios artesanales.

Los dar pueden parecer similares a los riad, ya que la disposición es similar, pero la mayor diferencia de los dar son construcciones mucho más sencillas.

*Tadelakt o tadelakt marroquí es un revestimiento de cal obtenido de la región de Marrakech, su superficie es muy similar al mármol, y es considerado uno de los más antiguos y refinados acabados en yeso de todo el mundo.



Fig. 07 _ Plantas de un Riad



Fig. 08 _ Imagen de un Riad

2.3. VIVIENDA COMPUESTA:

Es una tipología que suele estar construida por muchos edificios, pueden ser medianeros o separados entre sí de forma lineal o radial. Cada cuerpo responde a un uso bien especificado y definido. La casa compuesta puede ir incorporando y agregando más edificios cuando crecen las actividades productivas. Generalmente, son unas edificaciones bastante complejas en nivel de planta y muy densas en nivel de ocupación. En el diseño es muy importante tener en cuenta la topografía del terreno, la superficie que ocupa el suelo productivo etc.

Ejemplos

- **Qsur:** es un término para diseñar castillos o palacios. Son poblados amurallados rodeados por torres en las esquinas, no se sabe exactamente sus datos cronológicos pero su origen podía estar situado entre los siglos III y VII. Se extienden generalmente a lo largo de los ríos o los altos valles.

En unas ocasiones son de planta cuadrada o rectangular pero generalmente son de forma irregular para adaptarse a los desniveles.

La estructura urbana de esta tipología varía en muchos casos. La mayoría tienen una trama cuadrícula, con una calle principal que es el eje del que parten todas las calles secundarias en sentido perpendicular. Hay otros que tienen una trama urbana intrincada que es muy similar a las de las ciudades árabes. En los dos casos las calles están cubiertas por las edificaciones al nivel de primera planta, así se dejan solo unas zonas descubiertas que trabajan como pozos de luz por donde se ilumina y ventila el viario. Eso hace que esté protegida frente al calor del sol y las tormentas de arena. El material de construcción de toda la estructura suele ser de adobe.

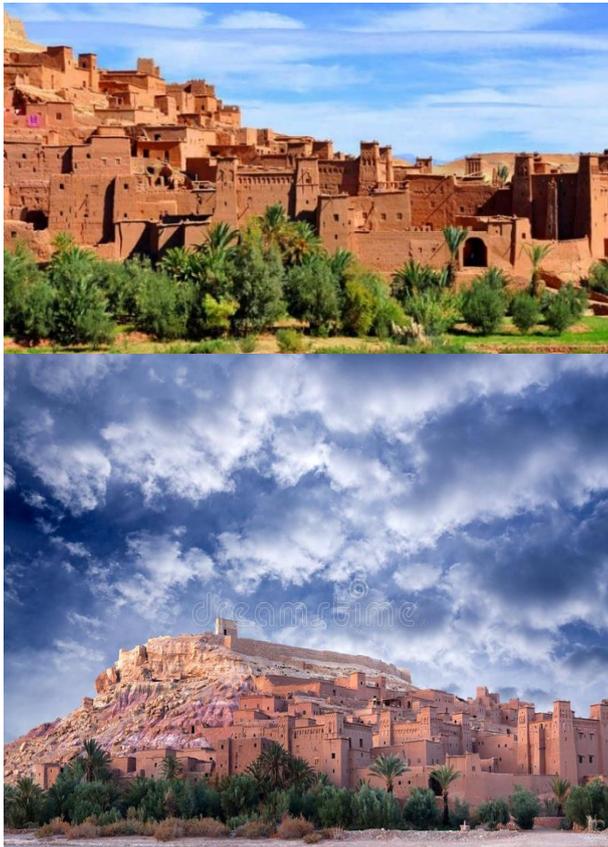


Fig. 09 _ Imagen de los Qsur

imagen_46 evolución del ksar según Vicent Soriano

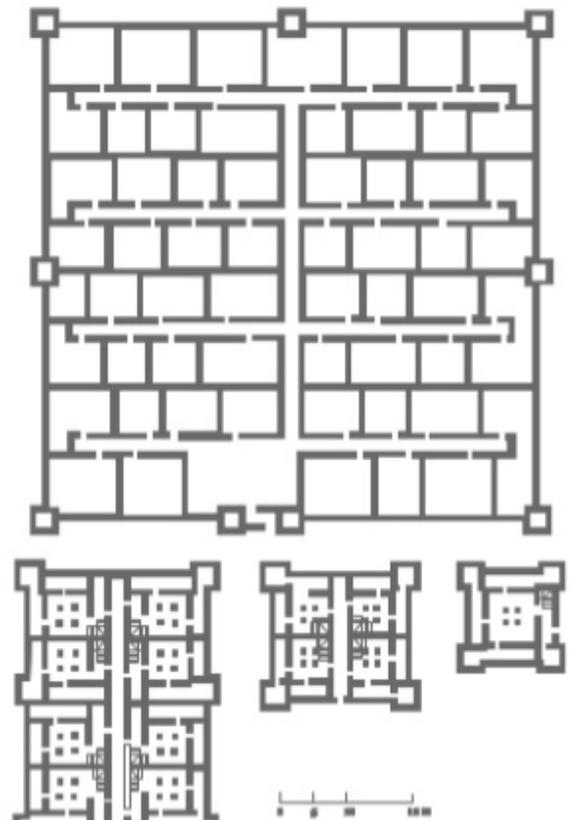


Fig. 10 _ Planta de los Qsur

3. ANÁLISIS Y CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Riad que se va analizar se sitúa en la medina, en el centro de la ciudad de Casablanca, Marruecos y tiene como elemento más representativo su patio central. Es un Riad de alojamiento en la ciudad y es una antigua casa que se tiene que rehabilitar. Tiene un patio en el interior, con una fuente, y varias plantas, en las que se distribuyen las habitaciones, todas dan al patio.

Las habitaciones no dan a la calle, lo que es muy típico en este tipo de viviendas.

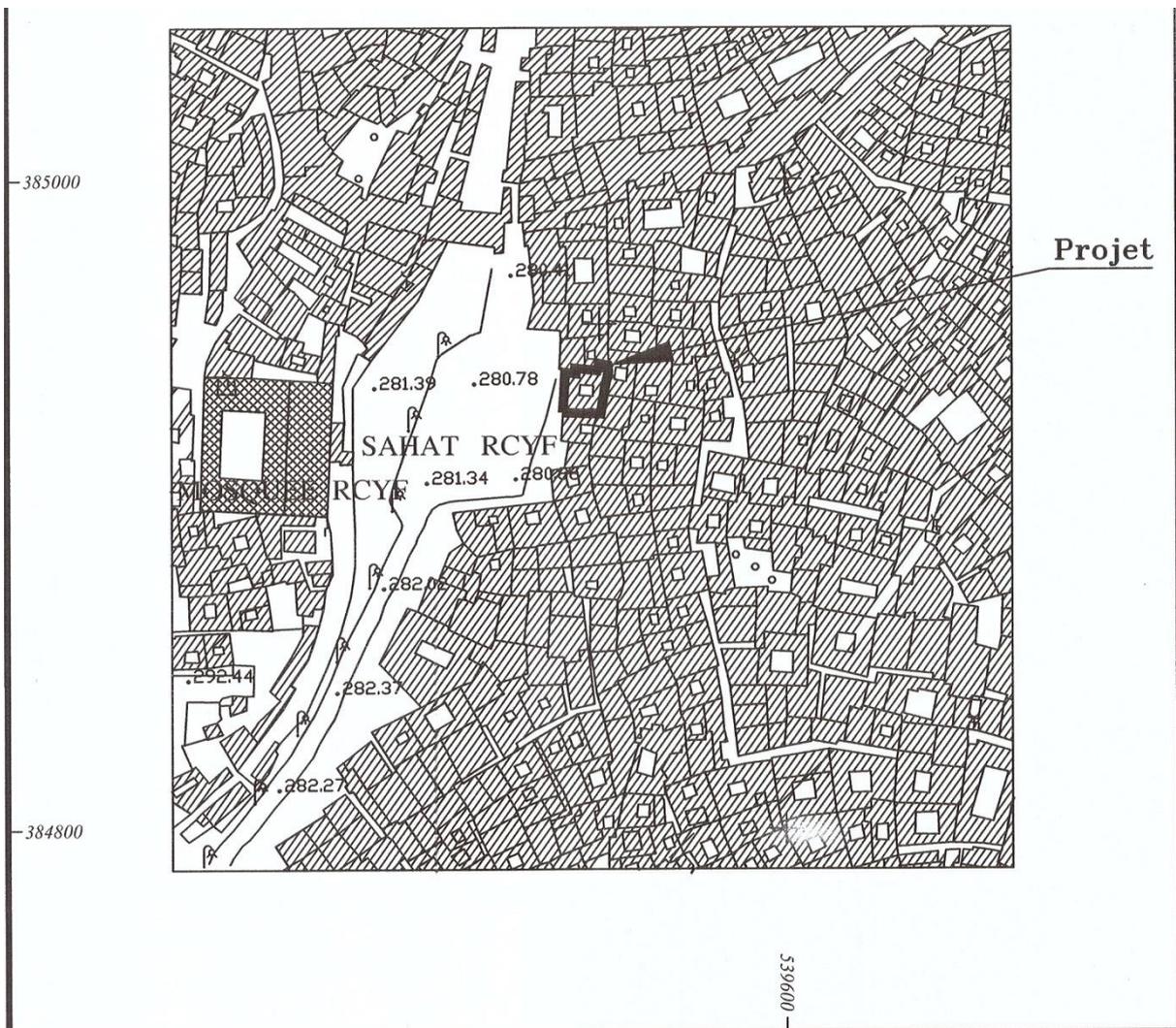


Fig. 11 _ Emplazamiento del edificio

En la planta segunda se encuentran: 3 habitaciones, un cuarto de baño y diferentes balcones que dan al patio.



Fig. 14 _ Planta segunda del edificio

La construcción de este edificio se reparte de la siguiente manera:

	SUPERFICIE ÚTIL	SUPERFICIE CONSTRUIDA
PLANTA BAJA	161,00 m ²	193,2 m ²
PLANTA PRIMERA	93,00 m ²	111,6 m ²
PLANTA SEGUNDA	93,00 m ²	111,6 m ²
TOTAL	347 m ²	416,4 m ²

Tabla_ Resumen de superficies

ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO:

Como se ha comentado anteriormente, el edificio se encuentra en Casablanca, Marruecos.

Su fachada principal es la fachada oeste mientras que las fachadas este, sur, y norte son medianeras con otras viviendas. La entrada de la vivienda se sitúa en el norte y al entrar nos encontramos con el patio principal que es una especie de salón de estar, este es el núcleo del edificio.

El Riad se encuentra en un estado de abandono y ruina como lo podemos apreciar en las fotos. la envolvente del edificio consta de fachadas resueltas mediante ladrillos de adobe, mientras que los forjados son resueltos con una estructura de vigas y viguetas de madera, bardo cerámico y baldosas cerámicas .



Fig. 15 _ Imagen del patio del edificio

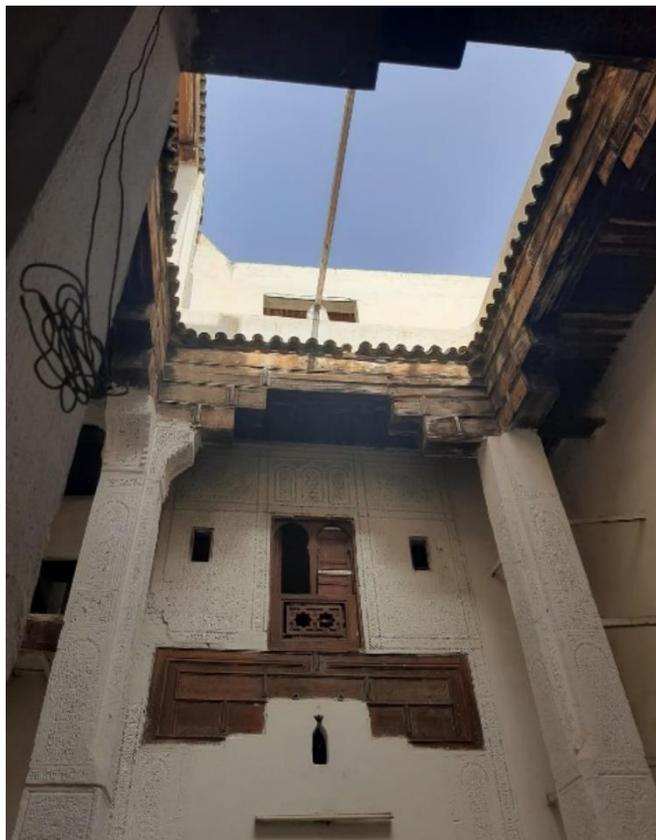


Fig. 16 _ Imágenes del interior edificio

3.2 ESTUDIO CLIMATICO

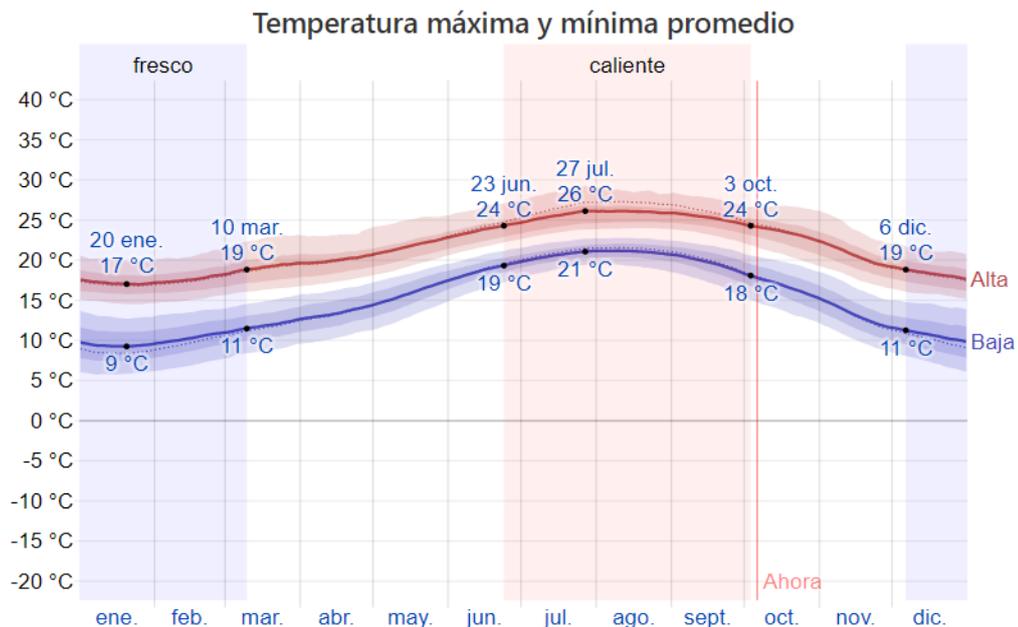
A continuación, vamos a estudiar el clima de la ciudad de Casablanca mediante unas graficas que muestran diferentes puntos, temperatura, el porcentaje de nubosidad, las precipitaciones, la humedad y el viento.

3.2.1 Temperatura

"En Casablanca, los veranos son calientes, áridos y mayormente despejados" y es cuando las temperaturas son más elevadas llegando a 30 grados, pero siempre teniendo una buena sensación térmica. Los inviernos son bastante frescos y parcialmente nublados, pero sin que las temperaturas bajen de los 10 grados.

"Durante el paso del año, la temperatura generalmente varía de 9 °C a 26 °C y raramente baja a menos de 6 °C o sube a más de 29 °C".

Durante la temporada templada, la temperatura máxima promedio diaria es de 24 °C y durante la temporada fresca, la temperatura máxima promedio diaria es más de 19 °C.



La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diaria con las bandas de los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.

Fig. 17 _ Temperaturas máximas y mínimas de Casablanca, Marruecos

3.2.2 Nubosidad

"En Casablanca, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía dependiendo del periodo del año. El periodo más nublado del año dura normalmente 8,5 meses y es entre principios de septiembre y finales de mayo del año, mientras que el periodo más despejado dura 3,5 meses y es entre finales mayo y principios de septiembre".

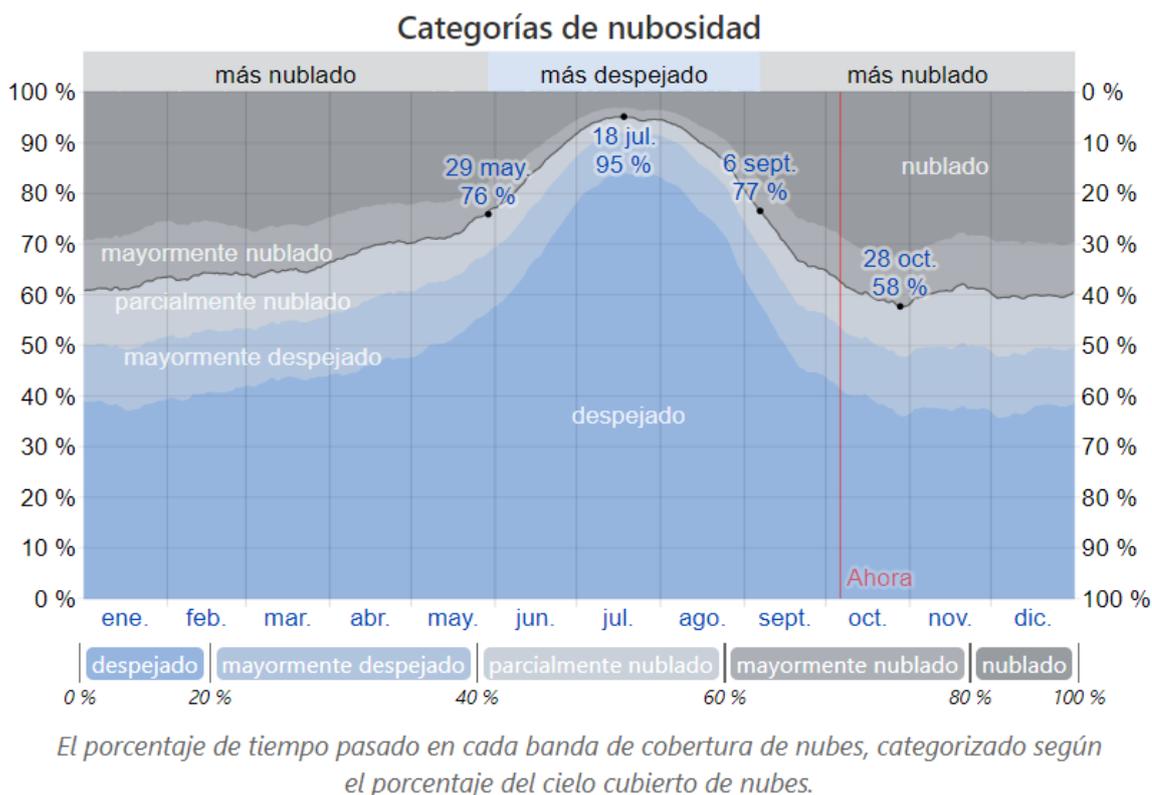


Fig. 18 _ Categorías de nubosidad en Casablanca, Marruecos

3.2.3 Precipitaciones

"El tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, hay poca probabilidad de nieve o de combinación de las dos.

Un día lluvioso es un día con mínimo de un 1 milímetro de precipitación equivalente a líquido, por lo que la temporada lluviosa del año dura 7,5 meses y es entre finales de septiembre hasta el 15 de mayo con un intervalo de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. El periodo cuando cae más lluvia es en noviembre con un total promedio de 67 milímetros".

La probabilidad máxima de un día lluvioso es del 24 % el 7 de diciembre.

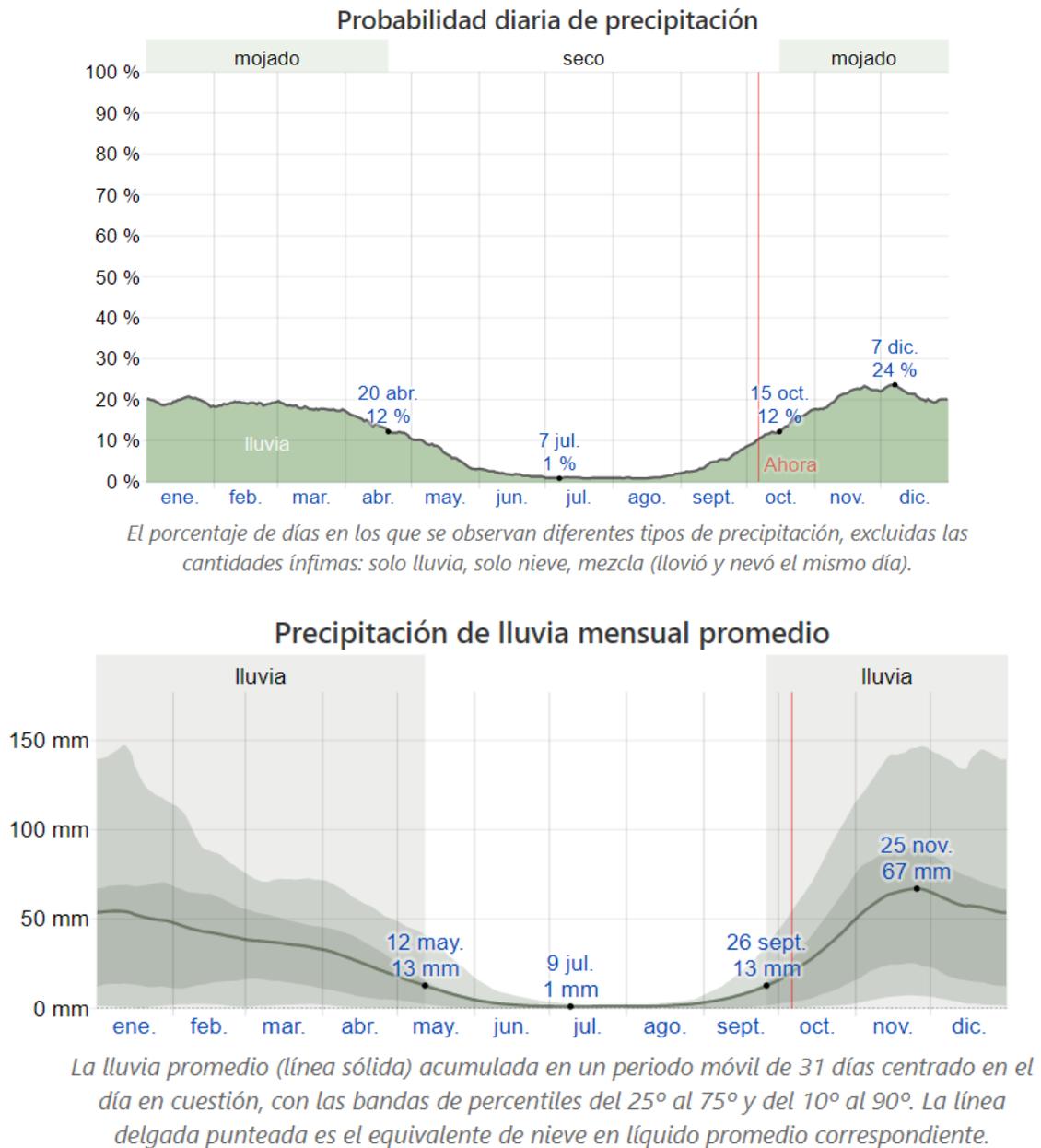


Fig. 19 _ Precipitaciones en Casablanca, Marruecos

3.2.4 Irradiación solar

"La duración del día en Casablanca varía considerablemente durante el año. En 2020, el día más corto es el 21 de diciembre, con 9 horas y 55 minutos de luz natural; el día más largo es el 20 de junio, con 14 horas y 23 minutos de luz natural". (es.weatherspark.com)



La cantidad de horas durante las cuales el sol está visible (línea negra). De abajo (más amarillo) hacia arriba (más gris), las bandas de color indican: luz natural total, crepúsculo (civil, náutico y astronómico) y noche total.

Fig. 20_ Horas de luz natural en Casablanca, Marruecos

"El periodo en el cual tenemos la mayor radiación del sol es en verano entre los meses de mayo y agosto

La salida del sol más temprana es a las 5:24 el 23 de mayo, y la salida del sol más tardía es 3 horas y 11 minutos más tarde a las 8:35 el 8 de enero. La puesta del sol más temprana es a las 18:21 el 4 de diciembre, y la puesta del sol más tardía es 2 horas y 23 minutos más tarde a las 20:44 el 28 de junio".

3.2.5 Viento

"Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en Casablanca tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 3,8 meses, del 11 de febrero al 4 de junio, con velocidades promedio del viento de más de 14,7 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 11 de abril, con una velocidad promedio del viento de 15,9 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 8,2 meses, del 4 de junio al 11 de febrero. El día más calmado del año es el 18 de septiembre, con una velocidad promedio del viento de 13,6 kilómetros por hora".

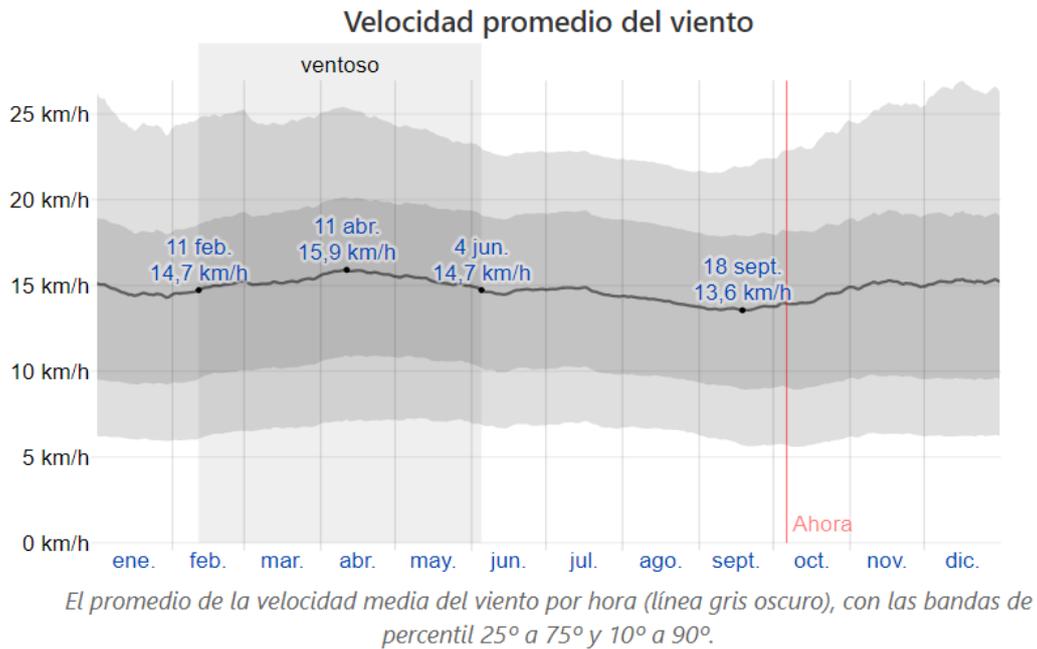


Fig. 21 _ Velocidad media de viento en Casablanca, Marruecos

"La dirección del viento promedio por hora predominante en Casablanca es del norte durante el año. "



Fig. 22 _ Dirección de viento en Casablanca, Marruecos

"El porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales, excluidas las horas en que la velocidad media del viento es menos de 1,6 km/h. Las áreas de colores claros en los límites son el porcentaje de horas que pasa en las direcciones intermedias implícitas (noreste, sureste, suroeste y noroeste) ".

3.3 ANALISIS ENERGETICO

3.3.1 Estrategias arquitectónicas de diseño bioclimático

Antes de poder hacer frente al tipo de estrategias que engloba la arquitectura bioclimática, debemos preguntarnos, ¿Qué es la arquitectura bioclimática?

La arquitectura bioclimática consiste en ser capaz de adaptarse a las condiciones ambientales del lugar, aprovechando los recursos de la zona y del medioambiente, de tal forma que consigamos un confort en la vivienda a costa de un consumo de energía nulo o prácticamente nulo.

En la arquitectura bioclimática priorizamos en la elección de las estrategias de diseño atendiendo principalmente a los siguientes objetivos:

- "Reducir la demanda energética del edificio; en invierno, maximizando las ganancias de calor y reduciendo las pérdidas de energía, y en verano lo opuesto".
- "Lograr una calidad del ambiente interior, en cuanto a temperatura, humedad, movimiento y calidad del aire".
- "Contribuir a reducir el consumo de combustibles fósiles".
- "Disminuir la emisión de gases contaminantes a la atmósfera".
- "Disminuir el gasto de agua y de iluminación artificial".

Para abarcar todos estos objetivos, se dispone de una serie de estrategias en la fase de diseño de los proyectos, las cuales podemos agruparlas en dos grupos:

LAS ESTRATEGIAS PASIVAS DE DISEÑO

Se trata de aquellas estrategias que se aplican en la fase de diseño del proyecto, con la finalidad de aprovechar al máximo las condiciones climáticas del entorno, reduciendo de esta forma los medios mecánicos necesarios para lograrlo.

Las principales estrategias pasivas que propongo son las siguientes:

- Optimizar la piel del edificio: factor de forma, aislamiento e inercia térmica del cerramiento, color de la fachada, fachada ventilada...
- Optimizar los huecos: estanqueidad, tipos de vidrio y de carpinterías...
- Iluminación natural: huecos, elementos de control lumínico...
- Estrategias de climatización **pasiva** para climas fríos:
 - Invernaderos adosados.
 - Muros captadores.
 - Muros trombe.
 - Acumulación de calor y distribución con lecho de grava.
 - Acumulación de calor con materiales de cambio de fase.

- Estrategias de climatización **pasiva** para climas cálidos:
 - o Patios interiores.
 - o Arquitectura enterrada.
 - o Sistemas tradicionales como la arquitectura de paja, adobe...
 - o Protecciones contra la radiación solar: aleros, lamas, contraventanas...
 - o Cubiertas vegetales.
 - o Cubierta ventilada.
 - o Incorporación de superficies frías.
 - o Sistema de refrigeración por evaporación del agua y ventilación natural
 - o Pantallas vegetales y ajardinamiento.
 - o El muro vegetal.
 - o El muro de gaviones.
 - o El techo frío.

- Estrategias de ventilación (principalmente para verano):
 - o Ventilación natural pura
 - o Ventilación forzada natural
 - o Ventilación inducida

LAS ESTRATEGIAS ACTIVAS DE DISEÑO

Son aquellas estrategias que usan medios mecánicos y nos ayudan a reducir el nivel de consumo necesario para alcanzar el nivel de confort. Estas estrategias sirven como medio de apoyo a las estrategias pasivas.

Las principales estrategias activas que propongo son las siguientes:

- Sistemas de captación solar para producir agua caliente.
- Sistemas de captación solar para producción de electricidad.
- Suelo radiante.
- Pared fría con conductos de agua fría.
- Aerotermia
- Ventilación mecánica con recuperación de calor, sistema incluido en las Passivhaus.
- Geotermia
- Iluminación de bajo consumo.

A continuación, se van a exponer los aspectos fundamentales de algunas de las **estrategias pasivas**, las cuales se tendrán presente a la hora de realizar la propuesta de rehabilitación del edificio que es objeto del estudio.

- Aislamiento térmico

El aislamiento térmico es uno de los pilares de la arquitectura bioclimática. Se trata de la primera barrera contra los cambios de temperatura que se producen en el exterior de la construcción y la temperatura de confort del interior.

El aislamiento térmico no depende solo del material aislante, como podría ser la lana de roca, sino que también hay factores como los huecos y los puentes térmicos.

- Puente térmico

Un puente térmico, no es más que un punto en la construcción, en el cual los materiales ofrecen una menor resistencia a la hora de intercambiar la temperatura exterior y la interior.

Por ello, como se ha mencionado en el apartado anterior, para evitar la aparición de puentes térmicos dentro de los cerramientos, es importante el aislamiento térmico y sobre todo su colocación.

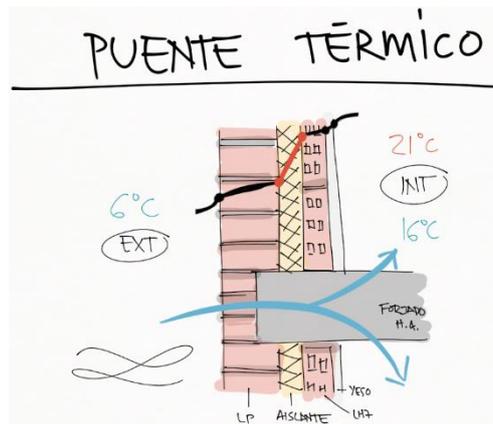


Fig. 23 _ Dibujo de un puente termico

En el caso del edificio a analizar se observa por la época de construcción que se ha usado un sistema de muros de adobe y forjados de viguetas de madera más ladrillos cerámicos apoyadas sobre los muros, lo que ocasiona la aparición de puentes térmicos en los cantos de los forjados.

Por otro lado, también observamos la aparición de puentes térmicos en los huecos de fachada tanto interior como exterior, al carecer estos de todo tipo de carpintería sellada en los huecos tanto de ventanas como de puertas.

- Aportes directos y protección de la radiación solar

La potencia incidente se denomina irradiancia (W/m^2). Los movimientos de la tierra influyen en la inclinación de los rayos, así como la latitud. Cuanto más perpendiculares, más energía.

La radiación que incide sobre los materiales se convierte en calor, por lo que se debe de aprovechar al máximo el aporte de esta radiación durante los meses de clima frío a través de los huecos.

Sin embargo, en verano, hay que intentar evitar esa radiación directa, lo cual se puede conseguir mediante el uso de elementos de protección solar sobre los huecos, como pueden ser: los aleros, las lamas, las persianas, las contraventanas....

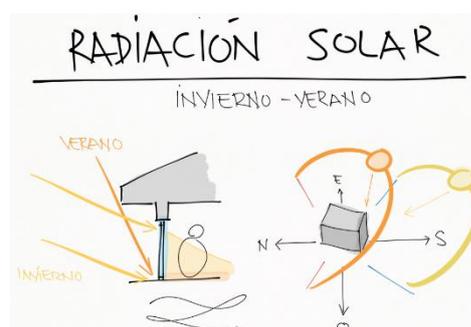


Fig. 24 _ Dibujo de la radiación solar

En Casablanca, ubicación del proyecto a analizar, los veranos son caliente, áridos y mayormente despejados y es cuando las temperaturas son más elevadas llegando a 30 grados, pero siempre teniendo una buena sensación térmica. Los inviernos son bastante frescos y parcialmente nublados, pero sin que las temperaturas bajen de los 10 grados.

Ello conlleva en su momento a cerrarse hacia el exterior y abrir todos los huecos de grandes dimensiones volcando al patio central de la vivienda, la cual se encuentra protegida por un pequeño voladizo perimetral en la planta de cubierta que funciona a modo de parasol.

- Inercia térmica

La inercia térmica es otra de las propiedades principales de los materiales que ayudan a conseguir y conservar las condiciones de confort en el interior de la vivienda. Cuando los valores de inercia térmica son elevados, es más fácil mantener la temperatura interior de forma constante con un menor consumo de energía.

Por ejemplo, un muro con una alta inercia térmica, en el invierno será capaz de almacenar el calor interior de la vivienda durante el día y devolverlo por la noche; realizando el proceso contrario en la época de verano.

Esta propiedad depende de:

- La masa de los materiales
- El calor específico del material
- El coeficiente de conductividad térmica.

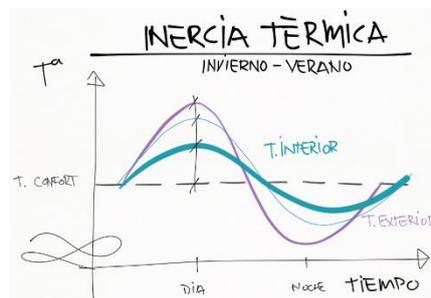


Fig. 25 _ Dibujo de la inercia térmica

En el caso del edificio a analizar se observa por la época de construcción que se ha usado un sistema de muros de adobe.

Una de sus características energéticas y técnicas principales es su inercia térmica, debido al espesor de los muros permite atenuar los cambios de temperatura externos, creando un ambiente interior agradable en todas las estaciones.

- Ventilación

La ventilación es el proceso por el cual se aprovecha la variación de temperatura entre el exterior y el interior, haciendo circular el aire por el interior de la vivienda.

En épocas de clima cálido, este método supone un gran método para la aclimatación de la vivienda. Gracias a ello podemos llegar a mantener la temperatura de confort en el interior, sin la necesidad de utilizar métodos mecánicos que consuman energía.

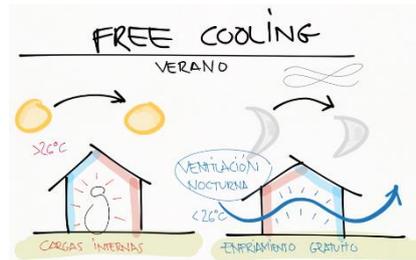


Fig. 26_ Dibujo de la ventilación

Al encontrarse la temperatura exterior por debajo de la temperatura de confort, podemos ventilar la vivienda de manera natural. Sin embargo, para que funcione de forma adecuada, la ventilación debe realizarse en un único sentido, lo que se conoce como ventilación cruzada.

En Casablanca las noches de verano, sobre todo en julio-agosto, generalmente, la temperatura exterior desciende de 26°C a partir de la medianoche, llegando a bajar hasta los 21°C, pudiendo ventilar la vivienda durante toda la noche.

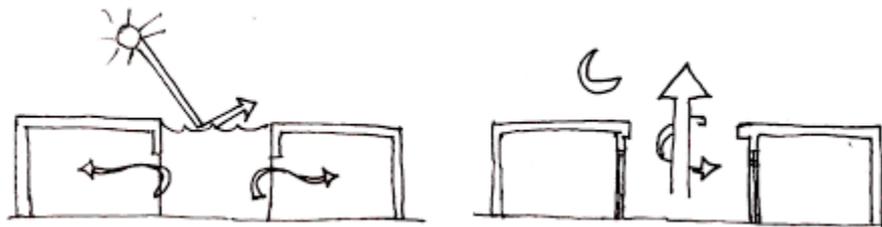


Fig. 27 _ Dibujo de la ventilación

Sin embargo, por la configuración de la vivienda esta carece de la posibilidad de tener una ventilación cruzada.

- Doble Piel

La doble piel es uno de los factores que más pueden afectar a la hora del diseño de la vivienda, ya que consiste en crear dos capas de fachada que sean continuas e independientes, con una cámara de aire ventilada que las separe.

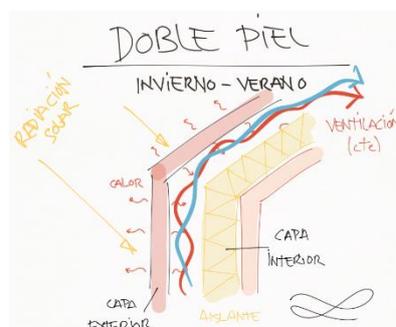


Fig. 28 _ Dibujo de la doble piel

Es un sistema muy efectivo, sobre todo en los meses de verano, cuando la incidencia del sol aumenta de forma considerable. Ya que reduce la cantidad de radiación solar que es absorbida por la capa interior de la envolvente.

Sin embargo, en invierno funciona de forma totalmente contraria, la cámara impide que el calor producido en el interior de la vivienda sea expulsado hacia el exterior.

- Invernadero adosado

Este método consiste en la creación de una estancia acristalada a modo de invernadero, que nos permite controlar la temperatura y la humedad de la misma, y a su vez el intercambio con el interior de la vivienda.

El calor que se genera en el interior del invernadero, genera mediante convección que el aire en su interior se desplace, a este movimiento se le denomina termo-circulación. Aprovechando ese movimiento del aire, se puede crear corrientes de aire que circulen entre el interior de la vivienda y el invernadero.

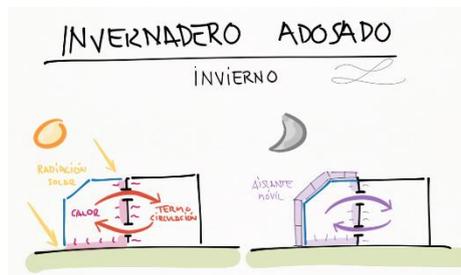


Fig. 29 _ Dibujo de un invernadero adosado

Esta estrategia funciona de forma inversa al resto. En invierno se cerraría del todo la estancia para así captar la radiación solar y calentar el aire en su interior; mientras que en verano se abriría para permitir la entrada del aire frío del exterior.

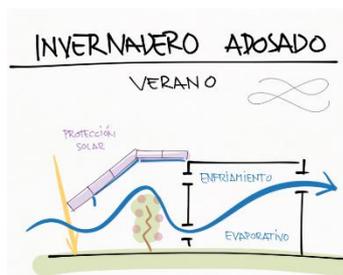


Fig. 30 _ Dibujo de un invernadero adosado

Este método se puede utilizar en combinación con láminas de agua o vegetación, potenciando así el funcionamiento.

- Muro Parietodinámico y Chimenea Solar

Los muros parietodinámicos son una derivación de los invernaderos, pero a pequeña escala. Se trata de espacios acristalados en fachada y separados por una cámara de aire de un espesor considerado, la cual absorbe la radiación solar para calentar el aire en el interior de la cámara.

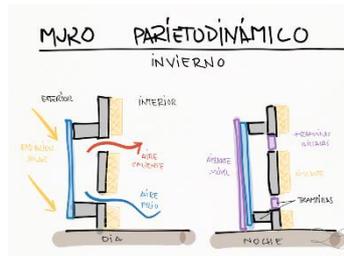


Fig. 31 _ Dibujo de un muro parietodinamico

El diseño de los muros puede ser de diversas formas, desde completamente cerrados con apertura hacia el interior de la vivienda, como abiertos en la parte superior hacia el exterior y en la parte inferior hacia la vivienda.

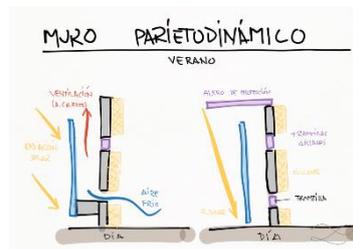


Fig. 32 _ Dibujo de un muro parietodinamico

Su gran función la realiza en verano, cuando actúa a modo de chimenea y extrae el aire caliente del interior de vivienda y lo reemplaza por aire con una menor temperatura.

- Muros y suelos acumuladores térmicos

Los muros y suelos acumuladores térmicos almacenan la radiación solar incidente sobre ellos, almacenándola en su interior y liberándola progresivamente hacia el interior de la vivienda a lo largo del día.

El principio técnico tras este procedimiento es la inercia térmica, por ello los materiales empleados en la construcción de este tipo de muros y suelos tienen que tener un alto valor de inercia térmica.

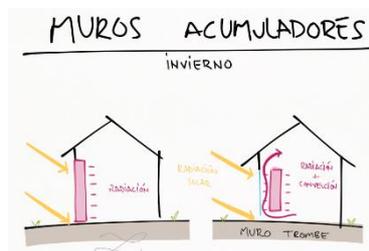


Fig. 33 _ Dibujo de los muros acumuladores

EL funcionamiento de este sistema es el siguiente: la radiación solar que incide sobre los muros y/o suelos haciendo aumentar su temperatura. Estos almacenan el calor y lo devuelven al interior de la estancia de forma progresiva en el tiempo.



Fig. 34 _ Dibujo de un suelo acumulador

Este sistema se denomina: **Muro Trombe**.

- Pozos canadienses

Los pozos canadienses son un sistema de refrigeración que utiliza la geotermia para calentar o enfriar el aire exterior e introducirlo en la vivienda. El sistema está conformado por un sistema de tuberías enterradas que conducen el aire exterior al interior de la vivienda. El estar enterrado y debido a la gran inercia térmica de la tierra, que hace que esta siempre tenga la misma temperatura, este sistema enfría el aire en verano y lo calienta en invierno.

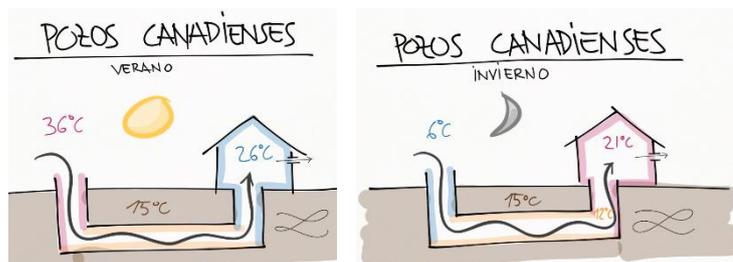


Fig. 35 _ Dibujo de los pozos canadienses



Fig. 36 _ Esquema del funcionamiento de los pozos

Por último, se considera interesante la opción de realizar una instalación en la vivienda que nos aporte beneficios y reduzca el consumo total de la misma. Para ello se plantea la posibilidad de incorporar una de las **estrategias activas**

- **Aeroterminia**

Se trata de un sistema de refrigeración y calefacción renovable y eficiente.

Extrae energía del aire exterior para convertirla en calefacción, refrigeración o agua caliente sanitaria.

El sistema de aeroterminia funciona utilizando una bomba de calor, la impulsa el sistema de calefacción y refrigeración y a su vez genera el agua caliente sanitaria (ACS). Esto se traduce en un ahorro de hasta el 75% en el consumo de energía.

El sistema de aeroterminia consta de:

- Una unidad exterior o compresor
- Una unidad interior o hidrokit
- El equipo de calefacción y/o refrigeración.

Puede proporcionar calefacción a través de sistemas como:

- Suelo radiante
- Radiadores de baja temperatura o convencionales
- Equipos de expulsión del aire como Splits o Fan-coils

Las principales ventajas del sistema de aeroterminia

- Hace que el sistema de calefacción sea más eficiente.
- Puede ser utilizado tanto en invierno como en verano.
- Ahorro en electricidad.
- Es un sistema más seguro.
- No necesita apenas mantenimiento.
- Energía renovable y sostenible, certificada por la Unión Europea desde 2007

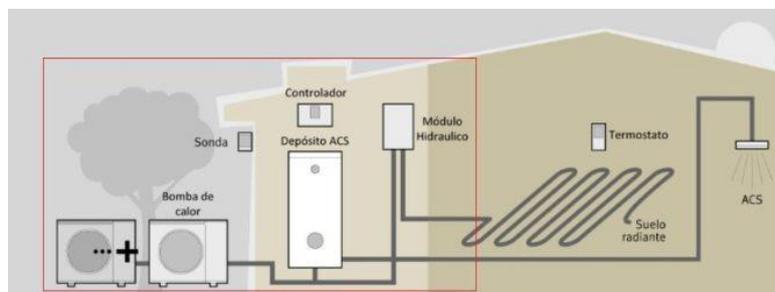


Fig. 37 _ Esquema instalación Aeroterminia_Daikin

4. SOLUCIONES BIOCLIMÁTICAS

Para la simulación energética del Edificio, se ha utilizado el programa Autocad 2020 para los planos, el programa Autodesk Revit 2020 para el modelado de la vivienda y el programa Autodesk Ecotect Analysis 2011 para la realización del análisis de la misma.

- Planos estado actual:

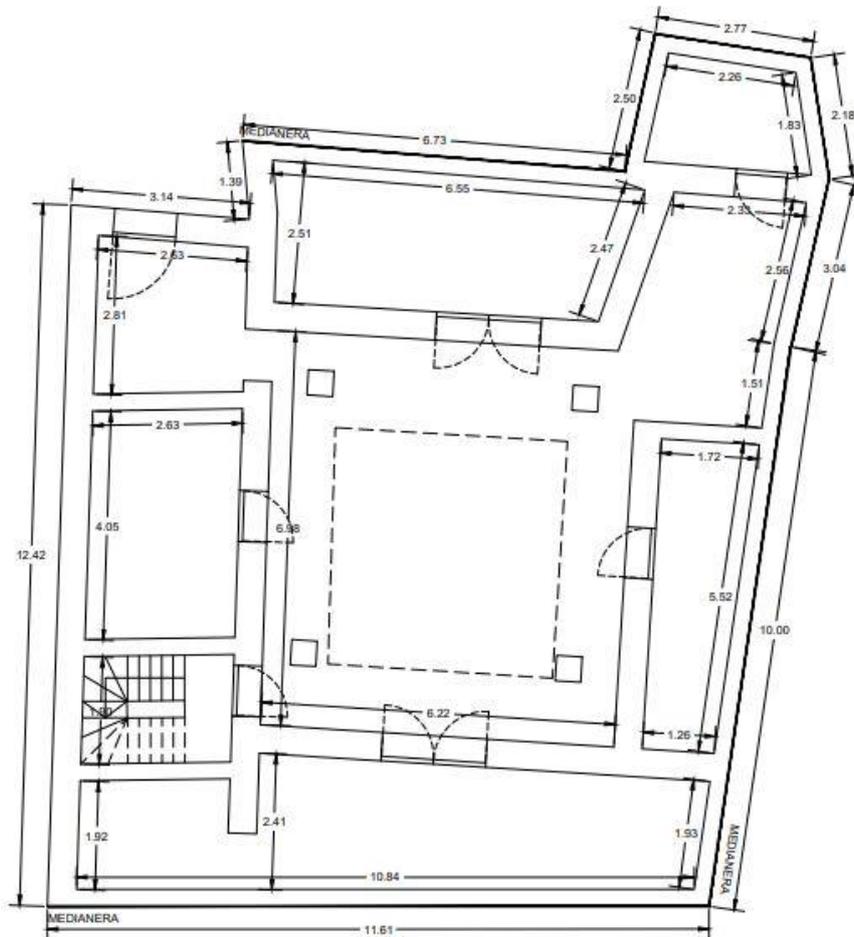


Fig. 38 _ Plano planta baja del edificio (Elaboración propia)

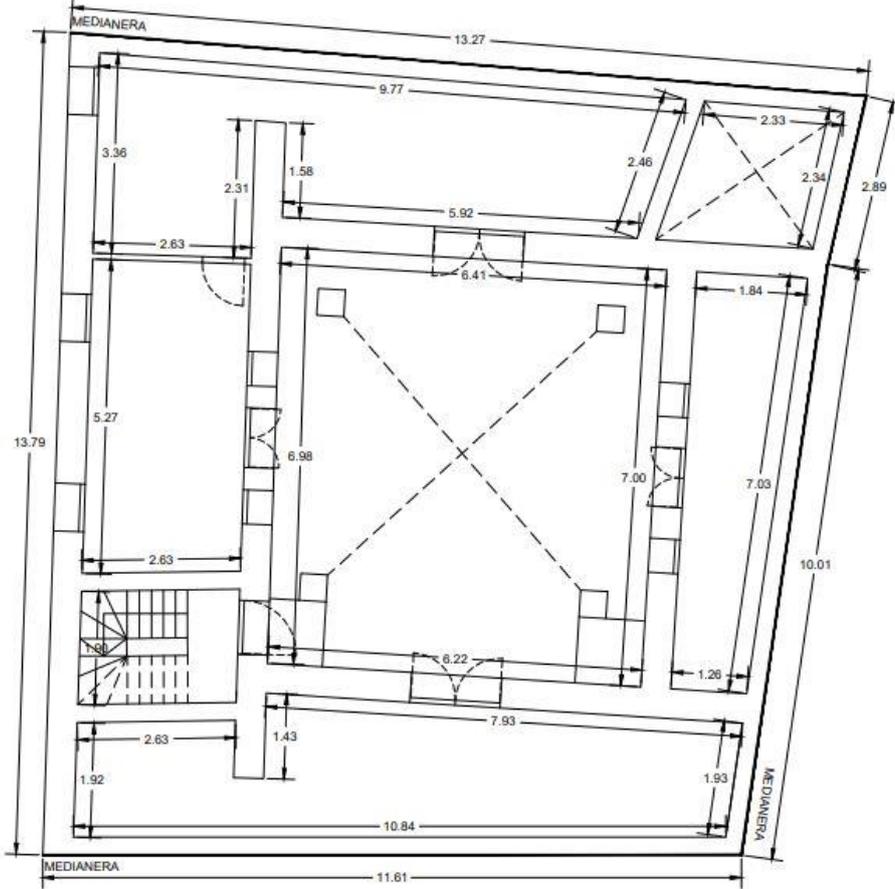


Fig. 39 _ Plano planta primera del edificio (Elaboración propia)

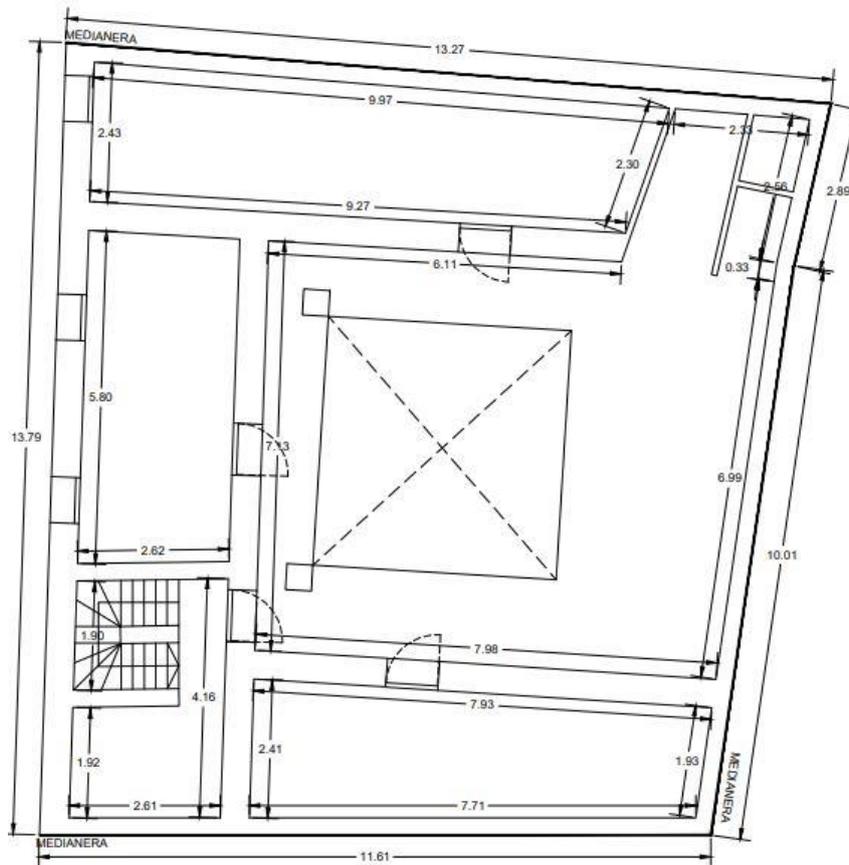


Fig. 40 _ Plano planta segunda del edificio (Elaboración propia)

4.1. Autodesk Ecotect Analysis _ Estado Actual

Lo primero que se analiza es la radiación solar, para conocer los valores de incidencia de esta sobre la edificación, con la finalidad de determinar si la envolvente del edificio es eficiente o no. Para ello vamos a obtener los datos de:

- Radiación solar recibida
- Demanda mensual de refrigeración y calefacción
- Las pérdidas anuales.

Para poder proceder al análisis se ha tenido que estipular unos valores de partida, los cuales son:

Ajustes generales:

- Los vidrios de las ventanas son simples de 6mm
- Se considera una iluminación interior de 300 lux para la potencia de las luminarias.
- Potencia para los equipos existentes en el local (Frac. Rad. = 0,1 W/m²).
- Valores de renovación del aire de 0.50 air renovaciones/hora.

Propiedades de confort:

- El tipo de sistema para refrigeración y calefacción, se elige el equipo aire acondicionado mixto, ya que actualmente se tiene en cuenta la ventilación natural en el edificio.
- Las temperaturas de confort en un rango de 18°C a 24°C.

En los siguientes esquemas de colores se van a mostrar los valores obtenidos de diferentes factores, exportados del programa Ecotect Analysis.

OBJECT ATTRIBUTES

Avg. Daily Radiation
Value Range: 0.0 - 5000.0 Wh/m²
(c) ECOTECT v.6

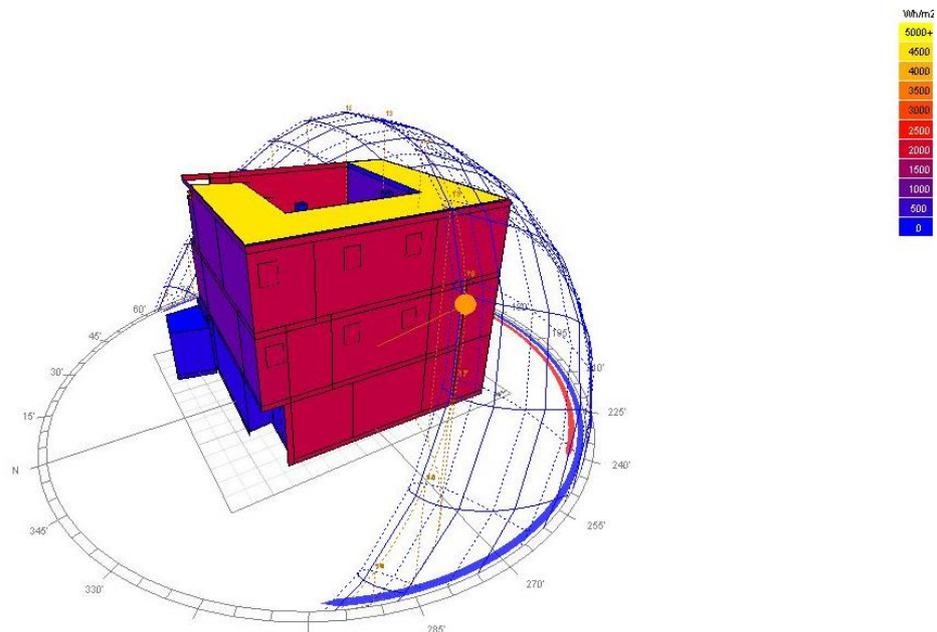


Fig. 41 _ Estudio de radiación solar

Analizando el esquema podemos observar cómo en general la radiación incidente sobre la edificación es bastante elevada, llegando a valores:

- Cubierta: 4142 Wh/m²
- Fachada: 2093.04 Wh/m²
- Medianera: 1665.5 Wh/m²

Se procede a realizar un estudio más exhaustivo para conocer cuál será la demanda mensual y anual de calefacción y refrigeración de la vivienda.

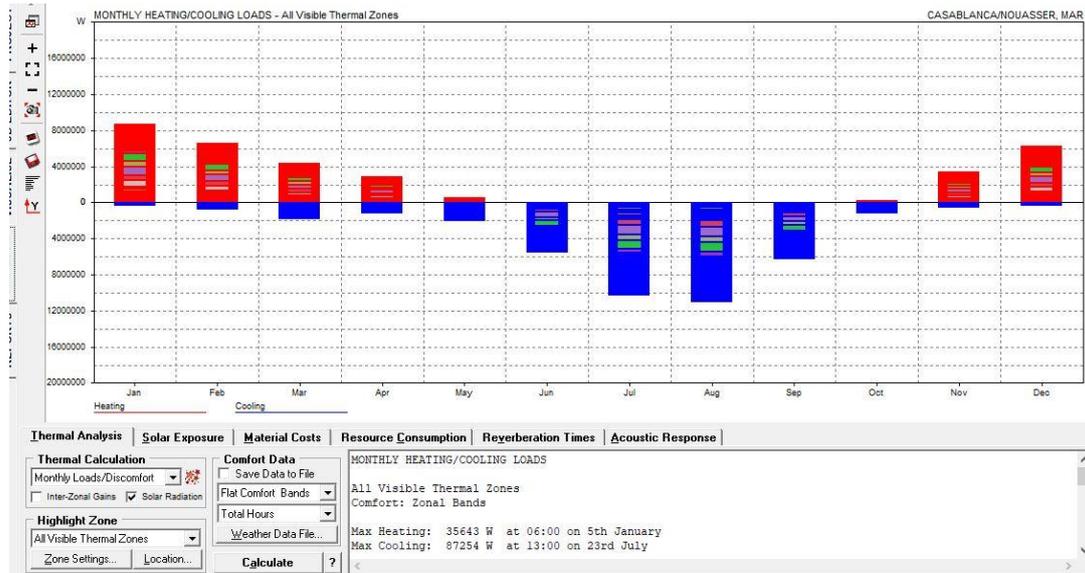


Fig. 42 _ Demanda mensual de calefacción y refrigeración

	Calefacción (Wh)	Refrigeración (Wh)	Total (Wh)
Total	33304288	41722024	75026312
Por M²	47141	59057	106198

Superficie Área: 706.476 m²

Dado el estado actual de la vivienda; con carpinterías y acristalamientos muy poco aislantes y su falta de aislamiento en fachada y medianeras; el resultado es el esperado. Los valores obtenidos son muy desfavorables, siendo el mes de enero el de mayor demanda de calefacción con un valor de 35,643 Kw, y el mes de agosto el de mayor demanda de refrigeración con un valor de 87,254 Kw.

De estos datos se observa que, la demanda máxima de refrigeración es casi el triple que la demanda de calefacción. Esto se debe a la composición constructiva de la vivienda. Como se ha mencionado, los muros de fachada y de medianera construidos con adobe, aportan una gran inercia térmica, lo que ayuda a retener el calor obtenido del exterior y liberarlo en el interior de la vivienda en los meses más fríos.

Por otro lado, se estudia las ganancias y las pérdidas procedentes de la conducción y radiación de los cerramientos a lo largo del año. También se obtendrán los valores de las cargas internas de la vivienda

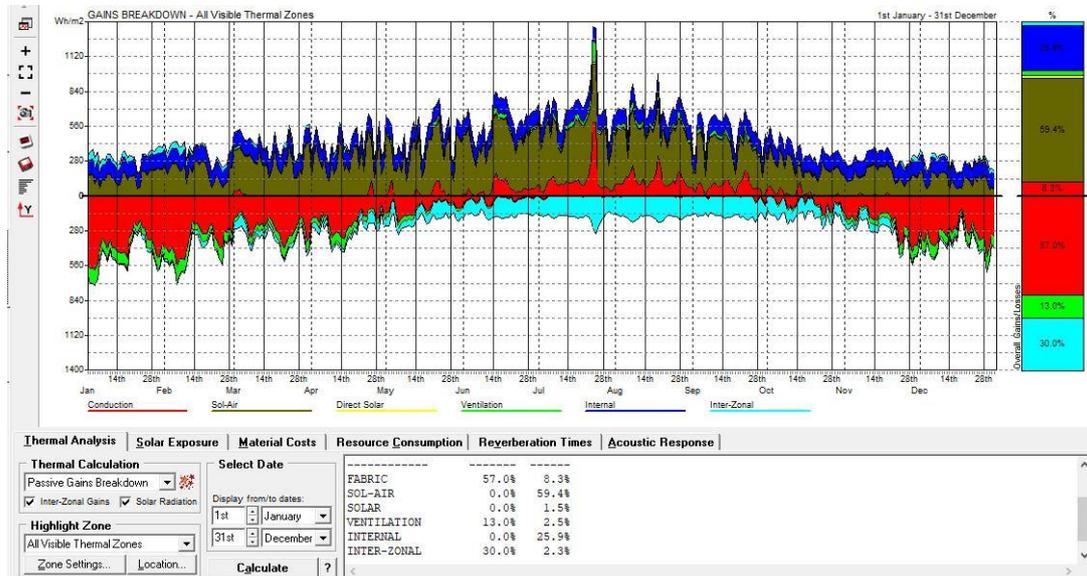


Fig. 43_ Desglose de ganancias y pérdidas

Observando el gráfico superior, se puede visualizar que los principales problemas del comportamiento térmico original son:

- Muy elevadas cargas internas durante todo el año.
- Baja extracción de calor por ventilación en los meses de junio, julio, agosto y septiembre.
- Sistemas de cerramientos con una elevada transmitancia, pérdidas en los meses fríos y algunas ganancias en los meses de verano.

Tras haber realizado el análisis, se puede afirmar que, la eficiencia energética de la vivienda en casi nula. Por ello se plantea una rehabilitación de la vivienda con una serie de actuaciones enfocadas a subsanar los valores de pérdidas/ganancias de energía no deseadas que han aparecido tras el análisis.

4.2. Propuesta de rehabilitación conservando su distribución actual

Tras los resultados del análisis del estado actual, se plantean una serie de mejoras básicas de la vivienda, con la finalidad de reducir la demanda de consumo de la misma.

- **Sustitución de las ventanas de toda la vivienda**

Carpintería con Rotura de Punte Térmico

Se propone un cambio global de todas las carpinterías de la vivienda, tanto de las fachadas interiores del patio como de las fachadas que recaen a la calle.

La Rotura de Puente térmico consiste en evitar que la cara exterior de la carpintería y la cara interior entren en contacto, y para ello se coloca un elemento poco conductor entre ambos para así evitar el intercambio de temperatura entre ellos.

Atendiendo a la normativa europea UNE-EN 14024, el material a emplear para la rotura del puente térmico será la poliamida 6.6 reforzada con un 25% de fibra de vidrio.

Las ventajas del uso de la rotura de puente térmico son:

- El ahorro de energía.
- La limitación de la condensación.
- Cumple con las exigencias tanto del Protocolo de Kyoto como del nuevo Código Técnico de la Edificación, implantado recientemente en España. (A pesar de que la edificación se encuentra ubicada en Marruecos, se ha optado por realizar el estudio con el CTE de España)

Vidrios de Baja Emisividad

"Las propiedades de los **Vidrios Bajo Emisivos**, permiten reducir el gasto en refrigeración, así como el reflejo de luz directa que entra por los cristales, permitiendo así lograr una temperatura confortable en el interior de los espacios.

Las capas que forman estos vidrios consiguen que las temperaturas de calor del sol se reflejen hacia el exterior, de tal forma que evitan que el espacio se recaliente y hace que se mantenga la temperatura constante en su interior.

- Tiene grandes propiedades en cuanto a la transición de luz natural se refiere, lo cual provoca ahorro de energía y capacidad de aprovechar luz natural
- Un vidrio Bajo Emisivo mantiene muy bien el calor en las habitaciones y salas y también reducen la pérdida de calor en los meses más fríos".

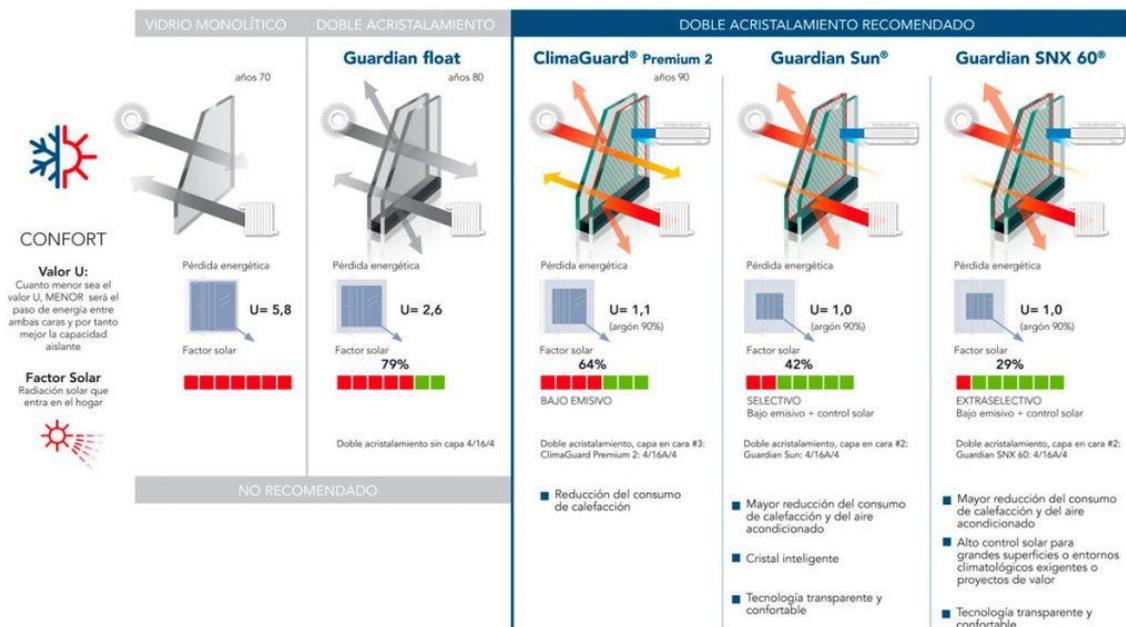


Fig. 44 _ Esquema funcionamiento vidrio Guardian Glass

- Sistema SATE en fachadas

La principal intervención que se debe acometer para la mejora de la eficiencia energética de la vivienda es la eliminación de los puentes térmicos de los forjados y el aumento de la inercia térmica de los cerramientos exteriores.

Por ello se opta por la incorporación de un revestimiento continuo con aislamiento en todas las fachadas de la vivienda, tanto a las que vuelcan a la calle como las que dan al interior del patio.

El sistema en concreto se denomina SATE. Este sistema consiste en incorporar un revestimiento de aislamiento con un espesor óptimo, según cálculo, en toda la envolvente del edificio para así disminuir el consumo de energía y por consiguiente tener un ahorro energético importante.

"Las principales ventajas de la solución de un sistema SATE pueden ser, entre otras:

- Mejora el confort térmico, equiparación entre confort y consumo.
- Ayuda a la reducción de emisiones de CO₂.
- Se reducen los puentes térmicos en la fachada.
- Se reduce el riesgo de condensaciones intersticiales.
- Mantiene los elementos constructivos del edificio en condiciones termohigrométricas estables, contribuyendo al mantenimiento e impidiendo la degradación".

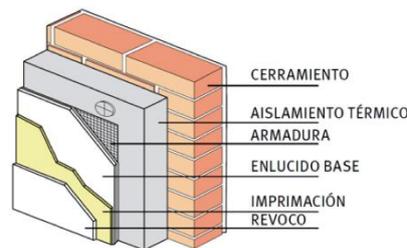


Fig. 45 _ Esquema sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE).

- Trasdoso de las medianeras

De la misma forma que se plantea el aislamiento de los muros que vuelcan a los espacios exteriores, se plantea un trasdoso en todos aquellos muros medianeros que vuelcan a un espacio habitable de la vivienda.

De esta manera se busca disminuir el consumo de energía tanto para refrigeración como para calefacción, mediante la reducción de la energía disipada al exterior,

- Sistema constructivo cubierta

Otra de las actuaciones propuestas en la vivienda es la mejora energética del funcionamiento de las diversas cubiertas de la vivienda.

Actualmente las cubiertas son planas, y a excepción de la cubierta del Nivel 3, todas las demás son no transitables. Lo que se pretende es mejorar el aislamiento de todas las cubiertas térmicamente.

Para ello se levantará la cubierta hasta la cara superior del forjado y se creará un nuevo sistema de cubierta invertida con acabado de grava o porcelánico, según el caso.

Lo que se busca con ello es disminuir las pérdidas por cubierta, reduciendo la transmitancia de los materiales y mejorar su inercia térmica global, para una mejor adaptación a los cambios de clima a lo largo del año.

- Elementos de protección solar

En lo que respecta a la protección solar de los huecos, se plantean dos soluciones que se agrupan según el nivel de la vivienda.

En la planta baja se reconstruye el vuelo perimetral del patio del forjado de nivel 1 en su totalidad. Esto les proporciona sombra a los huecos que quedan por debajo.

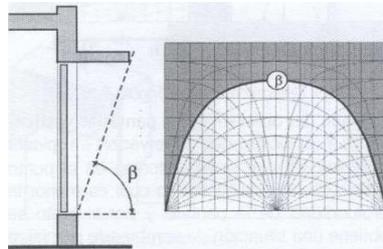


Fig. 46 _ Determinación del ángulo. Arquitectura Sostenible en

En el resto de niveles se plantea un sistema de protección solar móvil. En concreto el sistema de protección solar de lamas regulables.

Por ejemplo, los sistemas de protección solar Gradhermetic son una excelente solución, ya que permiten regular fácilmente la energía solar que penetra en el interior del edificio tanto en invierno como en verano a base de lamas horizontales y verticales.

La regulación de las lamas permite cambiar la posición de las lamas según la estación disminuyendo así el consumo en calefacción. Lo que significa mantener el confort en la vivienda obteniendo un ahorro en refrigeración. Además, la apertura de lamas y ventanas permite la circulación de aire.



Fig. 47 _ Esquema uso protección solar.

La orientación de la lama es muy importante para el buen funcionamiento del sistema.

- Fachadas con orientación **sur**: sistemas de lamas horizontales.
- Fachadas con orientación **suroeste** y **sureste**: sistemas de lamas móviles verticales y horizontales.
- Fachadas con orientación **este** y **oeste**: sistemas más idóneos son los de lamas verticales.

- Planos rehabilitación básica:

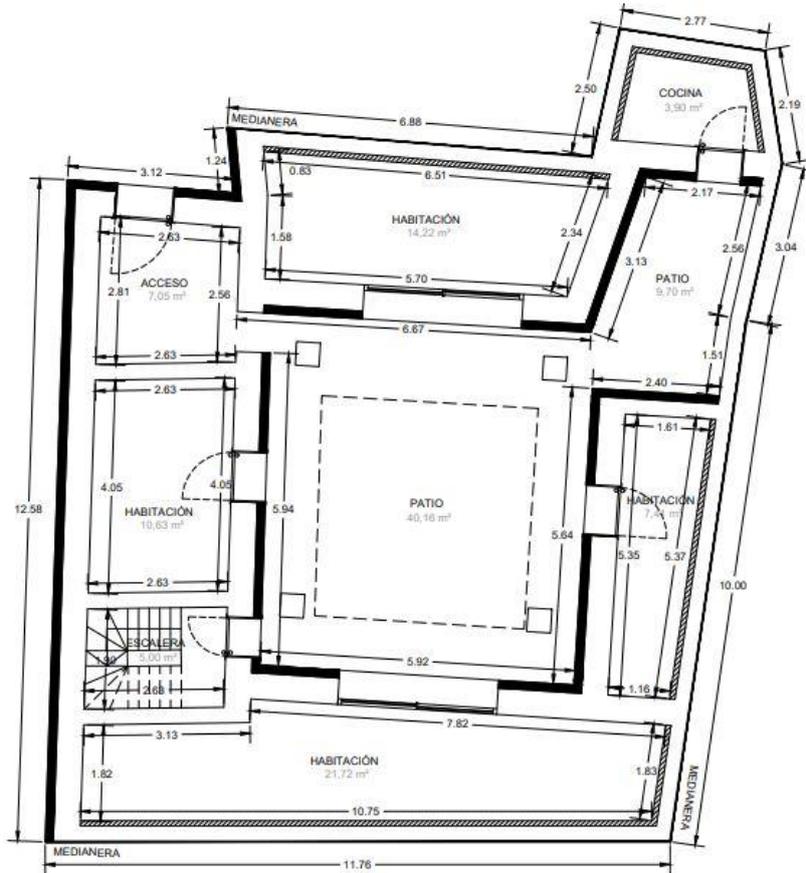
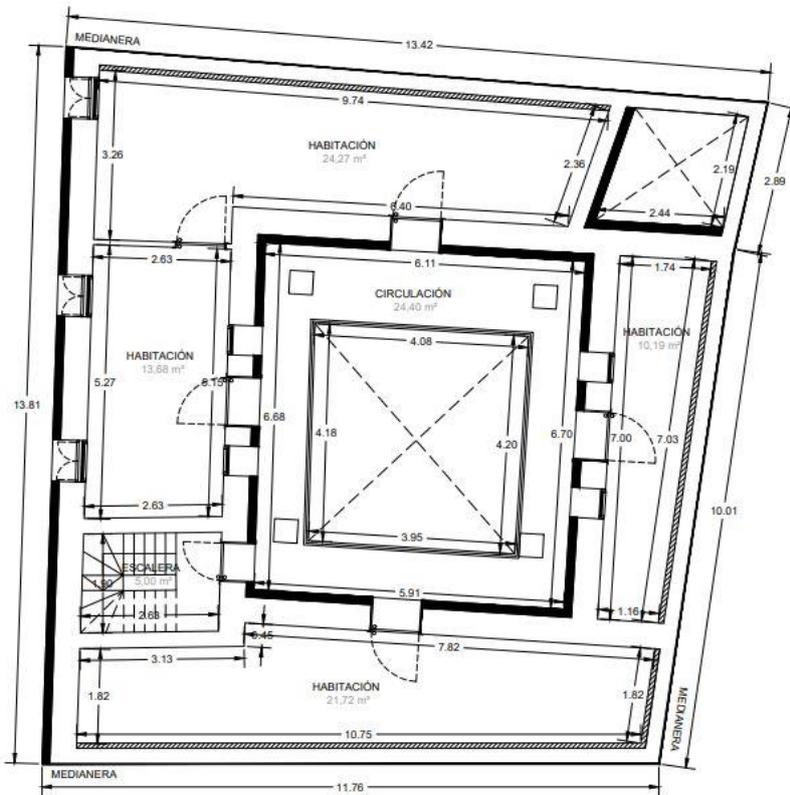


Fig. 48 _ Plano planta baja del edificio (Elaboración propia)



Legenda

-  Revestimiento Sate
-  Trasdoso 40(400)+15A+15A
-  Cubierta Invertida de Grava
-  Cubierta Invertida de Transitable

Fig. 49 _ Plano planta primera del edificio (Elaboración propia)

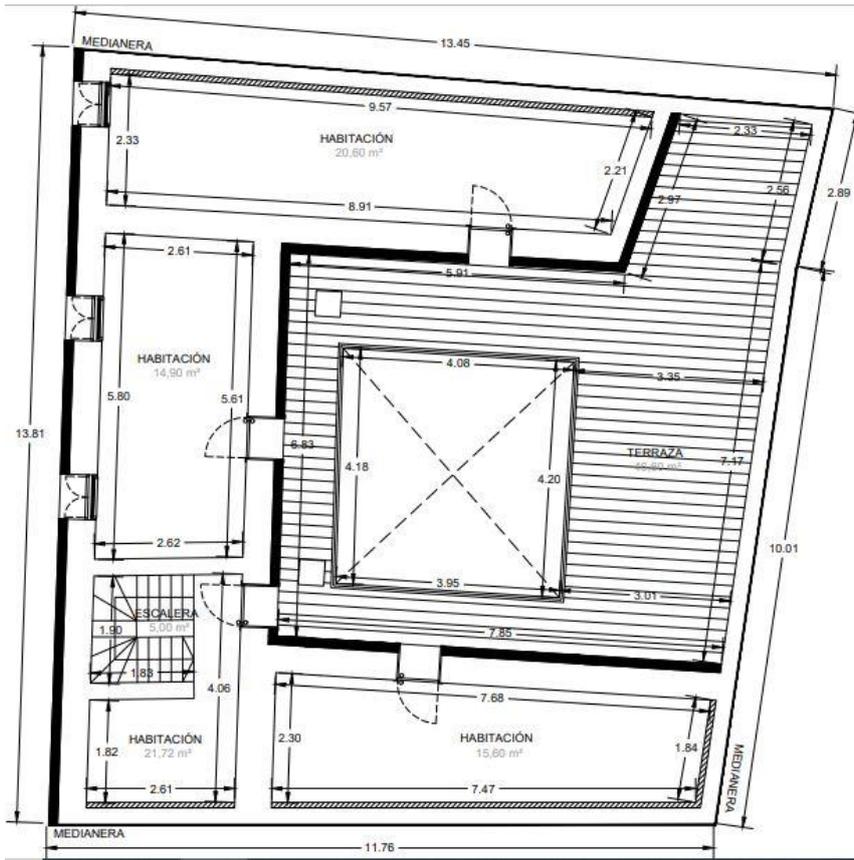


Fig. 50 _ Plano planta segunda del edificio (Elaboración propia)

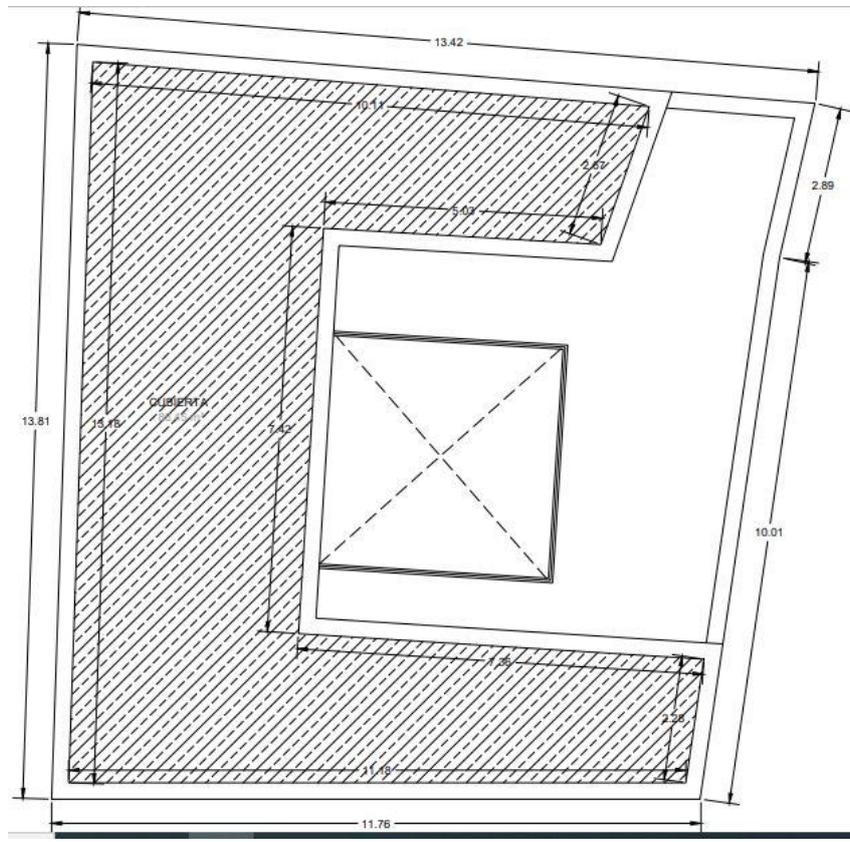


Fig. 51_ Plano planta cubierta del edificio (Elaboración propia)

4.3. Autodesk Ecotect Analysis _ Análisis de la propuesta anterior

Una vez planteadas las actuaciones que se realizarán sobre la vivienda para su mejora a nivel de eficiencia energética. Se procede a realizar una simulación de la misma para determinar si la inversión a realizar sobre la vivienda es proporcional al nivel de mejora que se obtiene a nivel energético de la misma.

Se volverán a analizar la radiación solar incidente en la edificación para conocer así las zonas que han mejorado y las que continúan presentando problemas. Para ello vamos a obtener los datos de:

- Radiación solar recibida
- Demanda mensual de refrigeración y calefacción
- Las pérdidas anuales.

Ajustes generales:

- Los vidrios están compuestos de 3+3 / 16 / 4+4 (bajo emisivo).
- Se considera una iluminación interior de 300 lux para la potencia de las luminarias.
- Carpinterías de ventanas de aluminio con rotura de puente térmico.
- Ganancia de carga sensible de 5 w/m² y ganancia de carga latente de 2 w/m².
- Valores para el intercambio de aire entre zona y ambiente exterior, una renovación del aire de 0.50 air renovaciones/hora y una sensibilidad del viento de 0.25 air renovaciones/hora

Propiedades de confort:

- Se va a favorecer la ventilación natural en el edificio.
- Las temperaturas de confort se consideran en un rango de 18°C a 24°C.

En los siguientes esquemas de colores se van a mostrar los valores obtenidos de diferentes factores, del programa Ecotect Analysis.

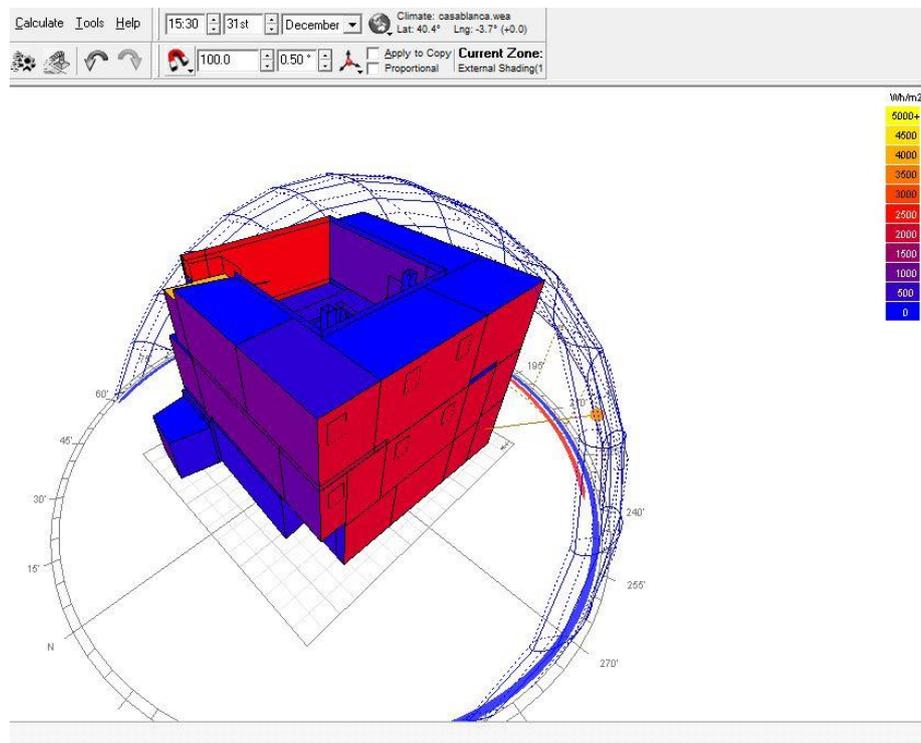


Fig. 52 _ Estudio de radiación solar

Analizando el esquema podemos observar cómo en general la radiación incidente sobre la edificación es bastante elevada, llegando a valores:

- Cubierta: 408.75 Wh/m²
- Fachada: 1532 Wh/m²
- Medianera: 446.7 Wh/m²

Como se puede observar ha habido una mejora considerable general de todos los valores, observado que la cubierta ha pasado de los 4141Wh/m² a los 408.75 Wh/m², lo que significa una reducción de 3733.25Wh/m².



Fig. 53 _ Demanda mensual de calefacción y refrigeración

	Calefacción (Wh)	Refrigeración (Wh)	Total (Wh)
Total	11797043	5621611	17418656
Por M²	16698.43	7957.25	24655.69

Superficie Area: 706.476 m²

Después de los cambios realizados; los valores obtenidos siguen siendo bastante desfavorables, siendo el mes de enero el de mayor demanda de calefacción con un valor de 10,328 Kw, y el mes de agosto el de mayor demanda de refrigeración con un valor de 30,217 Kw.

Se puede observar que las actuaciones de aislamiento en los cerramientos han generado una reducción considerable de la demanda, reduciendo la máxima de refrigeración y calefacción en los meses críticos en casi un 70%, de los valores iniciales. lo que supone una disminución en refrigeración de 25,315 Kw y en calefacción de 57,037 Kw. Aun así, la demanda sigue siendo algo elevada para una vivienda unifamiliar.

Por último, se estudia las ganancias y las pérdidas procedentes de la conducción y radiación de los cerramientos a lo largo del año.

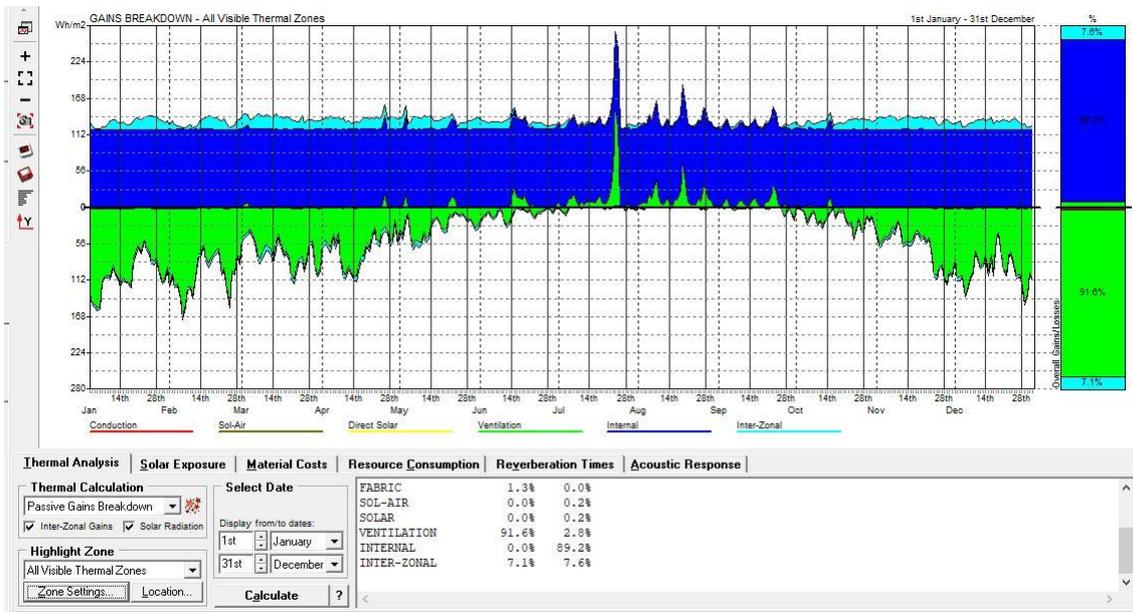


Fig. 54 _ Desglose de ganancias y pérdidas

Observando el gráfico superior, se puede visualizar que los valores de carga interna se han estabilizado. Sin embargo, la ventilación de la vivienda sigue siendo deficiente. Esto como se ha comentado anteriormente se debe a la configuración de su distribución interior, dado el hecho de que todas las estancias vuelcan sólo al patio central, imposibilitando la ventilación cruzada.

Este problema podría solucionarse creando chimeneas de ventilación o patios secundarios en su defecto, de tal forma que las estancias dispongan de huecos en más de uno de sus cerramientos, favoreciendo de esta forma la tan mencionada ventilación cruzada.

Tras haber realizado el análisis, se puede afirmar que, la eficiencia energética de la vivienda ha mejorado entorno a un 70%, con respecto a los valores de partida de la vivienda. Está claro que aún quedaría muchos factores a estudiar para llegar a un punto de eficiencia energética óptima.

4.4 Propuesta de mejora integral

Tras analizar la vivienda en su estado actual y viendo la mejora considerable que ha tenido en el segundo análisis tras las mejoras básicas, se plantea una nueva posibilidad de intervención en la edificación con la finalidad de conseguir llegar al consumo nulo de energía.

Como se ha ido observar en el segundo análisis los valores de carga térmica se han estabilizado, pero la ventilación de la vivienda continúa siendo uno de los puntos a resolver. Por ello se procede a plantear una propuesta de reforma, modificando la envolvente y las particiones horizontales de la edificación, con la finalidad de conseguir estabilizar también esos valores.

La actuación se centra en una de las estrategias mencionadas anteriormente:

- La ventilación cruzada

Se plantea la organización de la fachada principal, modificando de ubicación el acceso principal a la vivienda y la creación un segundo patio en el interior de la vivienda que sirva de ventilación a las estancias interiores.

El acceso actualmente situado en la zona superior, se traslada a la zona sur de la fachada principal, creando un hueco que abarca la totalidad de la altura de la edificación. De esta forma obtenemos una primera zona de habitaciones con ventilación cruzada aprovechando los huecos de fachadas y los que dan al patio interior de la vivienda.

El segundo patio se ubica en lo que actualmente es un patio en planta baja, pero que actualmente se haya cubierto. Se propone la demolición de la zona del forjado del nivel 3 que cubre dicho patio. Con esto conseguimos que las habitaciones interiores de la vivienda también dispongan de hueco a dos fachadas diferentes proporcionándoles así de ventilación natural cruzada.

Con ello se espera que, al mejorar los valores de ventilación de la vivienda, mejoren a su vez los valores de carga térmica y por lo tanto el consumo de energía necesario para aclimatarla.

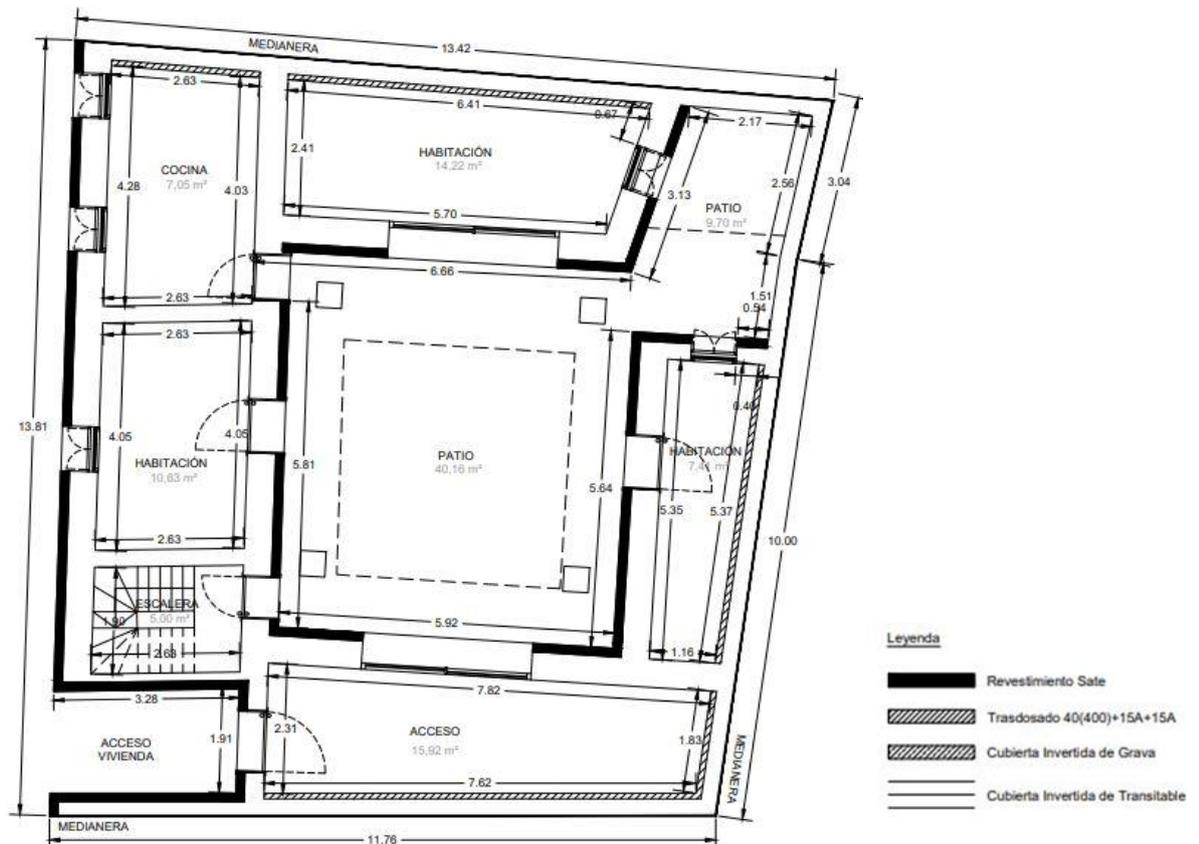


Fig. 55 _ Planta baja del edificio- propuesta mejora integral. (elaboración propia)

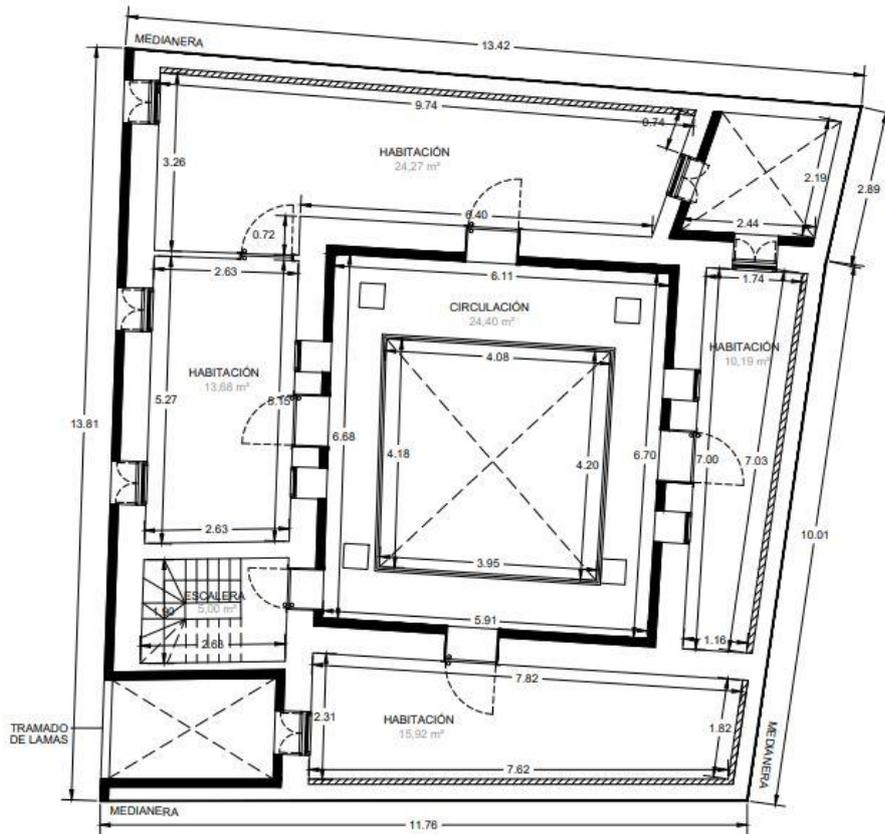


Fig. 56 _ Planta primera del edificio-propuesta mejora integral. (elaboración propia)

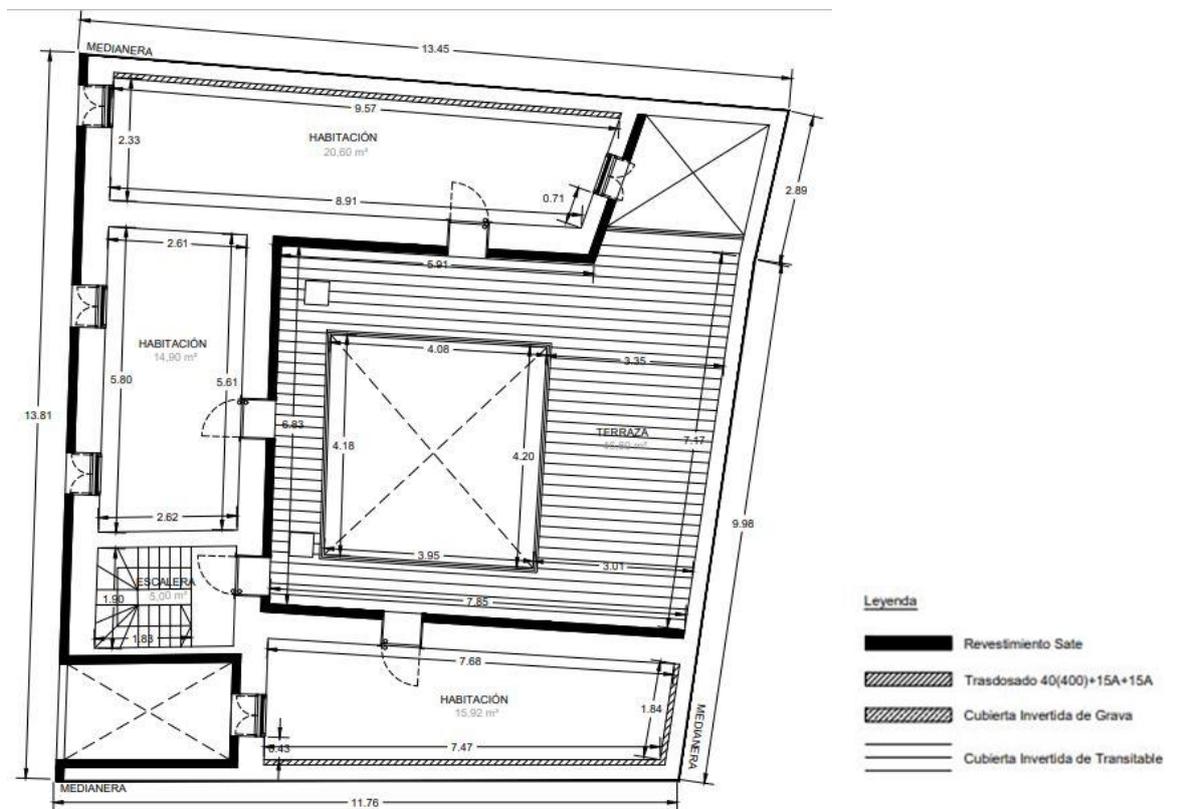


Fig. 57 _ Planta segunda del edificio - propuesta mejora integral. (elaboración propia)

5. PRESUPUESTO DE REHABILITACIÓN BÁSICA DE UNA VIVIENDA EN CASABLANCA

Código	Descripción	Uds	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
--------	-------------	-----	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	---------

CAPÍTULO_01 - ACTUACIONES PREVIAS Y DEMOLICIONES

8.296,61 €

01.01 Ud Alquiler de andamio tubular de fachada.

"Alquiler, durante 15 días naturales, de andamio tubular normalizado, tipo multidireccional, hasta 10 m de altura máxima de trabajo, formado por estructura tubular de acero galvanizado en caliente, de 48,3 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor, sin duplicidad de elementos verticales, compuesto por plataformas de trabajo de 60 cm de ancho, dispuestas cada 2 m de altura, escalera interior con trampilla, barandilla trasera con dos barras y rodapié, y barandilla delantera con una barra; para la ejecución de fachada de 250 m²".

	2	337,50 €	<u>675,00 €</u>
--	---	----------	-----------------

01.02 Ud Protección de elementos de fachada.

"Protección mediante lonas, láminas de polietileno y tableros de madera, de huecos, carpinterías, persianas, cajones de persianas y todos aquellos elementos situados en la fachada, que pudieran verse afectados mientras duren de los trabajos de rehabilitación o reforma".

	1	1.556,12 €	<u>1.556,12 €</u>
--	---	------------	-------------------

01.03 m² Protección provisional de la cubierta frente a la lluvia.

"Protección provisional de la cubierta del edificio frente a la lluvia, con tablones y lona impermeable, y posterior retirada de la protección".

Terraza N3	46,4		46,4				
Cubierta	86,45		86,45				
			132,85	11,06 €		<u>1.469,32 €</u>	

01.04 Ud Alquiler de bajante de escombros.

"Alquiler mensual de bajante de escombros de PVC de 10 m de longitud, formada por piezas troncocónicas de 38 a 51 cm de diámetro interior, unidas entre sí con cadenas".

3 113,02 € 339,06 €

01.05 Ud. Montaje y desmontaje de bajante de escombros.

"Montaje y desmontaje en obra de bajante de escombros de PVC de 10 m de longitud, formada por piezas troncocónicas de 38 a 51 cm de diámetro interior, unidas entre sí con cadenas".

3 90,37 € 271,11 €

01.06 m² Apertura de hueco de fachada tapiado con fábrica de ladrillo cerámico, en muro de ladrillo macizo.

"Apertura de hueco de fachada tapiado con de fábrica de ladrillo macizo, en muro de ladrillo de adobe, con medios manuales considerando un grado de complejidad bajo, y carga manual sobre camión o contenedor".

Nivel 1	2	3	2,5	15		
				15	109,79 €	<u>1,646,85 €</u>

01.07 Ud. Levantado de carpintería exterior

"Levantado de carpintería acristalada de cualquier tipo situada en fachada, con medios manuales, sin deteriorar los elementos constructivos a los que está sujeta, y carga manual sobre camión o contenedor. El precio incluye el levantado de las hojas, de los marcos, de los tapajuntas y de los herrajes"

26 22,25 € 578,50 €

01.08 m² Demolición de formación de pendientes de hormigón en cubierta.

"Demolición en cubierta de formación de pendientes de hormigón ligero con arcilla expandida de 10 cm de espesor medio, con martillo neumático, sin afectar a la estabilidad de los elementos constructivos contiguos, y carga manual sobre camión o contenedor".

Terraza N3	46,4		46,4		
Cubierta	86,45		86,45		
			132,85	6,93 €	<u>920,65 €</u>

01.09 Ud. Transporte de residuos inertes con contenedor.

"Transporte de residuos inertes de ladrillos, tejas y materiales cerámicos, producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 7 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de

residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos".

6 140,00 € 840,00 €

CAPÍTULO_02 - LABAÑILERÍA

52.915,44 €

02.01 m² Sistema ETICS Traditem "GRUPO PUMA" de aislamiento térmico por el exterior de fachadas.

"Aislamiento térmico por el exterior de fachadas, con el sistema Webertherm Mineral WEBER, con DIT nº 582/12, compuesto por: dos capas del mismo espesor de mortero de cal, aislante térmico y acústico Webertherm Aislone WEBER, de color amarillo, aplicado manualmente, de 60 mm de espesor total, armado con malla de fibra de vidrio antiálcalis, Webertherm 200 WEBER, de 7x6,5 mm de luz de malla, 195 g/m² de masa superficial y 0,66 mm de espesor; fijación mecánica de la malla de fibra de vidrio al soporte con espiga de polipropileno con clavo de plástico reforzado con fibra de vidrio, Webertherm Espiga H3 WEBER; capa de acabado de mortero monocapa de ligantes mixtos reforzado con fibras, Webertherm Clima WEBER, aplicado manualmente, color blanco, gama Estándar, acabado raspado. Incluso perfiles de arranque WEBER, de aluminio, perfiles para formación de goterones Webertherm CG WEBER, de PVC con malla y perfiles de esquina WEBER, de aluminio con malla. El precio incluye la ejecución de remates en los encuentros con paramentos, revestimientos u otros elementos recibidos en su superficie".

Fachada Ext	N1	1	12,58	3,8	47,80	
		1	3,12	3,8	11,86	
		1	1,24	3,8	4,71	
	N2	1	13,81	3,8	52,48	
		N3	1	13,81	3,8	52,48
Fachadas Int	N1	1	2,17	3,5	7,60	
		1	3,13	3,5	10,96	
		1	6,67	3,5	23,35	
		1	5,94	3,5	20,79	
		1	5,92	35	207,20	
		N2	1	5,64	3,5	19,74
			1	2,4	3,5	8,40
			1	6,11	3,5	21,39
			1	6,68	3,5	23,38
			1	5,91	3,5	20,69
	N3	1	1	6,7	3,5	23,45
			2,97	3,8	11,29	
			5,91	3,8	22,46	
			6,83	3,8	25,95	

1	7,85	3,8	29,83		
				645,78	55,22 €
					<u>35.660,03 €</u>

02.02 m² Trasdosado directo de placas de yeso laminado con aislamiento incorporado. Sistema "KNAUF"

"Trasdosado directo, sistema W631.es KNAUF, de 55 mm de espesor total, con nivel de calidad del acabado Q2, formado por placa de yeso laminado tipo Polyplac + Aluminio (XPE-BV) de 9,5+30 mm de espesor, recibida directamente sobre el paramento vertical con pasta de agarre Perifix. Incluso pasta de juntas Jointfiller 24H KNAUF, cinta microperforada de papel "KNAUF". El precio incluye la resolución de encuentros y puntos singulares".

Fachada Ext	N1	1	6,51	3,5	22,79		
		1	2,5	3,5	8,75		
		1	2,77	3,5	9,70		
		1	2,19	3,5	7,67		
		1	5,37	3,5	18,80		
		1	10,75	3,5	37,63		
	N2	1	9,74	3,5	34,09		
		1	7,03	3,5	24,61		
		1	10,75	3,5	37,63		
	N3	1	9,57	3,5	33,50		
		1	7,47	3,5	26,15		
		1	2,61	3,5	9,14		
						270,41	33,58 €
							<u>9.080,37 €</u>

02.03 m² Cubierta plana transitable, no ventilada, con solado flotante. Impermeabilización con láminas asfálticas.

"Cubierta plana transitable, no ventilada, con solado flotante sobre soportes, tipo convencional, pendiente del 1% al 5%, para tráfico peatonal privado. FORMACIÓN DE PENDIENTES: mediante encintado de limatesas, limahoyas y juntas con maestras de ladrillo cerámico hueco doble y capa de arcilla expandida, vertida en seco y consolidada en su superficie con lechada de cemento, proporcionando una resistencia a compresión de 1 MPa y con una conductividad térmica de 0,087 W/(mK), con espesor medio de 10 cm; con capa de regularización de mortero de cemento, industrial, M-5 de 4 cm de espesor, acabado fratasado; AISLAMIENTO TÉRMICO: lana de roca mineral de espesor 12cm; CAPA SEPARADORA BAJO CAPA DE COMPRESIÓN: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado, (150 g/m²); CAPA DE COMPRESIÓN: mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N tipo M-10 de 4 cm de espesor; IMPERMEABILIZACIÓN: tipo monocapa, adherida, formada por una lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-40-FP, totalmente adherida con soplete; CAPA SEPARADORA BAJO PROTECCIÓN: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado, (200 g/m²); CAPA DE PROTECCIÓN: pavimento flotante de baldosas de cemento de 40x40 cm, apoyadas sobre soportes regulables en altura de 30 a 50 mm",

Terraza N3	46,4	46,4		
		46,4	75,80 €	<u>3.517,12 €</u>

02.04 m² Cubierta plana no transitable, no ventilada, autoprotegida. Impermeabilización con láminas asfálticas. Acabado de grava

"Cubierta plana no transitable, no ventilada, autoprotegida, tipo convencional, pendiente del 1% al 15%. FORMACIÓN DE PENDIENTES: mediante encintado de limatesas, limahoyas y juntas con maestras de ladrillo cerámico hueco doble y capa de arcilla expandida, vertida en seco y consolidada en su superficie con lechada de cemento, proporcionando una resistencia a compresión de 1 MPa y con una conductividad térmica de 0,087 W/(mK), con espesor medio de 10 cm; con capa de regularización de mortero de cemento, industrial, M-5 de 4 cm de espesor, acabado fratasado; AISLAMIENTO TÉRMICO: panel rígido de lana mineral soldable, hidrofugada, de 50 mm de espesor; IMPERMEABILIZACIÓN: tipo monocapa, adherida, formada por una lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-50/G-FP totalmente adherida con soplete. ACABADO: grava de canto redondo de 45mm blanca".

Cubierta	86,45	86,45		
		86,45	53,88 €	<u>4.657,93 €</u>

CAPÍTULO_03 – CARPINTERÍAS **15.533,12 €**

03.01 Ud Carpintería exterior de aluminio

"Ventana de aluminio, gama media, con rotura de puente térmico, dos hojas practicables, con apertura hacia el interior, dimensiones 800x700 mm, acabado lacado color blanco, con el sello QUALICOAT, que garantiza el espesor y la calidad del proceso de lacado, compuesta de hoja de 68 mm y marco de 60 mm, junquillos, galce, juntas de estanqueidad de EPDM, manilla y herrajes, según UNE-EN 14351-1; transmitancia térmica del marco: $U_{h,m}$ = desde 2,8 W/(m²K); espesor máximo del acristalamiento: 46 mm, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase E1650, según UNE-EN 12208, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase C5, según UNE-EN 12210, sin premarco y con persiana. Incluso patillas de anclaje para la fijación de la carpintería, silicona para sellado perimetral de la junta entre la carpintería exterior y el paramento. El precio no incluye los vidrios".

10	479,91 €	<u>4.799,10 €</u>
----	----------	-------------------

03.02 Ud Carpintería exterior de aluminio

"Ventana de aluminio, gama media, con rotura de puente térmico, tres hojas correderas, dimensiones 3000x2500 mm, acabado lacado color blanco con el sello QUALICOAT, que garantiza el espesor y la calidad del proceso de lacado, compuesta de hoja de 33 mm y marco de 60 mm, junquillos, galce, juntas de estanqueidad de EPDM, manilla y herrajes, según UNE-EN 14351-1; transmitancia térmica del marco: $U_{h,m}$ = desde 4,0 W/(m²K); espesor máximo del acristalamiento: 26 mm, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 3, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al

agua clase 7A, según UNE-EN 12208, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase C5, según UNE-EN 12210, sin premarco y con persiana. Incluso patillas de anclaje para la fijación de la carpintería, silicona para sellado perimetral de la junta entre la carpintería exterior y el paramento. El precio no incluye los vidrios".

2 1.250,70 € 2.501,40 €

03.03 Ud Block de puerta exterior de entrada a vivienda, acorazada normalizada, de madera.

"Block de puerta exterior de entrada a vivienda, acorazada normalizada, de madera, de una hoja, de 85x203x7 cm, compuesto por alma formada por una plancha plegada de acero electrogalvanizado, soldada en ambas caras a planchas de acero de 0,8 mm de espesor y reforzada por perfiles omega verticales, de acero, acabado con tablero liso en ambas caras de madera de pino país, bastidor de tubo de acero y marco de acero galvanizado, con cerradura de seguridad con tres puntos frontales de cierre (10 pestillos)".

1 978,62 € 978,62 €

03.03 Ud Puerta para exterior a vivienda, de madera.

"Puerta para exteriores de 203x82,5x4,5 cm, hoja tipo castellana, con cuarterones, con tablero de madera maciza de pino melis, barnizada en taller; precerco de pino país de 130x40 mm; galces macizos de pino melis de 130x20 mm; tapajuntas macizos de pino melis de 70x15 mm".

13 422,07 € 5.486,91 €

03.04 Ud Doble acristalamiento

"Doble acristalamiento Guardian Select 3+3/16/4+4, conjunto formado por vidrio exterior Float incoloro de 6 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 16 mm, y vidrio interior Float incoloro de 8 mm de espesor; 26 mm de espesor total, fijado sobre carpintería con acuñado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales, sellado en frío con silicona Sikasil WS-305-N SIKA, compatible con el material soporte".

10	0,8	1	8		
2	3	2,5	15		
		23	76,83 €		<u>1.767,09 €</u>

Resumen de presupuesto

Capitulo	Importe
Cap_01 Actuaciones previas y demoliciones	8.296,61 €
Cap_01 Albañilería	52.915,44 €
Cap_01 Carpinterías	15.533,12 €
<hr/>	
Presupuesto de ejecución material	76.745,17 €
13% Gastos generales	9.976,87 €
6% Beneficio Industrial	4.604,71 €
10% IVA	7.674,52 €
<hr/>	
Presupuesto de ejecución por contrata	99.001,27 €

6. CONCLUSIONES

1. Tras el análisis de las diferentes tipologías que encontramos en Marruecos, podemos resaltar que los puntos en común entre la mayoría de ellas son los materiales utilizados, que suelen ser la tierra, la piedra y el patio o pozo de luz que ejerce la función central de la casa, punto de encuentro y convivencia de los que la habitan, favoreciendo la integridad de la Arquitectura con la jardinería, al tiempo que propicia ambientes agradables, además del confort climático.

Desde el punto de vista bioclimático, un patio proporciona ventilación a la vez que soleamiento y la posibilidad de humectar el aire por medio del elemento de agua característico en esta cultura. La combinación de estos cuatro elementos (sol, sombra, ventilación y agua) es la que propicia llegar al confort térmico, tanto en verano como en invierno, de manera pasiva, es decir, sin ningún elemento mecánico. Este elemento, el patio tiene un funcionamiento adecuado cuando las fachadas del edificio poseen huecos que posibilitan la ventilación cruzada. Este no es el caso en muchos edificios en Marruecos ya que se orientan hacia adentro sin ventanas que dan al exterior, sobre todo para posibilitar más privacidad. Este problema puede ser fácilmente resuelto con la apertura de huecos en las fachadas expuestas al viento, controlando la incidencia de la radiación solar sobre ellos con simples toldos o vegetación.

2. Se ha realizado un análisis, lo primero que se analiza es la radiación solar, para conocer los valores de incidencia de esta sobre la edificación, con la finalidad de determinar si la envolvente del edificio es eficiente o no.

Dado el estado actual de la vivienda; con carpinterías y acristalamientos muy poco aislantes y su falta de aislamiento en fachada y medianeras; el resultado es el esperado. Los valores obtenidos son muy desfavorables, siendo el mes de enero el de mayor demanda de calefacción con un valor de 35,643 Kw, y el mes de agosto el de mayor demanda de refrigeración con un valor de 87,254 Kw. De estos datos se observa que, la demanda máxima de refrigeración es casi el triple que la demanda de calefacción. Esto se debe a la composición constructiva de la vivienda.

3. Una vez calculado el balance energético de la vivienda objeto de estudio en su estado original, se han introducido algunas modificaciones consistentes en el cambio global de todas las carpinterías de la vivienda, la incorporación de un revestimiento continuo con aislamiento en todas las fachadas de la vivienda, tanto a las que vuelcan a la calle como las que dan al interior del patio para eliminar los puentes térmicos de los forjados y aumentar la inercia térmica de los cerramientos exteriores. De la misma forma que se plantea el aislamiento de los muros que vuelcan a los espacios exteriores, se plantea un trasdosado en todos aquellos muros medianeros que vuelcan a un espacio habitable de la vivienda.

De esta manera se busca disminuir el consumo de energía tanto para refrigeración como para calefacción, mediante la reducción de la energía disipada al exterior.

Otra de las actuaciones propuestas en la vivienda es la mejora energética del funcionamiento de las diversas cubiertas de la vivienda. Lo que se pretende es mejorar el aislamiento de todas las cubiertas térmicamente. Para ello se levantará la cubierta hasta la cara superior del forjado y se creará un nuevo sistema de cubierta invertida con acabado de grava o porcelánico, según el caso.

Lo que se busca con ello es disminuir las pérdidas por cubierta, reduciendo la transmitancia de los materiales y mejorar su inercia térmica global, para una mejor adaptación a los cambios de clima a lo largo del año.

Con estas modificaciones se ha vuelto a realizar el cálculo energético con el Autodesk Ecotect y se ha conseguido disminuir el consumo de la demanda de calefacción y refrigeración en un 70% pasando de 35,643 Kw el mes de enero el de mayor demanda de calefacción a 10,328 Kw en este mismo mes, y de 87,254 Kw el mes de agosto el de mayor demanda de refrigeración a 30,217 Kw. Lo que supone una disminución en refrigeración de 25,315 Kw y en calefacción de 57,037 Kw y se ha logrado estabilizar las cargas.

Aun así, se sigue estando lejos del ideal de consumo casi nulo.

Entrando a analizar las mejoras que se han planteado en la vivienda, queda patente que la carencia de aislamiento, tanto en la fachada como en la cubierta, ocasiona grandes pérdidas y por consiguiente un aumento en el consumo de energía.

Esto remarca la importancia de contar con estrategias pasivas desde el primer boceto del proyecto, para conseguir una arquitectura sostenible y autosuficiente.

4. Tras analizar la vivienda en su estado original y viendo la mejora considerable obtenida tras las modificaciones efectuadas, al calcular de nuevo con el programa Ecotect, se plantea una nueva posibilidad de intervención en la edificación con la finalidad de conseguir llegar al consumo casi nulo de energía.

Como se ha puesto de manifiesto en el segundo análisis, los valores del consumo energético han mejorado ostensiblemente, pero la ventilación de la vivienda continúa siendo uno de los puntos a resolver. Por ello se ha procedido a plantear una propuesta de reforma, modificando la envolvente y las particiones horizontales de la edificación, con la finalidad de conseguir mejorar dicho aspecto.

La intervención ha consistido en la reorganización de la fachada principal, modificando la ubicación del acceso principal a la vivienda y creando un segundo patio en el interior de esta que sirva de ventilación a las estancias interiores.

El acceso actualmente situado en la zona superior, se traslada a la zona sur de la fachada principal, creando un hueco que abarca la totalidad de la altura de la edificación. De esta forma obtenemos una primera zona de habitaciones con ventilación cruzada aprovechando los huecos de fachadas y los que dan al patio interior de la vivienda.

El segundo patio se ubica en lo que es un patio en planta baja, pero que actualmente se haya cubierto. Se propone la demolición de la zona del forjado del nivel 3 que cubre dicho patio. Con esto, conseguimos que las habitaciones interiores de la vivienda también dispongan de hueco a dos fachadas diferentes proporcionándoles así de ventilación natural cruzada. La actuación se ha centrado en potenciar dicho aspecto.

Con ello se espera que, al mejorar los valores de ventilación de la vivienda, mejoren a su vez los valores de carga térmica y por lo tanto el consumo de energía necesario para obtener el confort térmico.

5. Por último y no por ello menos importante, este trabajo, pretende ser una llamada de atención sobre la arquitectura que a día de hoy se continúa realizando en Marruecos. Una arquitectura que se centra en la construcción que se realizaba aquí en España hace más de 30 años, y la cual no tiene presente los parámetros bioclimáticos en su diseño.

Se espera que con este trabajo se pueda concienciar de los beneficios y de la necesidad de pensar en el medio ambiente a la hora de hacer arquitectura en una sociedad, introduciendo así la arquitectura bioclimática en Marruecos.

7. BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- Vicent Soriano (2006) Arquitectura de tierra en el sur de Marruecos.
- Pablo Rodríguez Navarro - Teresa Gil Piqueras (2015) - Arquitectura de tierra en Marruecos. El valle del Outat en el alto atlas.
- Roger Mimó (1996) - Fortalezas de barro en el sur de Marruecos.
- Pablo Guillen - Arquitectura de tierra (2012) - El hábitat en el alto atlas marroquí.

PÁGINAS WEB

- <https://almashriq.hiof.no/lebanon/900/902/MAY-Davie/maisons-l/html/whole.html>
- <https://es.weatherspark.com/y/32760/Clima-promedio-en-Casablanca-Marruecos-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- <https://es.weatherspark.com/>
- <https://www.hisour.com/es/moroccan-riad-31945/>
- <https://acualquierparte.com/2018/04/25/riad-o-dar-arquitectura-marroqui>
- <https://tancaments.cat/es/descubre-los-vidrios-bajo-emisivos-y-de-control-solar/>
- <https://www.gradhermetic.com/sites/default/files/2017-06/Gradpanel%20Serie%20HT.pdf>
- https://www.ventacan.com/blog/rotura_puente_termico/
- <https://www.onventanas.com/wp-content/uploads/2014/06/guia-tecnica-ventanas-certificaci%C3%B3n-edificios.pdf>
- <http://www.cotoweb.es/es/preguntas-frecuentes>
- <https://www.fachadasate.com/>
- <https://amuriza.eu/>
- <https://pedrojhernandez.com/tag/aislamiento-termico-exterior/>
- <https://ebasl.es/construir-una-casa-con-adobe/>
- <https://www.vipavi.es/ait-ben-haddou-marruecos/>
- <https://preciogas.com/instalaciones/aeroterminia>

- <https://huellasdearquitectura.wordpress.com/2018/09/12/medidas-activas-y-pasivas-en-la-arquitectura-bioclimatica/>
- <https://angelsinocencio.com/estrategias-bioclimaticas-mejorar-eficiencia/>
- www.gradhermetic.com

APUNTES

- Angel Sinencio - <https://angelsinocencio.com/>
- Puentes térmicos - Juan Carlos Carrión

PROGRAMAS SOFTWARE

- Autocad 2020
- Revit 2020
- Autodesk Ecotect Analysis 2011
- Cype - Arquimedes

8. INDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Imagen de una vivienda elemental.

- Fuente: <https://almashriq.hiof.no/lebanon/900/902/MAY-Davie/maisons-l/html/whole.html>

Figura 2. Alzado, planta y cubierta de una vivienda elemental.

- Fuente: <https://almashriq.hiof.no/lebanon/900/902/MAY-Davie/maisons-l/html/whole.html>

Figura 3. Imagen del 'tighremt'.

- Fuente: Libro 'Arquitectura de tierra en el sur de Marruecos' de Vicent Soriano

Figura 4. Plantas y sección de una vivienda del 'tighremt'.

- Fuente: Libro 'Arquitectura de tierra en el sur de Marruecos' de Vicent Soriano

Figura 5. Alzado, planta y cubierta de una vivienda de la 'kasbah'.

- Fuente: Libro 'Arquitectura de tierra en el sur de Marruecos' de Vicent Soriano

Figura 6. Plantas del 'dar'.

- Fuente: Libro 'Arquitectura de tierra en Marruecos. El valle del Outat en el alto atlas' de Pablo Rodríguez Navarro - Teresa Gil Piqueras.

Figura 7. Plantas del 'riad'.

- Fuente: <https://www.bing.com/images/search?q=dar+riad+marruecos+planos&id>

Figura 8. Imagen del 'riad'.

- Fuente: <https://www.telegraph.co.uk/travel/destinations/africa/morocco/galleries/best-riad-hotels-in-marrakech/>

Figura 9. Imagen del 'Qsur'.

- Fuente: <https://es.dreamstime.com/foto-de-archivo-ksar-ait-benhaddou-marruecos-image76453766>

Figura 10. Planta del 'Qsur'.

- Fuente: Libro 'Arquitectura de tierra en el sur de Marruecos' de Vicent Soriano

Figura 11. Emplazamiento del edificio.

- Fuente: Arquitecta Laila Bennani

Figura 12. Planta baja del edificio.

- Fuente: Arquitecta Laila Bennani

Figura 13. Planta primera del edificio.

- Fuente: Arquitecta Laila Bennani

Figura 14. Planta segunda del edificio.

- Fuente: Arquitecta Laila Bennani

Figura 15. Imagen del patio del edificio.

- Fuente: Arquitecta Laila Bennani

Figura 16. Imágenes del interior del edificio.

- Fuente: Arquitecta Laila Bennani

Figura 17. Temperaturas máximas y mínimas de Casablanca, Marruecos 2019.

- Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/32760/Clima-promedio-en-Casablanca-Marruecos-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Figura 18. Categorías de nubosidad en Casablanca, Marruecos 2019.

- Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/32760/Clima-promedio-en-Casablanca-Marruecos-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Figura 19. Precipitaciones en Casablanca, Marruecos 2019.

- Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/32760/Clima-promedio-en-Casablanca-Marruecos-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Figura 20. Horas de luz natural en Casablanca, Marruecos 2019.

- Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/32760/Clima-promedio-en-Casablanca-Marruecos-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Figura 21. Velocidad media de viento en Casablanca, Marruecos 2019.

- Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/32760/Clima-promedio-en-Casablanca-Marruecos-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Figura 22. Dirección de viento en en Casablanca, Marruecos 2019.

- Fuente: <https://es.weatherspark.com/>

Figura 23. Dibujo de puentes térmicos.

- Fuente: Apuntes de Ángel Inocencio.

Figura 24. Dibujo de radiación solar.

- Fuente: Apuntes de Ángel Inocencio.

Figura 25. Dibujo de inercia térmica.

- Fuente: Apuntes de Ángel Inocencio.

Figura 26. Dibujo de ventilación.

- Fuente: Apuntes de Ángel Inocencio.

Figura 27. Dibujo de ventilación.

- Fuente: Apuntes de Ángel Inocencio.

Figura 28. Dibujo de la doble piel.

- Fuente: Apuntes de Ángel Inocencio.

Figura 29. Dibujo del invernadero adosado.

- Fuente: Apuntes de Ángel Inocencio.

Figura 30. Dibujo del invernadero adosado.

- Fuente: Apuntes de Ángel Inocencio.

Figura 31. Dibujo del muro parietodinámico.

- Fuente: Apuntes de Ángel Inocencio.

Figura 32. Dibujo del muro parietodinámico.

- Fuente: Apuntes de Ángel Inocencio.

Figura 33. Dibujo de los muros acumuladores.

- Fuente: Apuntes de Ángel Inocencio.

Figura 34. Dibujo del suelo acumulador.

- Fuente: Apuntes de Ángel Inocencio.

Figura 35. Dibujo de los pozos canadienses.

- Fuente: Apuntes de Ángel Inocencio.

Figura 36. Dibujo del funcionamiento de los pozos canadienses.

- Fuente: Apuntes de Ángel Inocencio.

Figura 37. Esquema de una instalación Aerotermia Daikin.

- Fuente: Apuntes de Ángel Inocencio.

Figura 38. Plano planta baja del edificio (estado actual).

- Fuente: Elaboración propia.

Figura 39. Plano planta primera del edificio (estado actual).

- Fuente: Elaboración propia.

Figura 40. Plano planta segunda del edificio (estado actual).

- Fuente: Elaboración propia.

Figura 41. Estudio de la radiación solar del edificio (análisis del estado actual).

- Fuente: Elaboración propia.

Figura 42. Demanda mensual de calefacción y refrigeración en Ecotect Analysis (análisis del estado actual).

- Fuente: Elaboración propia.

Figura 43. Desglose de ganancias y pérdidas obtenidas en Ecotect Analysis (análisis del estado actual).

- Fuente: Elaboración propia.

Figura 44. Esquema del funcionamiento del vidrio guardián Glass.

- Fuente: www.gradhermetic.com

Figura 45. Esquema del sistema de aislamiento térmico exterior (SATE).

- Fuente: www.es.weber/sate/webertherm-mineral

Figura 46. Determinación del ángulo.

- Fuente: www.gradhermetic.com

Figura 47. Esquema del uso de la protección solar.

- Fuente: <https://www.arrevol.com/blog/cual-es-la-mejor-orientacion-para-tu-vivienda-casa>

Figura 48. Plano planta baja del edificio (rehabilitación básica).

- Fuente: Elaboración propia.

Figura 49. Plano planta primera del edificio (rehabilitación básica).

- Fuente: Elaboración propia.

Figura 50. Plano planta segunda del edificio (rehabilitación básica).

- Fuente: Elaboración propia.

Figura 51. Plano planta cubierta del edificio (rehabilitación básica).

- Fuente: Elaboración propia.

Figura 52. Estudio de la radiación solar del edificio (análisis de la propuesta básica).

- Fuente: Elaboración propia.

Figura 53. Demanda mensual de calefacción y refrigeración en Ecotect Analysis (análisis de la propuesta básica).

- Fuente: Elaboración propia.

Figura 54. Tabla Porcentajes de ganancias y pérdidas obtenidas en Ecotect Analysis análisis de la propuesta básica).

- Fuente: Elaboración propia.