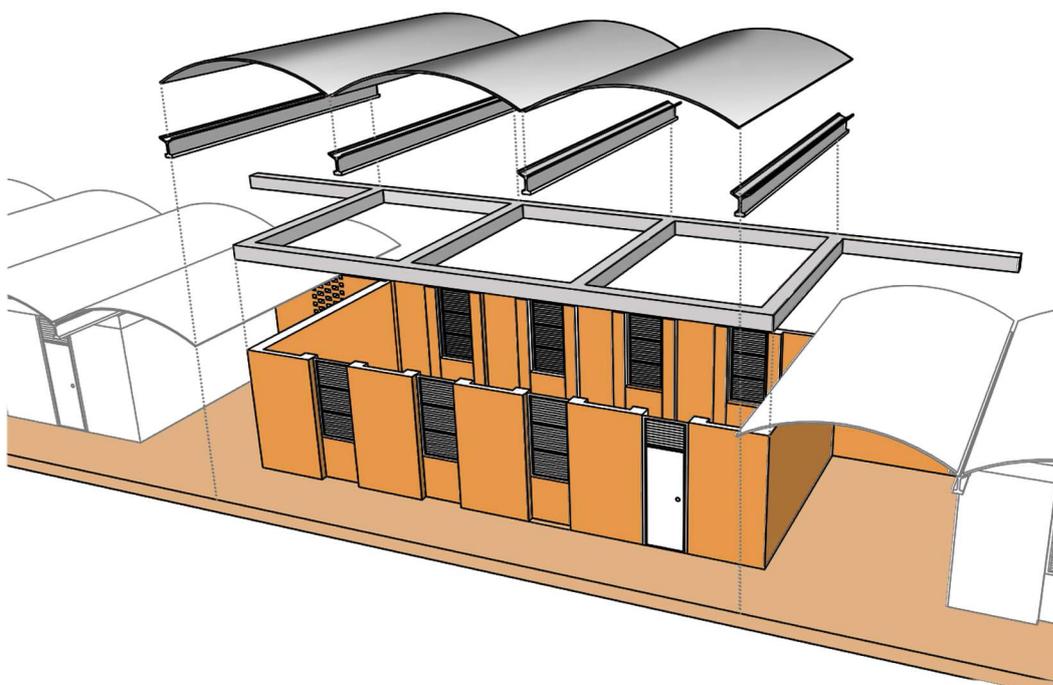


GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE GRADO

CONSTRUCCIÓN EN COOPERACIÓN AL DESARROLLO
ESTUDIO Y PROPUESTA DE MEJORA DE UN PROYECTO DE
ESCUELA EN BURKINA FASO



Septiembre 2017

Autor: Miriam Blanco Moral

Tutor: Félix Jové Sandoval.

GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
TRABAJO FIN DE GRADO

CONSTRUCCIÓN EN COOPERACIÓN AL DESARROLLO
ESTUDIO Y PROPUESTA DE MEJORA DE UN PROYECTO DE
ESCUELA EN BURKINA FASO



Septiembre 2017

Autor: Miriam Blanco Moral

Tutor: Félix Jové Sandoval.

Resumen:

Este trabajo aporta un enfoque de la arquitectura y la construcción en la Cooperación al Desarrollo, evidenciando el problema que esta cuestión supone, debido, en primer lugar, al erróneo concepto de desarrollo cuando éste se identifica con el modelo de Occidente, y en segundo lugar, cuando esta idea es trasladada a la arquitectura y se trata de imitar en sus materiales y formas, en regiones con condiciones climáticas y culturales muy distintas.

La arquitectura bioclimática como disciplina que estudia la incidencia de las condiciones climáticas sobre los edificios, junto con el estudio de las estrategias de arquitectura vernácula de los distintos climas serán las herramientas idóneas para el desarrollo de un proyecto de cooperación.

Partiendo de un proyecto de la ONGD Arquitectos Sin Fronteras para una escuela y vivienda de profesores en Burkina Faso, se analizan las decisiones tomadas, y a través de un estudio de la arquitectura tradicional del país, se plantea una propuesta de mejora utilizando estrategias bioclimáticas y buscando siempre la eficiencia de los materiales y las formas.

Palabras clave: Arquitectura bioclimática, Burkina Faso, escuela, Cooperación al Desarrollo, Arquitectura vernácula.

Abstract:

This work provides an approach to architecture and construction in Development Cooperation, highlighting the problem that this issue involves, due to the misconception of development when it is identified with the Western model, and this idea is transferred to architecture, and cooperation projects tries to imitate in its materials and forms buildings in regions with very different climatic and cultural conditions.

Bioclimatic architecture as a discipline that studies the incidence of climatic conditions on buildings, with the study of vernacular architecture strategies of the different climates vouch for the development of an appropriate cooperation project.

Based on a project of the NGO *Arquitectos Sin Fronteras* for school and housing in Burkina Faso, decisions taken are analyzed, and through the study of traditional architecture of the country, it is suggested an improvement proposal using bioclimatic strategies searching for the efficiency of materials and forms.

Keywords: Bioclimatic Architecture, Burkina Faso, School, Development Cooperation, Vernacular Architecture.

Índice

1. Introducción y objetivos.	7
2. Arquitectura y cooperación al desarrollo.	7
3. Concepción de la arquitectura bioclimática.	9
3.1. Elementos del clima.....	9
3.2. Condiciones del lugar.	10
3.3. Los elementos arquitectónicos.....	10
4. Arquitectura tradicional y sostenible.....	11
4.1. Arquitectura tradicional y climas del mundo.	12
5. Análisis de un proyecto de cooperación. La región, clima y arquitectura locales (Burkina Faso).	23
5.1. Identificación de los elementos del clima.	23
5.2. Ubicación y entorno.	25
5.3. Elementos de la arquitectura tradicional.	27
5.3.1. Forma.	27
5.3.2. Elementos arquitectónicos: El muro y la cubierta.....	30
5.3.3. La protección de los edificios.....	37
5.4. Identificación de las soluciones propuestas por ASF.	38
5.4.1. Orientación y forma.	39
5.4.2. Materialidad y aspectos térmicos.....	41
6. Propuesta de mejora: Soluciones y Estrategias.	45
6.1. Implantación.	45
6.2. Proyecto arquitectónico.	47
6.2.1. Escuela.....	47
6.2.2. Viviendas.....	50
6.3. Materialidad.	51
6.3.1. Cimentación.....	52
6.3.2. Muros y vanos.	52
6.3.3. Cubierta.....	55
7. Conclusión.....	59
8. Anexos.	61
9. Bibliografía.....	63

1. Introducción y objetivos.

La arquitectura se concibió como refugio, que hace frente a las adversidades climáticas de una región y se aprovecha de aquellas condiciones que puedan serle beneficiosas. Busca un grado adecuado de confort frente a los elementos variables que la rodean, donde se alternan el día y la noche, el calor y el frío, la lluvia y el sol.

Este refugio era distinto en cada región, pues se adecuaba a las condiciones y materiales locales. La arquitectura tiene esa capacidad de adaptación para cumplir su objetivo de proveer confort y protección.

La arquitectura actual muchas veces se coloca como un objeto artificial sobre un entorno que no se ha tenido en cuenta, por lo tanto poco adaptado a las condiciones del entorno, cuestión que se suple con la utilización de complejas y costosas tecnologías de acondicionamiento interior.

Esta tendencia hacia la artificialidad se ha extendido a nivel global y los países en vías de desarrollo, en un intento de parecerse a occidente, importan tecnologías y sistemas constrictivos inapropiados para su clima y estilo de vida.

Este trabajo echa la vista atrás, a la arquitectura vernácula, estudiando sus sistemas de adaptación a las condiciones climáticas. Se pretende alcanzar un conocimiento suficiente sobre arquitectura bioclimática y sus estrategias para ponerlo al servicio de un proyecto de Cooperación al Desarrollo.

2. Arquitectura y cooperación al desarrollo.

La educación constituye una de las herramientas fundamentales para que niños, niñas y adultos puedan salir de la pobreza. El ejercicio del derecho a la educación es decisivo para el disfrute de muchos otros derechos humanos como el derecho al trabajo o el derecho a la salud. Por tanto el desarrollo humano digno no lo es sin acceso a la educación. La construcción al servicio de la Cooperación al Desarrollo no solo consiste en la construcción de edificios, sino de dotaciones, que garanticen el desarrollo.

La arquitectura al servicio de la cooperación al desarrollo ha de ser una tarea interdisciplinar. Es fundamental un estudio de la arquitectura local, y de la tradición para poder proponer una solución respetuosa y acertada basada en el conocimiento de su historia y evolución. La arquitectura vernácula además consta de cualidades bioclimáticas que nos interesarán a la hora de realizar un proyecto de cooperación por su aprovechamiento de las cualidades de los materiales, el entorno, la sostenibilidad, etc.

En ocasiones la arquitectura de la cooperación al desarrollo supone un peligro para la arquitectura local y, por lo tanto, para su cultura por usar materiales y tecnologías occidentales no adaptadas a este entorno.

La utilización de los materiales y técnicas locales permitirá el empoderamiento de los titulares de derechos (la población local o beneficiarios) y así garantizar la sostenibilidad del proyecto y la no dependencia de tecnología o técnicos foráneos. Es

fundamental en este sentido la formación de la población local en relación a las nuevas construcciones: la comprensión del funcionamiento de los materiales utilizados, sus ventajas y finalmente los aspectos de conservación y mantenimiento de los mismos.

Es necesaria la asimilación y comprensión de los materiales y sistemas tradicionales, que combinados con nuevas técnicas, mejoren la vida útil de los edificios, principalmente cuando ésta es la razón por la que la población local defiende el uso de arquitectura moderna de cemento y chapa frente a la tradicional de tierra. Además la utilización de materiales locales garantiza la posibilidad de un abastecimiento futuro si fuera necesario, y de la autoconstrucción que permite dar empleo a los miembros de la propia comunidad.

3. Concepción de la arquitectura bioclimática.

“...los edificios estarán dispuestos adecuadamente si se han tenido en cuenta ante todo las orientaciones y las inclinaciones del cielo en el lugar donde se desea construirlos, no deben ser contruidos de la misma manera en Egipto que en España, ni de la misma forma en el Reino de Pont que en Roma, y así siempre en la razón de los países, porque hay algunos que están próximos al curso del Sol, y otros alejados del mismo, y otros que se encuentran entre ambos extremos. Al estar el aspecto del cielo inclinado de una forma distinta con respecto a los diferentes lugares, a causa de la relación que tienen con el zodiaco y con el curso Sol, es necesario disponer los edificios en razón de la diversidad de los países y de los climas” (Vitruvio Polión)

Ya en la antigüedad existían ciertas reglas para hacer frente, o aprovechar el clima, como vemos en este texto de Vitruvio extraído del Libro Sexto (Capítulo I), de su obra *Los Diez Libros de Arquitectura*.

La arquitectura bioclimática es la comprensión de los factores climáticos y la incidencia de estos sobre los edificios, a fin de lograr el confort de los habitantes. Pretende proporcionar a los habitantes ambientes interiores confortables gastando el mínimo de energía y evitando la utilización de elementos de acondicionamiento externos, por lo que supone un ahorro energético y económico. La arquitectura bioclimática integra y concilia forma, materia y energía.

Según los autores del libro *Arquitectura Bioclimática* para la elaboración de un proyecto bioclimático hay que tener en cuenta ciertos elementos que se pueden dividir en: elementos climáticos del lugar, elementos del paraje, elementos del medio ambiente urbano y elementos de la arquitectura propiamente dichos. (Guyot & Izard, 1980). Estudiaremos cuáles son cada uno de estos elementos y cuál es su relación con el proyecto arquitectónico y las fases del mismo.

3.1. Elementos del clima.

Son la temperatura y la humedad del aire, la velocidad del viento y la intensidad de la radiación solar. Todos estos elementos se podrían sintetizar de la siguiente manera en relación con las fases del proyecto.

- **Sol.** Estudiando el régimen horario, la repartición de radiaciones y las potencias recibidas. Tiene relevancia en la elección de la orientación del edificio y en la proporción de vanos.
- **Temperatura.** Estudiando tanto las variaciones diarias como las estacionales. Tiene influencia en la elección del sistema constructivo, pesado o ligero, pues de él depende la inercia interior.

- **Viento.** Estudiando su velocidad en relación con los otros parámetros: sol, humedad y temperatura.
Influye en la orientación, dimensión de vanos y partición interior.

3.2. Condiciones del lugar.

- **Latitud.** Condiciona las características del curso solar, y por lo tanto habrá que estudiarlas para definir la orientación del edificio, la inclinación de las superficies inclinadas y el dimensionado de los sistemas de protección.
- **Topografías.** Una vez conocido el curso del sol, es necesario estudiar aquellos elementos que puedan disminuir su influencia.
- **Elementos urbanos y urbanísticos.** El tejido urbano modifica el clima, generando un microclima.

3.3. Los elementos arquitectónicos.

- **Orientación.** La elección de la orientación podemos basarla en dos criterios: La iluminancia energética y la dirección de los vientos dominantes.
 - a) Iluminancia energética. Es posible calcular la influencia solar sobre una superficie vertical en función de su orientación, y teniendo en cuenta la latitud del lugar.
 - b) Dirección del viento. Es importante distinguir entre vientos suaves, que pueden beneficiar a la ventilación de los espacios interiores, y los vientos dominantes, los cuales influyen fuertemente en la orientación de los paramentos y los vanos. Así, las fachadas expuestas a vientos portadores de lluvias deberán estar especialmente protegidas; las expuestas a viento seco, moderadamente abiertas; y las expuestas a brisa muy abiertas.
- **Forma del edificio.** La forma influye tanto en cómputo del flujo solar sobre la superficie del edificio, como en el movimiento de flujos de aire en el interior y el coeficiente de pérdida térmica. La forma influye también en los movimientos de flujos de aire exteriores.
- **Aspectos térmicos.** Es muy determinante la superficie que conforma la envolvente del edificio en los intercambios de calor con el medio. En este sentido, será especialmente relevante la relación entre superficie horizontal exterior e interior, pues es en éstas superficies donde se produce mayor incidencia solar (cubiertas, terrazas).
- **Materialidad.** La capacidad calorífica y conductividad de los materiales tienen mucha trascendencia en los intercambios de calor con el medio ambiente. También tienen mucha influencia en los flujos de calor que se producen en el interior del edificio.

- **Vanos y protecciones.** Todos los beneficios conseguidos debido a la inercia térmica pueden echarse a perder si los vanos son demasiado grandes, o están desprotegidos.

La ventana constituye un intercambiador de calor. Con respecto a la radiación solar constituye un colector de calor, que con una orientación adecuada puede ser muy beneficiosa para la regulación de la temperatura interior, y por tanto el confort térmico.

4. Arquitectura tradicional y sostenible.

La arquitectura popular es el resultado de una creación colectiva, fruto del entendimiento del clima y del entorno, y basada en un proceso de prueba y error a lo largo de los siglos, adaptándose a las necesidades del grupo y de las condiciones del lugar.

La forma de la arquitectura es el resultado de una serie de factores socioculturales y climáticos, los materiales disponibles y las tecnologías. Por estar condicionada de esta manera por los recursos disponibles, conoce los materiales de que dispone y desarrolla técnicas alcanzando un perfeccionamiento que sirve de referencia para la arquitectura bioclimática. Además de este desarrollo obtenido, la manera de construir tradicional conlleva un ahorro energético y de materiales pues dispone de recursos limitados y sus técnicas son muy asequibles.

Al nutrirse de los materiales locales, en sus sistemas constructivos emplearán, por ejemplo, madera en las zonas con mucho arbolado, piedra en aquellos lugares con abundancia de este material, y tierra, cocida o compactada, en función de la capacidad para generar energía. El uso de estos materiales locales permite la reintegración en el medio una vez acabada su vida útil, generando de esta forma una arquitectura sostenible. Sin embargo en la arquitectura contemporánea “resulta sorprendente observar como una determinada solución espacial, formal o material, se repite sin ningún tipo de mediación, entre oriente y occidente o entre hemisferio norte y hemisferio sur, desapareciendo cualquier tipo de barrera física, climática, geográfica, cultural o social” (Hevia García, 2012)

Es fundamental un estudio de la arquitectura local, y de la tradición para poder proponer una solución respetuosa y acertada basada en el conocimiento de su historia y evolución. La arquitectura vernácula además consta de cualidades bioclimáticas que nos interesarán a la hora de realizar un proyecto de cooperación por su aprovechamiento de las cualidades de los materiales, el entorno, etc.

La arquitectura tradicional puede ser para la cooperación una fuente de conocimiento por su manera de adaptarse a función y uso, sirviéndose de materiales y recursos locales, y dando respuesta a las condiciones climatológicas y económicas concretas. La utilización de los materiales y técnicas locales además permitirá el empoderamiento de los titulares de derechos (la población local o beneficiarios) y así garantizar la sostenibilidad del proyecto y la no dependencia de tecnología o técnicas foráneas.

4.1. Arquitectura tradicional y climas del mundo.

Sophia Behling y Stephan Behling, en su libro “Sol power”, analizan como los edificios, desde la prehistoria hasta la actualidad, han sido proyectados teniendo en cuenta la importancia de la energía solar. Tomaremos como referencia su mapa en el que reflejan las regiones climáticas del mundo y estudiaremos los tipos de arquitectura tradicional de los mismos, con el fin de comprender las estrategias climáticas de cada región y que además nos sirvan como referencia a la hora de elaborar una solución constructiva para nuestro proyecto de cooperación.

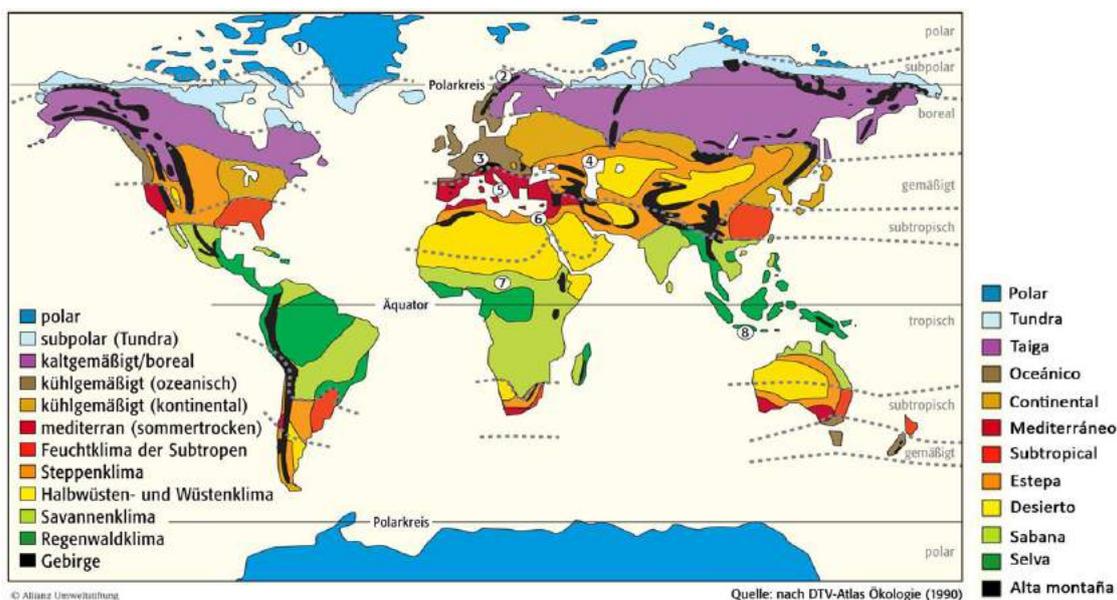


Figura 1: Zonas climáticas de la tierra. **Fuente:** Copyright (1990) nach DTV-Atlas. Ökoloie. Recuperado de: https://www.ibp.fraunhofer.de/de/Presse_und_Medien/Presseinformationen/Dem-Klima-angepasst.html

Clima Polar

Se caracteriza por las temperaturas extremas, de hasta -50°C y sus fuertes vientos, la escasa radiación solar y precipitaciones frecuentemente sólidas. La arquitectura de este clima busca la conservación interior de calor y hacer frente a los fuertes vientos, por ellos sus edificios son compactos y muy bajos, y sus aberturas mínimas. Los materiales utilizados con nieve compactada y pieles de animales, como aislamiento (Figura 3)



Figura 3: Iglú. **Fuente:** <http://www.mundoseguro.com/informe/Misterio-del-Polo-Norte-asi-se-construye-un-iglu-20170223-0007.html>

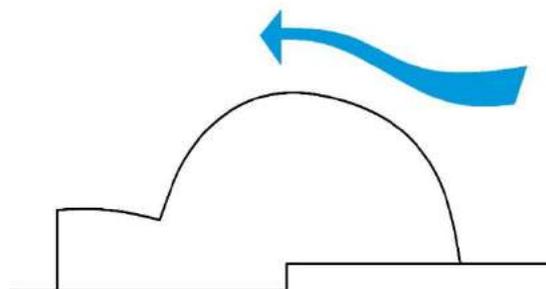


Figura 2: Estrategia iglú. **Fuente:** Elaboración propia.

Clima Ártico (Tundra y taiga)

La tundra se extiende principalmente por el hemisferio norte (como se muestra en la Figura 4, color azul). Los inviernos son muy fríos y largos alcanzando temperaturas de hasta -28°C y los veranos cortos con temperaturas de entre 0 y 10°C . La taiga se sitúa también en el hemisferio norte (color morado). Las temperaturas son más elevadas que en la tundra, en verano 19°C de media, en invierno sin embargo la temperatura media es de -30°C . Destacable en ambas zonas la acumulación de nieve que se produce durante todo el año.

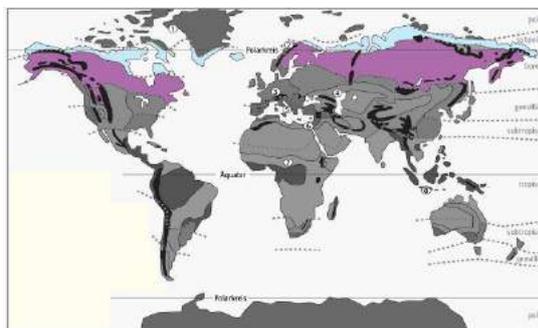


Figura 4: Tundra y Taiga. **Fuente:** https://www.ibp.fraunhofer.de/de/Presse_und_Medien/Presseinformationen/Dem-Klima-angepasst.html. Reelaborado por la autora.

La arquitectura excavada, como veremos más adelante, es una tipología que se usa en otras regiones de temperaturas extremas. Está bajo tierra por motivos de inercia térmica y el acceso está enterrado, de tal modo que se evita la entrada de frío al interior del recinto. Utiliza madera en su cubierta por la parte interior de tal manera que no absorbe el calor interior, y una capa de césped exterior que aísla. Se coloca el hogar en el centro de la estancia. En la cubierta usan como estructura huesos de Ballena como se observa en la Figura 5, con un hueco central por donde ventila.



Figura 5 : Vivienda Thule. Estructura cubierta.
Fuente: <http://tectonicablog>

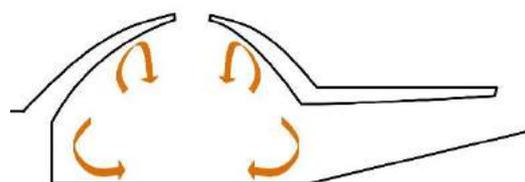


Figura 6: Estrategia de inercia térmica.
Fuente: Elaboración propia.

Clima de Alta Montaña.

El clima de alta montaña se localiza en las zonas montañosas del planeta (en color negro en la Figura 1) se caracteriza por sus altas precipitaciones, inviernos fríos con temperaturas muy bajas y veranos frescos y cortos. Teniendo en cuenta estas características, el principal objeto de su arquitectura es la conservación del calor en el interior del edificio, por eso la robustez de sus construcciones para conseguir inercia térmica. Además aunque las temperaturas son bajas, la iluminancia solar es alta por lo que son habituales estrategias de captación solar como: orientación sureste, huecos pequeños y protegidos, etc. Por otro lado debido a las condiciones extremas (fuertes vientos) es necesario que la forma se adapte al terreno, si el clima es seco (Figura 8) o bien la arquitectura se eleva si el clima es húmedo (Figura 7). Como hemos visto en casos anteriores, el hogar se sitúa en la zona central, y la ventilación en la parte alta de la vivienda. Las cubiertas son muy inclinadas para hacer frente a las precipitaciones, y usan generalmente paja como aislante en las mismas.



Figura 7: Vivienda típica suiza. **Fuente:** <http://www.vacacionesporeuropa.com/valle-verzasca-la-esencia-del-ticino-suiza.html>



Figura 8: Polloza (vivienda típica en Asturias y Galicia). **Fuente:** <http://vilssa.com/arquitectura-tradicional-palozas-gallegas>

Clima continental.

Se caracteriza por las diferencias de temperatura entre verano e invierno, así como el día y la noche, alcanzándose temperaturas de hasta 30 °C en verano y bajo 0 °C en invierno. Las precipitaciones son escasas. Aparece principalmente en el Hemisferio Norte del planeta (Figura 9).

Dado que los inviernos son largos, y no existe una fuerte iluminancia solar, la función principal de la arquitectura es mantener el calor, por lo que resulta interesante utilizar materiales con baja conductividad térmica, de tal modo que el calor generado en el interior no sea absorbido por los materiales y se pierda. La madera como revestimiento interior es muy común.

Los materiales utilizados son los autóctonos dependiendo de la zona, generalmente madera, paja, ladrillos, piedra o el propio terreno. Un sistema constructivo muy característico de este clima en Europa es el entramado de madera, con relleno de ramas, ladrillo, etc. Las cubiertas normalmente muy inclinadas para evitar la acumulación de nieve, y además prolongadas para proteger los paramentos del daño de lluvia o nieve.

Otro tipo de construcciones típicas en este clima son las viviendas trogloditas, que son viviendas situadas en el suelo, bien en cavidades naturales o bien excavadas por el hombre; las podemos encontrar en algunas regiones de China con régimen pluvial muy bajo, Hungría, Túnez, etc. La tierra es un excelente material por lo económico que resulta, y por ser un excelente aislante. Debido a la gran variación de temperaturas que se producen en este clima, esta tipología, sin fachada expuesta y con una gran inercia térmica es ideal. Además al estar enterrada, los vientos violentos le afectan menos, y supone una gran protección contra el sol intenso y las heladas. Muchas de estas viviendas trogloditas han continuado utilizándose por ofrecer condiciones térmicas que no ofrecía otras edificaciones (Guyot & Izard, 1980). Son construidas alrededor de un patio central en torno al cual se distribuyen las estancias, y un túnel de acceso que sale al exterior unos metros más allá (Figura 10). Al estar el patio en sombra, permite iluminar las estancias interiores de manera natural sin sobreexponer a la radiación solar a las superficies.

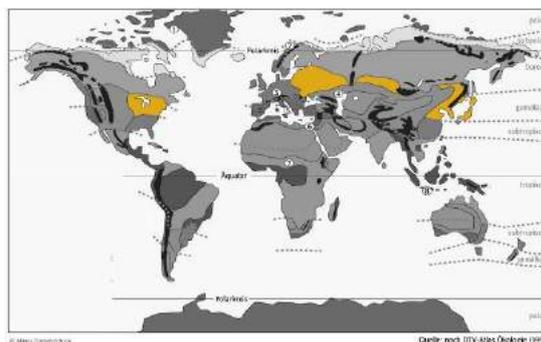


Figura 9: Clima continental. **Fuente:** https://www.ibp.fraunhofer.de/de/Presse_und_Medien/Presseinformationen/Dem-Klima-angepasst.html. Reelaborado por la autora.

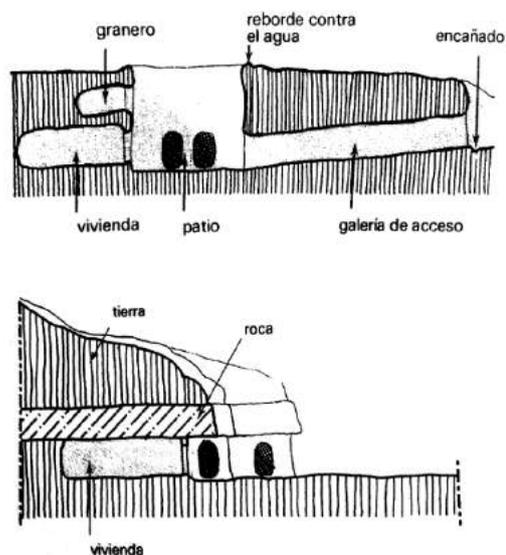


Figura 10: Vivienda troglodita. **Fuente:** (Guyot & Izard, 1980)

Clima oceánico.

Afecta a las zonas cercanas a las costas aunque se extiende hacia el interior de los continentes por la alta influencia que tiene el océano. Se caracteriza por las temperaturas suaves, con pequeñas variaciones día/noche o verano/invierno, veranos suaves e inviernos frescos. La humedad relativa es alta, elevadas precipitaciones pero bien distribuidas y fuertes vientos. Se muestra en el mapa la extensión del mismo (Figura 11).

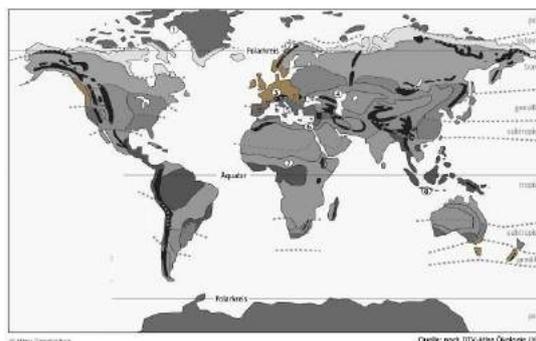


Figura 11: Clima oceánico. **Fuente:** https://www.ibp.fraunhofer.de/de/Presse_und_Medien/Presseinformationen/Dem-Klima-angepasst.html. Reelaborado por la autora.

La arquitectura se orienta para protegerse de los fuertes vientos (generalmente del oeste) y las cubiertas con fuertes pendientes para evacuar las precipitaciones y para proteger los muros; son generalmente de paja y garantiza un buen aislamiento térmico (Figura 12). También encontramos cubiertas de pizarra o algún mineral oscuro que absorbe la radiación solar y la desprende calentando el interior.



Figura 12: Casa de campo inglesa con cubierta de paja. **Fuente:** <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/87/6b/89/876b897a033a079f0fa0c9aaf836104c.png>

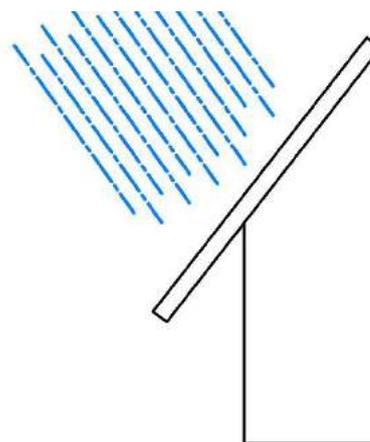


Figura 13: Estrategia contra la lluvia. **Fuente:** Elaboración propia.

Clima mediterráneo

El clima mediterráneo se extiende principalmente por las regiones en torno al mar Mediterráneo, aunque también en la zona de California (EE.UU), sur de Sudáfrica, sur de Chile y algunas partes del sur de Australia.

Se caracteriza por los inviernos templados y lluviosos y veranos secos y calurosos. Las temperaturas se mantienen entorno a los 20 °C (con temperaturas un poco más elevadas en verano, y más bajas en invierno).

Los materiales utilizados más habitualmente son la piedra, por ser material autóctono y por su gran inercia térmica. Otros materiales utilizados son también: adobe, arcilla, tierra, madera y el propio terreno (casas cueva). Estas casas se suelen colocar en laderas orientados al sur, favoreciendo al soleamiento, además, el propio terreno donde se excavan funciona como regulador térmico (Figura 15).

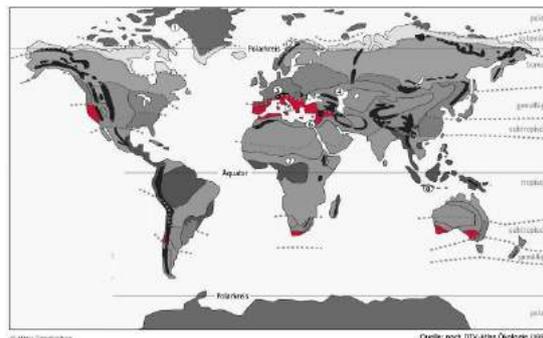


Figura 14: Clima mediterráneo. **Fuente:** https://www.ibp.fraunhofer.de/de/Presse_und_Medien/Presseinformationen/Dem-Klima-angepasst.html. Reelaborado por la autora.



Figura 15: Casa cueva en Matmata, Túnez. **Fuente:** <http://granadablogs.com/gr-arquitectos/tag/casas-cueva/>

Dado que la insolación es alta, los huecos suelen ser pequeños y generalmente los paramentos están encalados para reflejar la luz y no absorverla. Utilizan mecanismos para general microclima a nivel urbano: como los soportales que proporcionan sombra, así como calles estrechas y patios interiores con galería perimetral.

Para la protección de la lluvia y la humedad la cubierta es un elemento fundamental, siendo una estrategia habitual la prolongación de los aleros que protegen los paramentos exteriores. Se observan varios tipos de cubiertas en las distintas regiones de este clima: cubierta de teja árabe para proteger la estructura interior de madera; de piedra, como pizarra, y vegetal, de junco, paja, trigo, etc, usadas en hábitats más pobres por parte de los agricultores. También se usan cubiertas planas en las zonas más secas, sin embargo estas requieren mayor mantenimiento.

Clima subtropical

Se extiende por las zonas templadas cálidas cercanas a los trópicos (Figura 16). Las temperaturas son poco variables a lo largo del año, con una media anual de 18 °C. Las precipitaciones son especialmente intensas en las zonas costeras debido al efecto de las corrientes marinas frías por lo que el grado de humedad es elevado.

Un ejemplo de adaptación a este tipo de clima es el de la casa japonesa, normalmente de una sola planta, con cubierta inclinada y aleros salientes que dejan pasar el sol en invierno, y dan sombra en verano. Se separa el espacio habitable del suelo, generando una cámara seca y evitando la humedad del terreno. Los muros son finos y permeables, ayudando a la ventilación.

Otra característica habitual de la arquitectura en este tipo de clima es la ausencia de inercia térmica, ya que las temperaturas son constantes a lo largo del año, usando materiales como madera, papel de arroz en los muros, bambú, etc.

Se observan estas estrategias también en las casas coloniales americanas, no tan desarrolladas como las japonesas, pero con estrategias de ventilación interesantes (Figura 17).

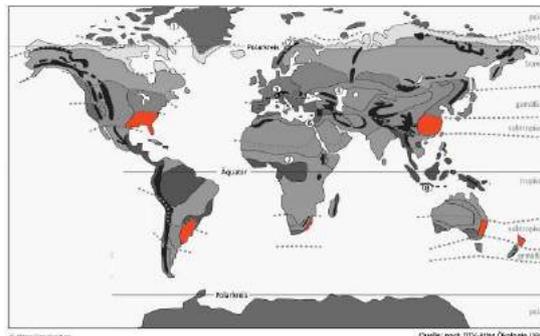


Figura 16: Clima subtropical. **Fuente:** https://www.ibp.fraunhofer.de/de/Presse_und_Medien/Presseinformationen/Dem-Klima-angepasst.html. Reelaborado por la autora.



Figura 17: Vivienda típica New Orleans. **Fuente:** http://imagescdn.gabriels.net/reno/imagereader.aspx?idlistin_g=180-l-966k9vp29&imageurl=http%3A//m.sothebysrealty.com/236i215/62efgsj0vfejm2732pjj5prk1i215&option=N&w=320

La arquitectura debe estar protegida de la alta radiación solar, y también contra las lluvias. Son características las grandes aberturas, siempre protegidas del sol y la lluvia. Otras estrategias son: la entrada a la vivienda a través de un porche o soportal, como el de la Figura 17, creando espacios exteriores que funcionan como galerías abiertas. Al igual que ocurre en otros climas, se advierte la estrategia de prolongación de los aleros, que protegen los muros de la alta insolación en verano, dejándola pasar en invierno, cuando el sol está más bajo.

Clima tropical (Selva)

Este clima se caracteriza por las elevadas precipitaciones, que se distribuyen regularmente a lo largo del año, una temperatura media anual elevada (entre 25 y 27 °C) y humedad relativa muy elevada. Este clima se extiende en las zonas en torno al ecuador. (Figura 18).

La arquitectura de estas regiones necesita de una ventilación muy eficaz, y una buena protección contra el sol y la lluvia. Una construcción típica de la selva es el palafito (Figura 20), que se separa de la superficie, en este caso agua, elevándose. Esta construcción busca la ventilación cruzada como estrategia también contra la humedad, incluso algunas de estas construcciones carecen de muros, o tienen muros de materiales permeables (caña por ejemplo). Las cubiertas generalmente de palma, protege la vivienda de la radiación solar y presentan pendientes que permiten evacuar el agua de lluvia. Además se usan materiales de rápido secado.

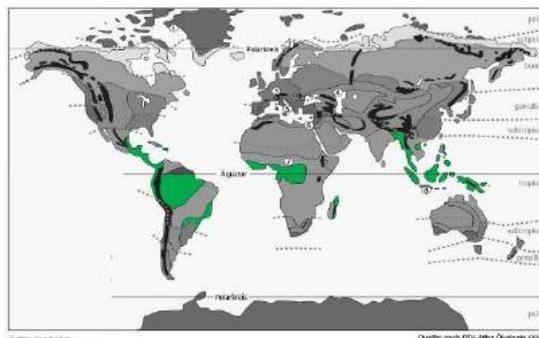


Figura 18: Selva. **Fuente:** https://www.ibp.fraunhofer.de/de/Presse_und_Medien/Presseinformationen/Dem-Klima-angepasst.html. Reelaborado por la autora.



Figura 20: Palafito en Venezuela. **Fuente:** <https://es.pinterest.com/pin/137430226100064595/>

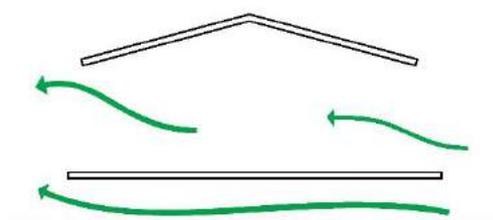


Figura 19: Estrategia de ventilación. **Fuente:** Elaboración propia.

Al igual que en el clima subtropical, estas construcciones carecen de inercia térmica, ya que las temperaturas son elevadas y constantes.

Sabana

Las condiciones climáticas son muy favorables para el hombre. Este clima se caracteriza por tener una estación seca (el invierno) y una húmeda (el verano), mientras que las temperaturas son constantes y elevadas (entre 25 y 30 °C) a lo largo del año. La ubicación de las regiones con este clima son África mayoritariamente, aunque también algunas zonas de América, India y norte de Australia (Figura 21).

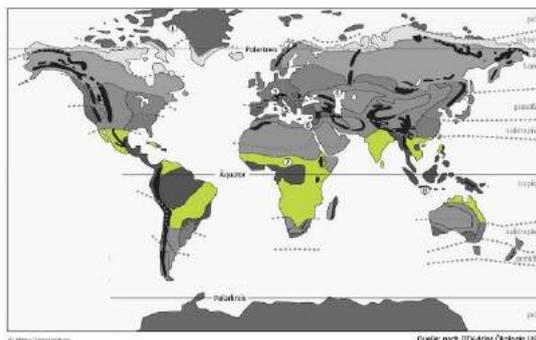


Figura 21: Sabana. **Fuente:** https://www.ibp.fraunhofer.de/de/Presse_und_Medien/Presseinformationen/Dem-Klima-angepasst.html. Reelaborado por la autora.

Debido a la fuerte incidencia solar, la ventilación y la protección solar son medidas cruciales en la arquitectura local de este clima. La cubierta se convierte en la parte fundamental de esta arquitectura, y en ocasiones en la única, pues es la que genera sombra para soportar las altas temperaturas, y protección contra la lluvia. Los materiales utilizados son de origen vegetal, los autóctonos en cada región. Los muros, si los hubiera, son delgados y permeables, favoreciendo a la ventilación.

Para garantizar la ventilación de los espacios interiores y la protección solar, las estrategias características de la arquitectura local son generar altos espacios, elevando la cubierta, colocando en ocasiones ventanas en la parte superior (maloca), muros delgados y de materiales que permiten la filtración de aire utilizando entramados vegetales.

Estepa

Clima árido continental que se extiende por regiones alejadas de los océanos (Figura 22), con temperaturas extremas y escasas precipitaciones, por lo que la humedad relativa es muy baja.

Se tomará la “arquitectura islámica” como modelo arquitectónico que responde a un tipo de clima particularmente árido. Encontramos en Irak, Irán y Egipto una serie de estrategias climáticas que se repiten.

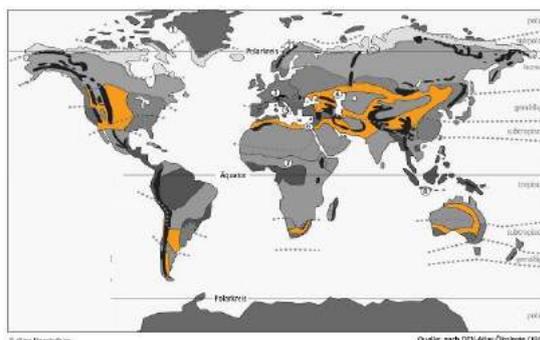


Figura 22: Estepa. **Fuente:** https://www.ibp.fraunhofer.de/de/Presse_und_Medien/Presseinformationen/Dem-Klima-angepasst.html. Reelaborado por la autora.

La arquitectura de estas regiones debe dar respuesta a las grandes variaciones de temperatura y requiere por lo tanto una fuerte inercia térmica y un sistema de protección contra el soleamiento excesivo. La inercia térmica se consigue a través de grandes muros y la utilización de materiales que tengan esa capacidad de regular la temperatura. Para la protección contra la excesiva incidencia solar se establecen patios y zonas sombreadas generadas perimetralmente por los vuelos de la cubierta. Los vanos son escasos, pequeños y protegidos.

teniendo en cuenta que existen otras construcciones muy diferentes como son las tiendas nómadas del desierto.

La ciudad de Djnné está construida en barro, mezclado con materiales de origen vegetal (paja o pasta de arroz) generando un bloques compactos más ligeros y con mejores capacidades aislantes, revestidos de un reboco, también de barro, genera una superficie impermeable y protegida. Los huecos son escasos y protegidos , con el fin de filtrar la luz en el interior y evitar la entrada de calor excesiva.

5. Análisis de un proyecto de cooperación. La región, clima y arquitectura locales (Burkina Faso).

Se estudiarán en este apartado aquellos elementos que condicionan la concepción bioclimática de un proyecto. En primer lugar, los factores del clima de la región donde se implantará el proyecto; en segundo lugar, los aspectos del paraje: latitud, topografía, etc.; y por último los elementos y estrategias de la arquitectura local tradicional. A continuación se llevará a cabo un análisis del proyecto de escuela propuesto por Arquitectos Sin Fronteras.

5.1. Identificación de los elementos del clima.



Figura 25: Situación Sahel. **Fuente:** © 2008 Grupo de Estudio RSW, Red Safe World.

Soarka, la población de Burkina Faso en la que se llevará a cabo la escuela, está situada en pleno Sahel africano. El Sahel es una zona de transición entre el seco desierto al norte y la sabana, al sur, y se extiende de este a oeste del continente africano (Figura 25), con unas condiciones climáticas muy duras que se caracterizan por los fuertes vientos y las altas temperaturas durante todo el año.

El clima es tropical, denominado como sudano-saheliano, se caracteriza por ser árido y seco, aspectos climáticos que se han convertido en un verdadero inconveniente sobre todo en relación al abastecimiento de agua. Se distinguen solamente dos estaciones a lo largo del año: una seca, más larga, y una lluviosa, durante los meses de verano (Julio- Septiembre). Los meses más calurosos son Marzo, Abril y Mayo. En invierno cabe destacar un viento

refrescante que proviene del norte, por lo que bajan un poco las temperaturas y es más agradable.

La temperatura media anual está en torno a los 30 °C, alcanzando en los meses más cálidos los 40 °C. El régimen de precipitaciones apenas alcanza 160 mm (Figura 26).

Valores climáticos medios y totales anuales											
Año	T	TM	Tm	PP	V	RA	SN	TS	FG	TN	GR
2009	29.0	35.7	23.0	665.00	9.8	83	0	130	0	0	0
2010	28.8	35.8	22.6	-	9.7	84	0	117	1	0	0
2011	28.8	36.0	22.7	-	10.0	73	0	110	0	0	0
2012	28.7	35.4	22.9	956.80	10.7	86	0	131	1	0	0
2013	28.9	36.0	22.6	-	10.4	90	0	122	0	0	0
2014	28.9	35.7	22.9	-	9.7	80	0	117	0	0	0
2015	28.8	35.8	22.7	-	9.7	83	1	124	0	0	0
2016	28.9	36.0	22.9	-	9.8	85	0	118	0	0	0
2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Interpretación valores climáticos medios anuales	
T	Temperatura media anual
TM	Temperatura máxima media anual
Tm	Temperatura mínima media anual
PP	Precipitación total anual de lluvia y/o nieve derretida (mm)
V	Velocidad media anual del viento (Km/h)
RA	Total días con lluvia durante el año
SN	Total días que nevó durante el año
TS	Total días con tormenta durante el año
FG	Total días con niebla durante el año
TN	Total días con tornados o nubes de embudo durante el año
GR	Total días con granizo durante el año

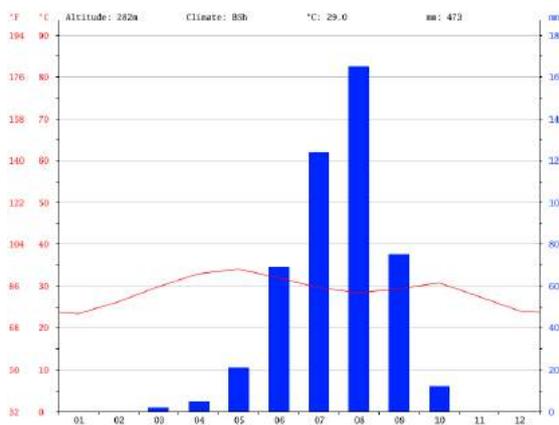


Figura 27 : Valores climáticos medios y totales anuales. Ouagadougou. **Fuente:** © 2017 Tutiempo Network, S.L

Figura 26: Climograma Gourcy, Burkina Faso. **Fuente:** <https://es.climate-data.org/location/52532/#climate-graph>

La precipitación varía 182 mm entre el mes más seco y el mes más húmedo. La variación en las temperaturas durante todo el año es 7.3 ° C (Figura 27).

Esta zona se ve afectada por un viento llamado Harmattan. El Harmattan es un viento alisio de África Occidental frío, seco y polvoriento. Sopla al sur del Sáhara hacia el golfo de Guinea (Figura 29) entre el fin de noviembre y mitad de marzo. En su tránsito sobre el desierto toma finas partículas de polvo (entre 0,5 y 10 micrómetros) que pueden ser dañinas para la arquitectura.

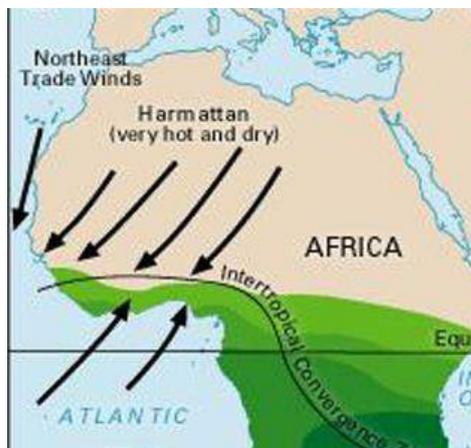


Figura 29 : Dirección viento Harmattan.



Figura 28: Tormenta de arena causada por el viento procedente del Sáhara. **Fuente:** <https://www.pinterest.com.mx/pin/350788258461799359/>

5.2. Ubicación y entorno.

La localización concreta sería la siguiente:

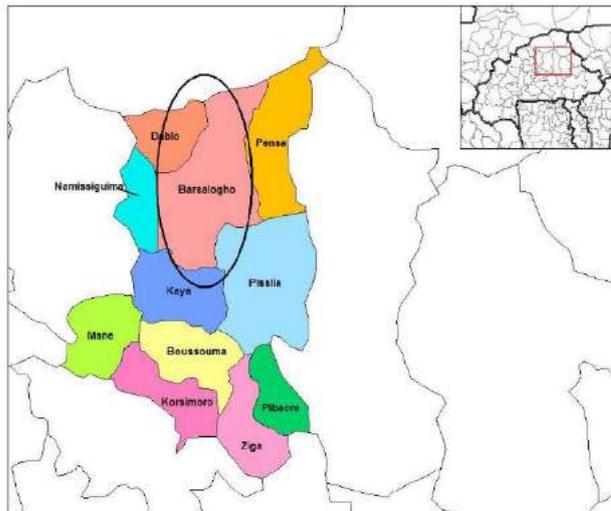


Figura 30: Región Centro-Norte, provincia de Barsalogo. **Fuente:** (Arquitctos sin Fronteras, 2017)

País: Burkina Faso, Región Centro-Norte.

Provincia, departamento: Sanmatenga, Barsalogo.

Localidad y/o municipio: Soarka.

La región Centro-Norte, al norte del país (Figura 30) es una de las trece regiones administrativas en las que se divide Burkina Faso, siendo Kaya su capital. La provincia de Sanmatenga, cuya capital es Kaya, cuenta con un área de 9.281 km² y se divide en 11 distritos entre los que se encuentra el Departamento de Barsalogo.

La latitud del paraje impone las características del curso aparente del sol, y es especialmente relevante en cuanto a la incidencia del sol en las diferentes estaciones y horas del día, lo cual influirá de manera directa en la arquitectura, pues condiciona la orientación.

La Figura 31 muestra el diagrama solar en San Salvador, región que se encuentra a la misma latitud que Burkina Faso, 13°.

Las curvas en negro intercaladas corresponden cada una a dos meses: pueden leerse desde arriba hacia abajo (julio, agosto, octubre y noviembre) o desde abajo hacia arriba (enero, febrero, abril y mayo). Las curvas de las horas, ortogonales a las de los meses, son fáciles de identificar si las seguimos a lo largo del equinoccio, ya que en esta fecha, en cualquier parte del mundo, el día dura siempre exactamente 12 horas. La primera curva de las horas que intercepta al este corresponde a las seis de

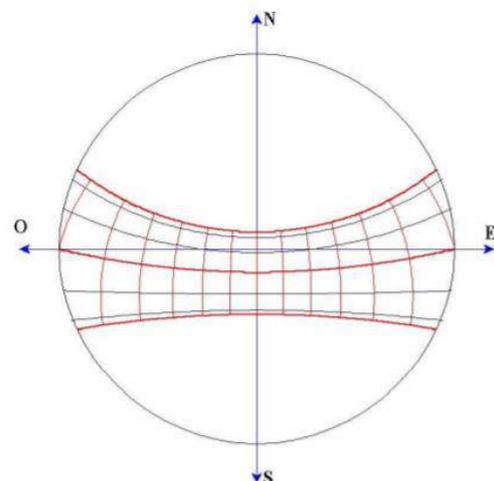


Figura 31: Diagrama solar 13°. **Fuente:** (Beckers, 2004)

la mañana, la del medio (sobre el eje vertical) al mediodía solar y la última, al oeste, a las seis de la tarde.

El sol pasa por el cenit dos veces al año: hacia el 21 de abril y hacia el 21 de agosto. Entre estas dos fechas, el sol está al norte a mediodía, y los días siguen creciendo hasta el solsticio de verano, el 21 de junio, que sigue siendo el día más largo del año, aunque ya no es cuando el sol sube más alto. (Beckers, 2004)



Figura 32: Sabana sudanesa occidental. Fuente: (Arquitectos sin Fronteras, 2017)

El relieve del municipio es plano y monótono. Sin embargo, el acceso al pueblo se torna accidentado por el estado de las comunicaciones que es muy deficiente al no existir carreteras, de forma que para llegar a Kaya, la ciudad de relieve más próxima, hay que seguir una tortuosa pista que atraviesa cursos de agua que durante la estación de lluvias la hacen casi impracticable. Debido a las fuertes precipitaciones, y la escasez de vegetación (Figura 32), es grande el riesgo de erosión y deslizamientos del terreno.

En la Figura 33 cedida por Arquitectos Sin Fronteras vemos dibujada la parcela donde se va a implantar la escuela. Se trata de una topografía completamente plana. Los límites son los siguientes:

- Este: un campo y una capilla situada aproximadamente a 100 metros.
- Oeste: árboles y concesiones situados aproximadamente a 300 metros.
- Norte: un palomar.
- Sur: hay dos colinas.

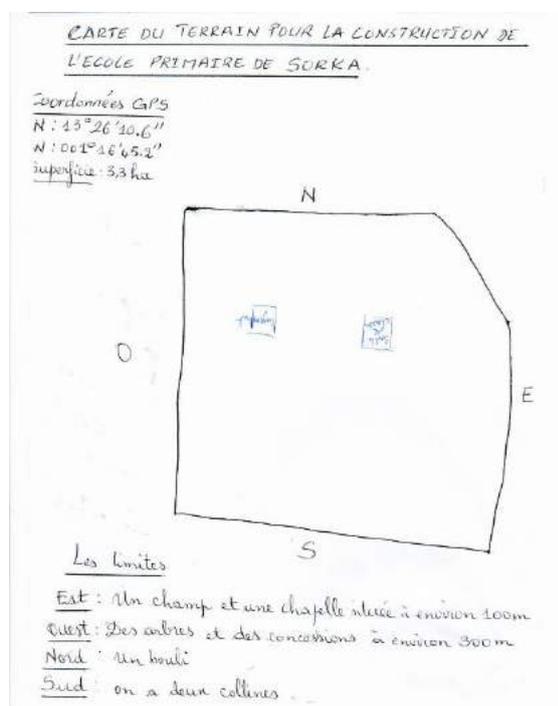


Figura 33: Planta de situación. Fuente: OCADES (Contraparte en Soarka)

Por las características del paraje, y el entorno de la parcela podemos decir que estos no influirán en la incidencia solar, o en la creación de un microclima por las características urbanas, pues no encontramos ninguna edificación que pueda influir sobre nuestro edificio.

5.3. Elementos de la arquitectura tradicional.

Una cuestión crucial para la concepción de un proyecto de este tipo es la asimilación y comprensión de la tradición constructiva del país. Se analizará la construcción autóctona, para extraer aquellos aspectos bioclimáticos y sostenibles que puedan ser útiles para el proyecto.

5.3.1. Forma.

Se considerarán las distintas estrategias climáticas relativas a la orientación y la forma de la vivienda, que influye en la iluminancia energética y el flujo de movimientos de viento tanto interiores como exteriores. También se estudiarán en este apartado las formas arquitectónicas encontradas en diferentes regiones del país y las formas urbanas y urbanísticas.

- a) **El hábitat nómada.** Podría ser descrito como espontáneo, pues está diseñado para satisfacer una necesidad inmediata, con una duración de tiempo limitada. Se trata de un refugio que hace frente al clima del norte del país: fuerte sol, viento cargado de polvo y arena y noches frías, etc. Se organiza en un gran espacio central, sin tabiques, bien ventilado. La puerta principal se orienta al norte o sur con el fin de evitar la radiación directa y los fuertes vientos. La forma de la planta suele ser circular, con un poste central, casi como si se tratara de una semiesfera sobre el terreno, este método sirve para evitar los fuertes vientos como también ocurría en otras arquitecturas nómadas como la vivienda Thule en el ártico, o el iglú, cuya forma es baja y compacta.



Figura 34: Vivienda nómada de planta circular en Touareg. **Fuente:** Architecture et culture constructive du Burkina. (Kere, 1995)

b) La forma circular.

Este tipo de conjuntos, a pesar de tener apariencia cerrada, va creciendo a partir de un núcleo central, de donde surgen nuevas unidades para los descendientes del clan, las cuales se vuelcan de nuevo hacia el núcleo central. El conjunto forma una especie de pared periférica que describe los límites del complejo. (Figura 35)



Figura 35: Conjunto basado en la forma circular. **Fuente:** <http://www.burkinafaso-cotedazur.org/habitat-2>

El conjunto se vuelca al interior de estos muros que lo delimitan, siendo prácticamente todos los muros periféricos ciegos y abriéndose los vanos al interior del gran patio. Este tipo de hábitat constituye una respuesta a la severidad de las condiciones climáticas y ambientales. La pared periférica aparece como un escudo contra el viento y la radiación solar, además responde a una solución estructural que opera a compresión, otorgada por el material (tierra), y rigidez gracias a las formas sinuosas.

Dependiendo de la región, de su economía y sistema de subsistencia existen distintas variedades como la tipo Mossi o Gouromisi. El hábitat Mossi no tiene carácter defensivo, mientras que el Gouromisi sí. Desde el interior de las unidades se tiene una visión de todo el conjunto del patio, sin embargo a nivel de terreno esto no ocurre. Como se ve en la Figura 37 y 37 cada unidad consta de un patio más privado, que funciona como espacio amortiguador, tanto por su carácter de transición entre lo público y lo privado, como climatológicamente.

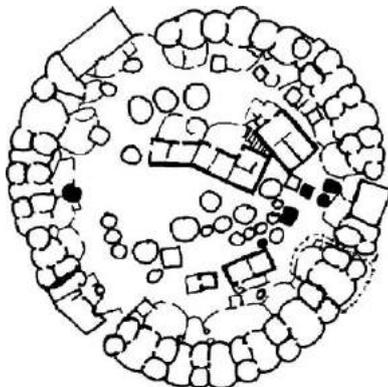


Figura 37: Conjunto hábitat Gouromisi. **Fuente:** Architecture et culture constructive du Burkina. (Kere, 1995)

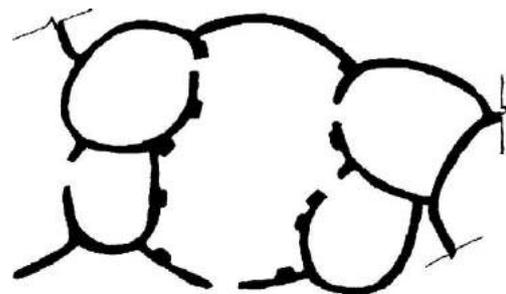


Figura 36: Patio amortiguador. **Fuente:** Architecture et culture constructive du Burkina. (Kere, 1995)

c) La forma poligonal.

El gran patio central del hábitat circular estudiado anteriormente da paso aquí a los corredores que se asemejan a calles y conducen a espacios-plaza generados por la forma rectangular de los edificios construidos. La orientación del complejo es

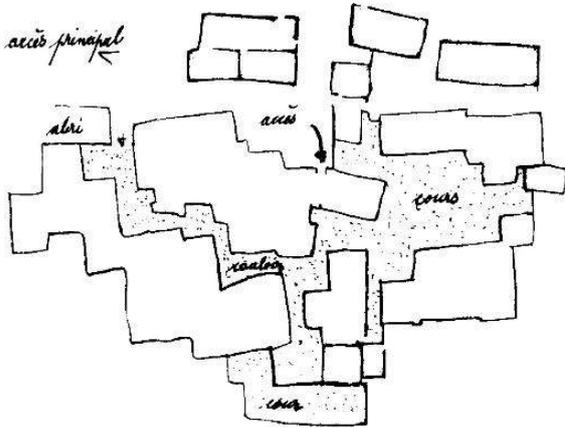


Figura 38: Conjunto con forma poligonal. Acceso y distribución. **Fuente:** Architecture et culture constructive du Burkina. (Kere, 1995).

generalmente a lo largo de un eje longitudinal del noroeste-sureste. Las paredes en el lado noreste son muros ciegos para proteger el interior del viento procedente de esa dirección. En general, las paredes tienen ventanas hacia el exterior, a diferencia de lo ocurrido en el caso anterior. Sin embargo a pesar de tener una forma tan distinta, la organización social y arquitectónica vuelve a ser jerárquica. Por ejemplo, la unión entre dos casas puede dar un patio en forma de "L", generando un espacio social estrechamente vinculado a la unidad. Este espacio puede permanecer abierto. Gracias a la forma se genera un

espacio en sombra que da lugar a un microclima mejorando las condiciones de confort térmico en el interior de la vivienda.

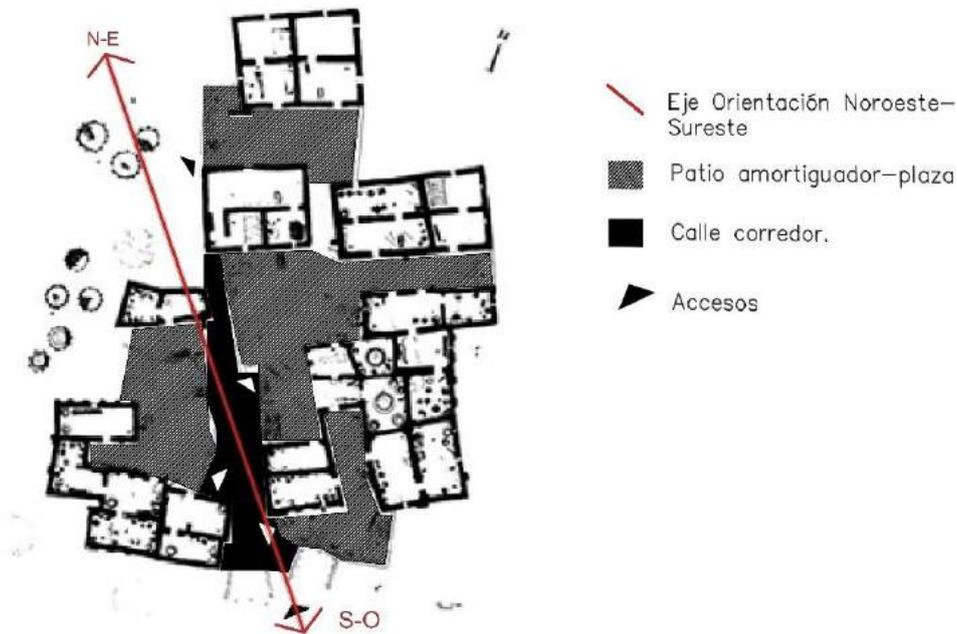


Figura 39 : Esquema de distribución del complejo. **Fuente:** Elaboración propia.

d) El conjunto de forma irregular.

Se encuentran sobre todo en Lobi, Dagara y Puguli. Se caracterizan por tener paredes sinuosas, algunas veces con contornos redondeados, otras con esquinas afiladas. El conjunto tiene forma de concha que define y protege el interior de la concesión. El complejo arquitectónico se percibe como un bloque homogéneo, muy compacto con edificios de pisos emergentes.

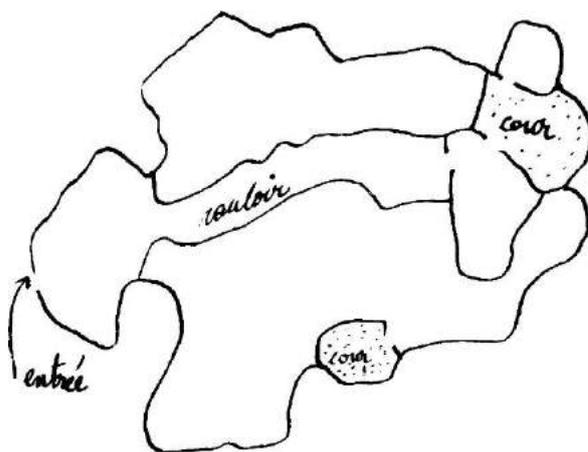


Figura 40: Conjunto irregular. Fuente: Architecture et culture constructive du Burkina. (Kere, 1995)

El acceso al recinto se hace a través de una sola entrada. No existe ese espacio abierto central que sí habría en la circular o incluso en la poligonal. El acceso se prolonga por un largo pasillo (Figura 40) desde el que se accede a los espacios privados. Funciona como dispositivo de defensa, pero también como un corredor que al estar a la sombra genera un espacio por donde corre el viento. La importancia del corredor es tal que es se comienza construyendo por las paredes que van a constituirlo, y a partir de ahí surgen las viviendas.

De las estrategias tomadas en los distintos complejos, se destaca una de ellas principalmente por ser la más repetida, que es la de cerrarse hacia un espacio interior, ya sea un patio, o un espacio corredor, como sistema para protegerse de las adversidades del tiempo, pero también, por una cuestión socio-cultural y defensiva. Así, es frecuente también, el espacio de amortiguación entre el espacio más público y el más privado, que generalmente se trata de otro patio. El eje corredor del conjunto irregular y poligonal, funciona como distribuidor del poblado, y además su orientación busca la ventilación y aireación, de tal modo que genere un microclima que favorezca a las condiciones de habitabilidad.

5.3.2. Elementos arquitectónicos: El muro y la cubierta.

La utilización de materiales autóctonos en la construcción es una estrategia común a todas las construcciones tradicionales estudiadas. La arquitectura ha de servirse de los materiales encontrados en el propio entorno, convirtiéndose así en sostenible.

Burkina Faso, un país de llanuras y mesetas de la sabana, muy pobre en la construcción de piedra. Los pocos bosques que se encuentran dispersos no ofrecen madera suficiente. Por contra, la marga es muy abundante. Esta tierra tiene muchas ventajas que le han permitido consolidarse como el principal material de construcción y su uso se ha generalizado en todo el país a excepción del norte del Sahel, donde los nómadas han diseñado una carcasa fabricada pieles de animales. El uso de la tierra como material de construcción es muy extendido por su abundancia, y la poca energía que requiere en su utilización, ya que se puede usar en bruto; además es muy maleable,

por lo que permite una gran variedad de formas. Tiene buena calidad higroscópica que le permite absorber la humedad, y contribuye al confort térmico. Si hay disponibilidad del material, se le añade paja, de tal modo que se consiguen algunas características como ligereza, aislamiento acústico y se evita el agrietamiento. También se usa madera ocasionalmente en la estructura que sujeta la cubierta. Por su escasez estos soportes de madera se reciclan una vez ha perdido la vida útil la vivienda.

Se analizan a continuación distintos sistemas constructivos encontrados en la arquitectura local tradicional de Burkina Faso.

5.3.2.1. Muros.

a) Muros de bloques de tierra.

El bloque empleado es de adobe sin cocer, el cual se coloca en un molde rectangular manualmente. Los ladrillos se dejan secar al sol durante una semana, luego se separan del molde y se colocan sobre el suelo para un nuevo ciclo de secado. En ocasiones se añade un tercer ciclo de secado, en la que el lado inicialmente en contacto con el suelo está expuesto al aire, antes de que los ladrillos se almacenan de forma permanente para su uso. Cuando la radiación solar es muy importante, la primera etapa de secado se lleva a cabo bajo una estera de paja, para evitar agrietamientos.

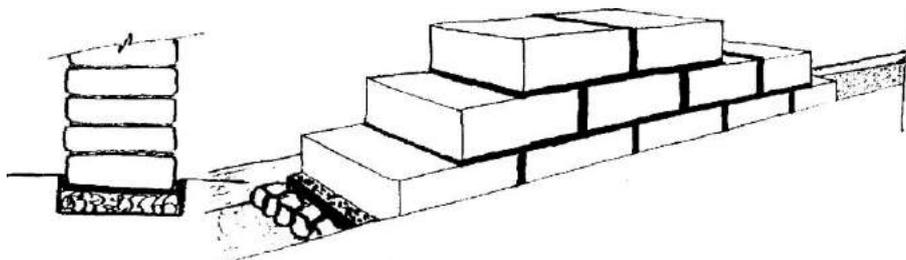


Figura 41: Ejemplo de cimentación para muro de adobe. **Fuente:** Architecture et culture constructive du Burkina. (Kere, 1995)

Generalmente, las paredes de adobe se elevan directamente sobre el terreno sin excavación o cimientos. Después de haber limpiado el suelo y establecida una capa de mortero se colocan los bloques directamente. En algunos casos se excava (no más de 3 cm) y se colocan los bloques sobre una fina capa de grava como se ve en la Figura 41.

En general, el nivel dentro de las casas está por debajo del nivel del suelo exterior pues se excava para obtener la tierra que se usa en la cubierta y los revestimientos de las paredes.

b) Muro amasado sin molde (muro de bolas).

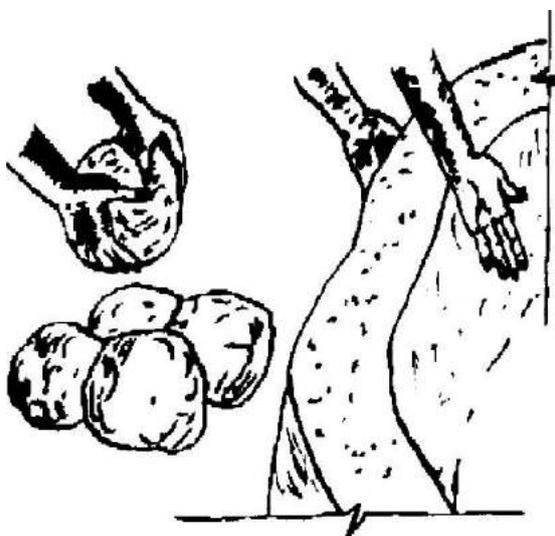


Figura 42: Elaboración del muro de bolas. **Fuente:** Architecture et culture constructive du Burkina. (Kere, 1995)

La técnica utilizada para construir este tipo de muros consiste en hacer bolas o barras con el material en estado plástico. Este sistema se usa en zonas donde la tierra tiene un alto contenido de laterita o donde es posible la utilización de tierra de río.

Estas bolas (de unos diez centímetros de diámetro) se superponen, estrechándose hacia arriba. Las primeras filas son de aproximadamente 20 cm y en la parte superior de 10 o 15 cm. En algunas zonas se coloca en la parte inferior bloques de adobe de unos 18 cm de espesor, sobre los que empieza a colocarse las bolas de tierra. Posteriormente se alisan esas bolas como se ve en la Figura 42.

Cuando hay que salvar grandes espacios se colocan postes intermedios (cada 1 o 2 metros) llamados horquillas. La cubierta es un sistema jerárquico en el que las vigas principales se colocan sobre las horquillas (fijándose mediante fibras vegetales), sobre éstas se colocan otras vigas secundarias perpendicularmente de menor diámetro (Figura 43). Estas horquillas son muy valiosas, pues la madera es cada vez más escasa en esta región, por lo que se reutilizan una vez que el edificio ha acabado su vida útil, mientras que los muros y revestimientos de tierra vuelven a formar parte del terreno, de donde provenían.

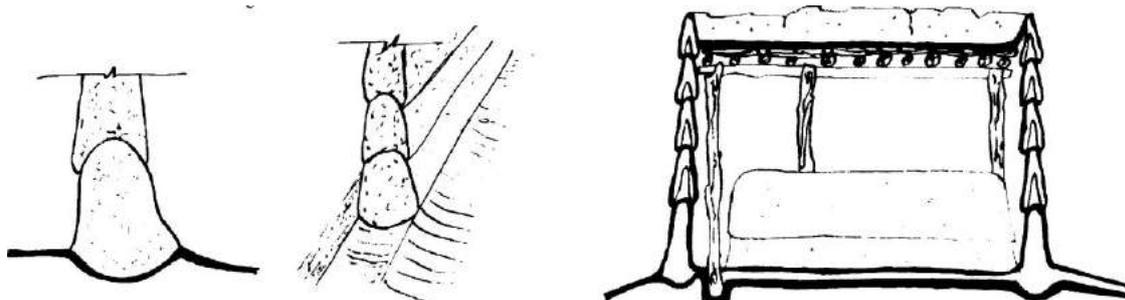


Figura 43: Sistema de soportes y cubierta mediante horquillas. **Fuente:** Architecture et culture constructive du Burkina Faso. (Kere, 1995)

5.3.2.2. Cubiertas.

En cuanto a las tipologías de cubiertas encontramos principalmente dos diferencias: cubiertas pesadas y cubiertas ligeras.

CUBIERTA DE TIERRA (PESADA)

La solución más conocida es la cubierta plana, generalmente accesible, de ahí el nombre de cubierta terraza, aunque también existe otro tipo de cubiertas, como la cúpula esférica rematada con una abertura circular o la bóveda, menos habitual, usada sobre todo en mezquitas.

a) Cubierta plana sobre estructura de madera.

La estructura de madera consta de vigas principales y secundarias que se apoyan en los soportes horquilla de madera de la Figura 45. Pocas veces se apoya en los muros, que son autoportantes, pero no portadores. Sobre las vigas secundarias se apoya una o dos capas de ramas de sección pequeña perpendiculares a ellas y sobre estas una capa de corteza de madera y otra de follaje. Todo el conjunto se cubre con una capa de tierra arenosa-arcillosa proveniente de la tierra circundante o del interior de la propia vivienda, por lo que habitualmente es de la misma naturaleza que los muros. Se mezcla con agua, moldeándose en bolas en estado plástico que posteriormente se extienden con la mano. También se suele mezclar con paja para obtener ligereza, y cierto grado de aislamiento (Figura 44). El espesor final de la cubierta es de aproximadamente 10 centímetros.

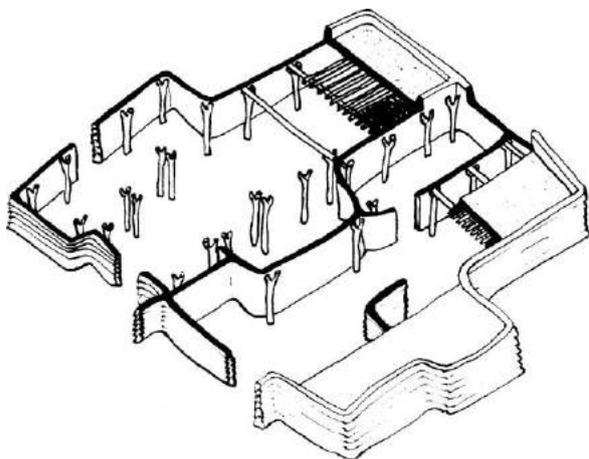


Figura 45: Axonometría de cubierta plana sobre soportes horquilla. **Fuente:** Architecture et culture constructive du Burkina Faso. (Kere, 1995)

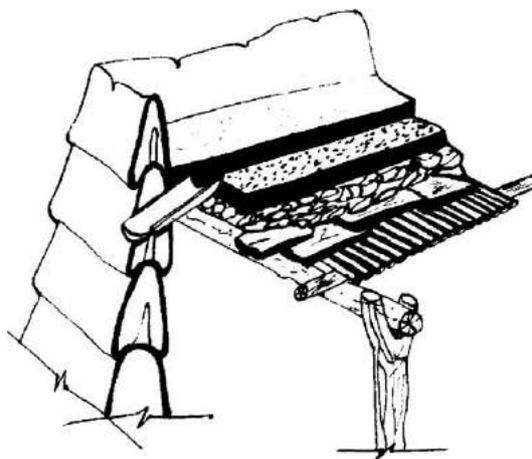


Figura 44: Sistema de cubierta plana en terraza. **Fuente:** Architecture et culture constructive du Burkina Faso. (Kere, 1995)

b) Cubierta plana sobre bóveda de tierra.

Las bóvedas son de corto alcance, un metro aproximadamente. Se destinan a cubrir áreas pequeñas como los minaretes de mezquitas. En la mayoría de los casos se trata de una sucesión de arcos en voladizo. Por la parte superior se rellena con tierra con el fin de crear una superficie plana (Figura 46).

c) Cúpula de tierra.

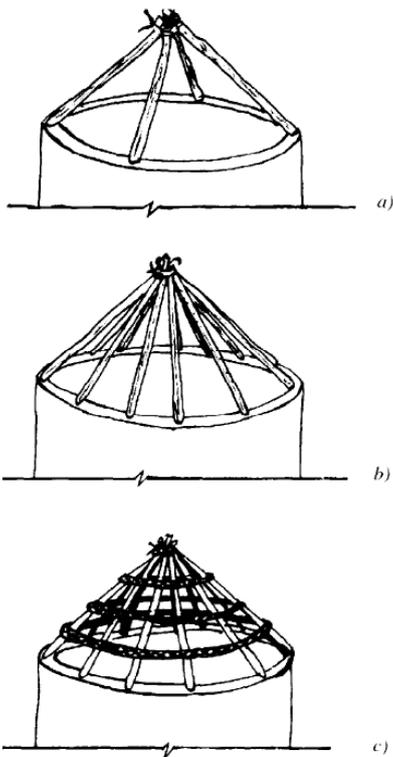
Este tipo de cubierta se lleva a cabo en los edificios de planta circular. La cúpula se elabora con tierra en estado plástico que se enrolla en forma de cordones, éstos se van desplazando hacia dentro y en vertical, reduciendo el diámetro progresivamente a medida que asciende.



Figura 46: Bóveda de tierra. **Fuente:** Architecture et culture constructive du Burkina Faso. (Kere, 1995)

CUBIERTAS LIGERAS

a) Cubierta cónica de paja.



Se utilizan para cubrir casas redondas, aunque hay algunos casos excepcionales donde se usa esta tipología para cubrir edificios de planta rectangular. Pueden cubrir hasta 3 metros de diámetro y hay dos modos de montaje: directo o indirecto. Las de montaje directo se construye el “sombrero” directamente sobre los muros, mientras que el indirecto se hace en el suelo y se eleva.

La estructura de la cubierta está constituida por cuatro piezas centrales de madera dispuestas sobre la circunferencia que constituye el plano superior del muro como se observa en Figura 47. Estas cuatro piezas se encuentran en la parte superior unidas con fibra de sisal (a), posteriormente se añaden otras piezas longitudinales de menos diámetro (b). El conjunto se estabiliza con mediante 3 o 4 ramas flexibles de nime (c). Finalmente todo eso se cubre con una serie de capas de tejido de paja unidas también con cuerdas de origen vegetal (Figura 48)

Figura 47: Cubierta cónica de paja directa. **Fuente:** Architecture et culture constructive du Burkina Faso. (Kere, 1995)

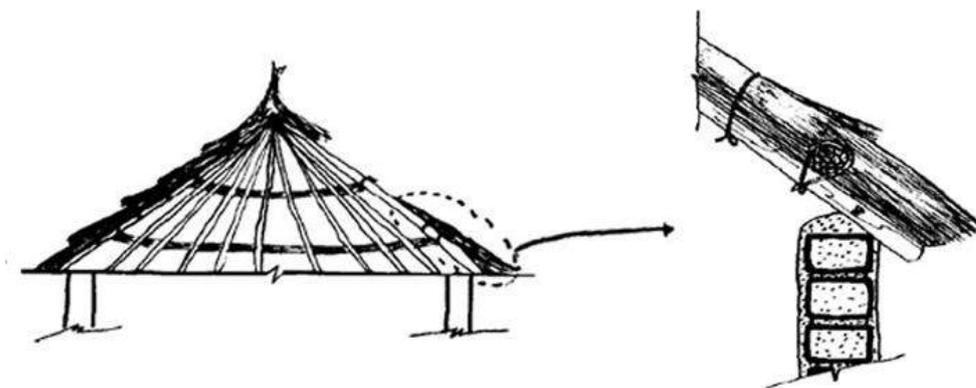


Figura 48: Sistema de fijación entre el marco de madera y las hebras de paja. **Fuente:** Architecture et culture constructive du Burkina Faso. (Kere, 1995)

b) Cubierta plana de paja.

Este tipo se usa principalmente para cobertizos o almacenes el heno. La disposición es idéntica a la de vigas descrita en el apartado anterior. Sobre esta estructura se extiende una capa de paja o follaje. (Figura 49)



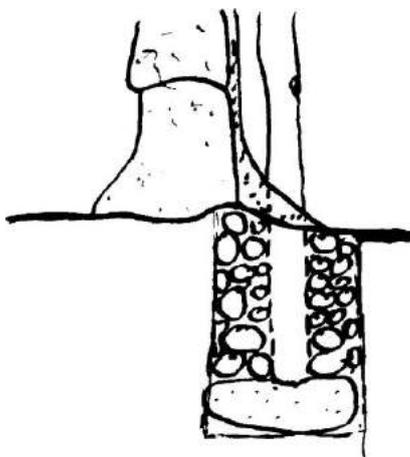
Figura 49: Hábitat nómada con cubierta plana de paja. **Fuente:** Architecture et culture constructive du Burkina Faso. (Kere, 1995)

5.3.3. La protección de los edificios.

La arquitectura debe hacer frente a las hostilidades climáticas, esto es, la lluvia y sus consecuencias (erosión y humedad), el sol y su impacto en el confort térmico, y los efectos del viento.

La estación de lluvias dura aproximadamente 4 meses, con su pico anual en Agosto. Las lluvias van generalmente acompañadas de fuertes vientos que en ocasiones arrastran partículas de arena, convirtiéndose en mucho más agresivos para la arquitectura. Veremos los puntos de la edificación donde puede ser dañino:

a) Cimientos.



Para resolver los problemas de humedad en este punto de contacto con el terreno encontramos dos tipos de solución. En muros se hace una zanja de 10 a 30 cm de profundidad que se completa con piedras, grava o tierra apisonada. En el caso de los soportes horquilla de madera es necesaria una cimentación más profunda, como se muestra en el dibujo de la Figura 50. El soporte se clava en el suelo aproximadamente 60 cm; bajo él, una roca de gran tamaño, y piedras menores o grava en toda la pared del pozo de la excavación para evitar el contacto directo de la madera con el terreno.

Figura 50: Protección cimentación soporte Horquilla. **Fuente:** Architecture et culture constructive du Burkina Faso. (Kere, 1995)

b) Revestimiento de muros.

La protección contra la lluvia de los paramentos exteriores se lleva a cabo mediante revestimientos. La tierra utilizada se extrae del suelo directamente, se tritura y luego se seca al sol. Posteriormente se mezcla con agua y se amasa hasta que adquiere la plasticidad suficiente para llevar a cabo los revestimientos. En ocasiones se añade estiércol de vaca y se amasa de nuevo hasta alcanzar el límite líquido, de tal manera que el revestimiento adquiere la dureza necesaria, y se limita el agrietamiento y los fenómenos de expansión y contracción de la arcilla. Se extiende una primera capa de 5 centímetros, con la mano. Una segunda capa con unos días de diferencia y una última capa que se alisa con piedra de granito. Finalmente se rocía con un haz de pajas un líquido resultante de la maceración de la planta néré, que permite la formación de una barrera que sella grietas. Aquellas construcciones en las que la pared no tiene revestimiento exterior, presentan un sistema de gárgolas que expulsa el agua fuera, alejada del paramento exterior. En el caso de techos de paja, el gran voladizo del techo protege la pared.

c) La cubierta plana accesible. Requiere de gran cuidado, para ello se le da una ligera pendiente que drena el agua para que salga por las gárgolas. El techo se divide en áreas, separadas con parapetos, para la adecuada evacuación del agua.

5.4. Identificación de las soluciones propuestas por ASF.

En base a todo lo estudiado anteriormente, se analizan las soluciones tomadas en el proyecto de la ONGD Arquitectos Sin Fronteras y se identifican los planteamientos menos efectivos para buscarle posteriormente una alternativa bioclimática.

A continuación se estudiará el proyecto presentado por ASFCyL para la escuela en Soarka (Burkina Faso). Toda la información relativa al proyecto básico (plantas, situación, etc) ha sido cedida por la ONGD para su uso académico. (Arquitectos sin Fronteras, 2017) y aparece referido en los anexos.

El conjunto está formado por tres aulas situadas en el lado norte, tres viviendas para los profesores que impartirán clases en la escuela al sur, una cocina al oeste y un conjunto de letrinas al este (Figura 51).

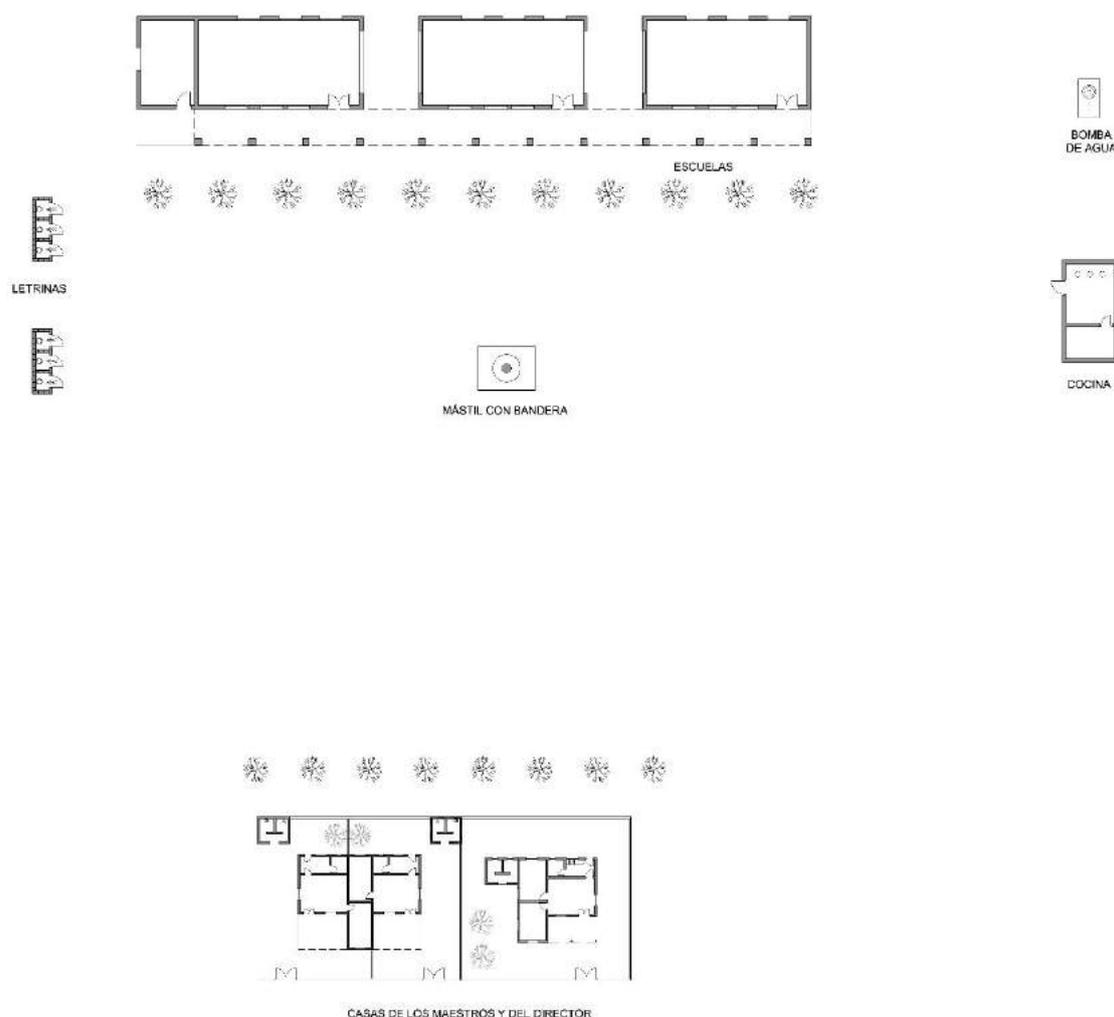


Figura 51: Planta de situación de la escuela. Fuente: Arquitectos Sin Fronteras CyL.

5.4.1. Orientación y forma.

La decisión acerca de la orientación del edificio y su forma, como ya se ha visto, influye en el cómputo solar y el movimiento de flujo de aire. Se tienen en cuenta estos dos factores, sol y viento, para analizar la eficacia de la solución tomada.

- El sol: Debemos evitar la alta incidencia solar, y las altas temperaturas en el interior del edificio para conseguir el confort térmico.

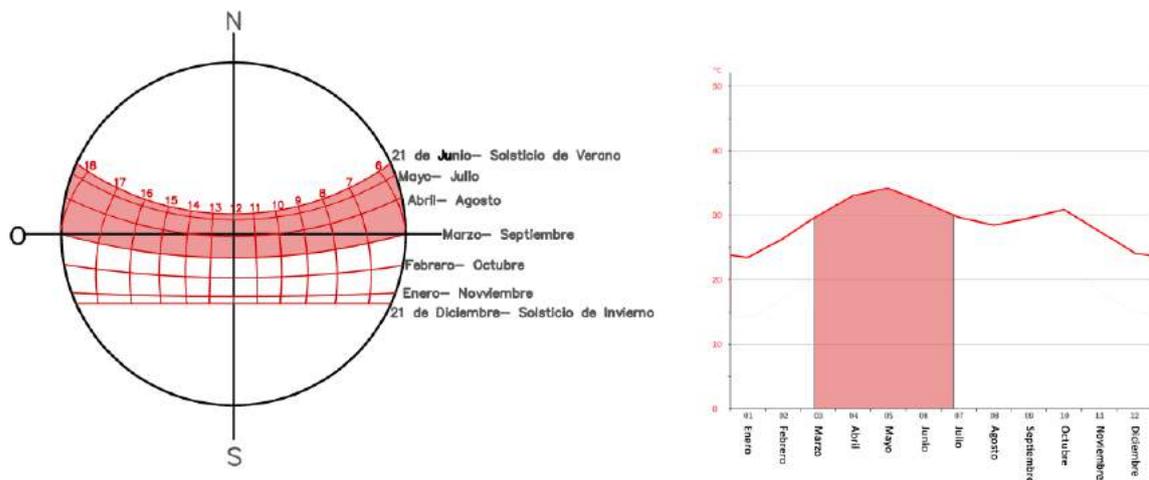


Figura 52: Trayectoria solar y temperatura anuales en Burkina Faso. Fuente: Elaboración propia.

Como se ve en la Figura 52 los meses en los que las temperaturas son más elevadas son de Marzo a Julio, coincidentes con la trayectoria solar al Norte.

En la Figura 53 se muestra una comparativa entre la trayectoria solar anual en Barcelona y en Kaya (Burkina Faso) donde podemos observar que es mucho más vertical, por lo que la superficie que mayor radiación recibirá será la cubierta.

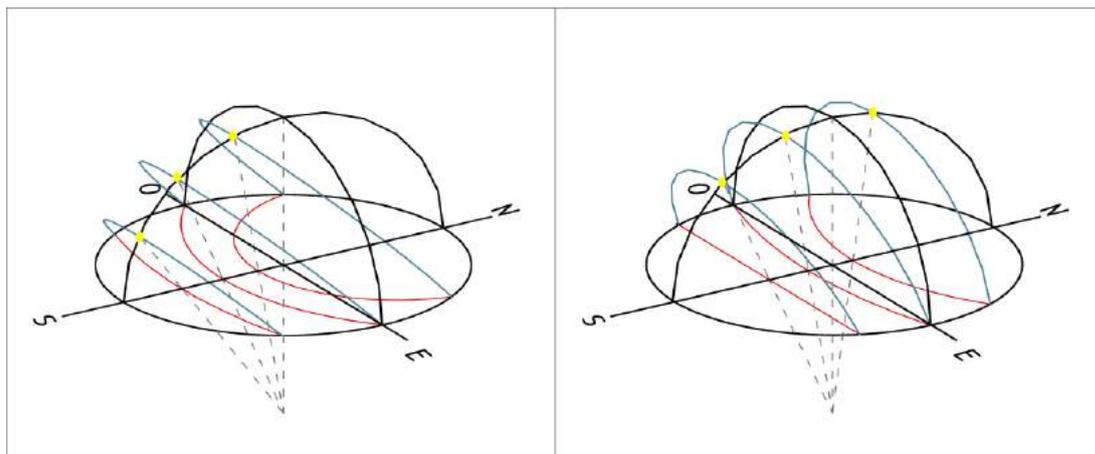


Figura 53: Trayectoria solar en Barcelona (izquierda) y en Kaya (derecha). Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto el sol incide casi perpendicularmente durante todo el año sobre la cubierta horizontal del edificio. La forma de la misma, plana y con muy poco ángulo de inclinación, dificulta que la radiación sea reflejada (Figura 58) y provoca que las temperaturas interiores sean elevadas.

En Figura 54 vemos la situación del Sol a mediodía en los solsticios de verano e invierno. Como se puede observar, cuando mayor es su ángulo de incidencia es en invierno, siendo la cara sur del proyecto la más soleada.

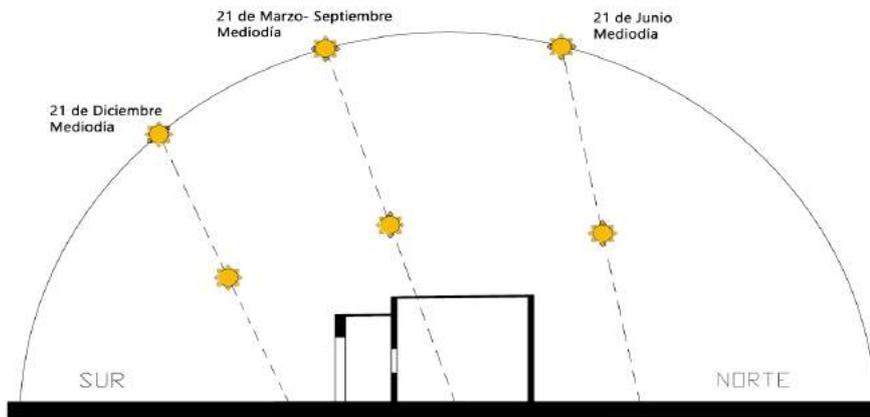


Figura 54: Esquema de la Situación del Sol al mediodía en distintos días del año.
Fuente: Elaboración propia.

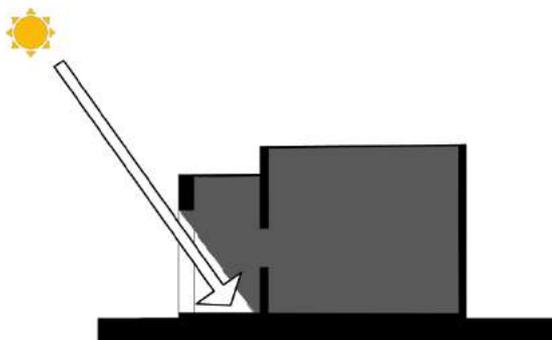


Figura 55: Esquema galería perimetral en sombra.
Fuente: Elaboración propia.

Se crea una galería perimetral que evita la penetración solar directa al interior del edificio, proyecta sombra y genera un espacio de amortiguación entre el exterior y el interior. Al encontrarse en sombra, los paramentos no recibirán radiación directa, manteniéndose frescos durante todo el día como se puede observar en Figura 55.

- El viento. Como se ha visto anteriormente los vientos dominantes pueden ser dañinos para la arquitectura y el confort interior. El viento Harmattan, proviene del Sahara al Norte convendría ser evitado.

En el entorno de la parcela no existe ningún elemento que pueda funcionar como barrera, ni edificios, ni vegetación, por lo que es la propia arquitectura y sus estrategias la que tiene que hacer frente a este fenómeno.

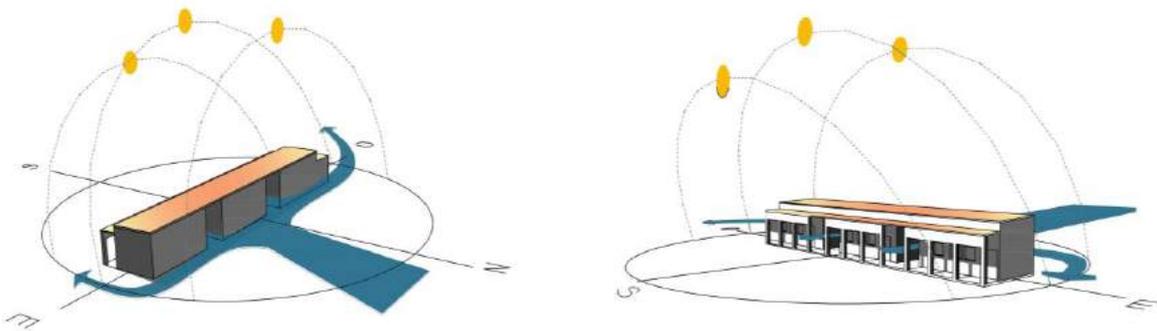


Figura 56: Esquema solar y trayectoria del viento sobre el modelo de la escuela. **Fuente:** Elaboración propia.

En la Figura 56 se observa que la escuela se cierra en su lado norte y no abre vanos, sin embargo sí que encontramos aberturas entre las aulas que pueden generar una aceleración del viento al nivel del suelo (efecto Venturi) y sería perjudicial para el confort del conjunto. En la Figura 57 se observa el posible efecto que puede generar el espacio abierto entre aulas.

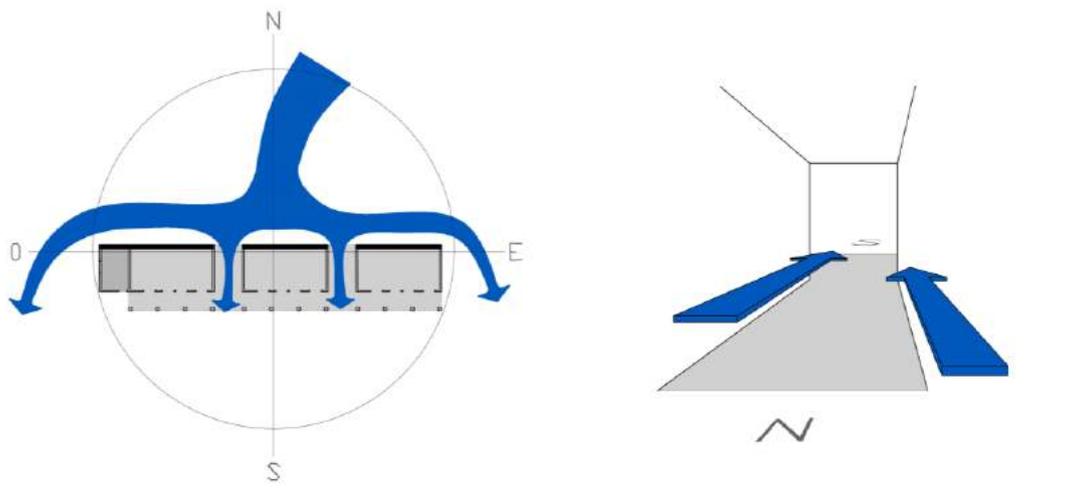


Figura 57: Efecto Venturi. **Fuente:** Elaboración propia.

5.4.2. Materialidad y aspectos térmicos.

En cooperación al desarrollo se tiende a optar por proyectos en los que la rapidez en su ejecución es más importante que la calidad de las construcciones. Además en muchas ocasiones la arquitectura en tierra o con materiales locales, es considerada por la población local como un atraso, teniendo mayor aceptación la “arquitectura moderna” basada en bloques de cemento y cubierta metálica, pues se asocia peyorativamente local o tradicional con “pobre” o “viejo”.

A parte de la cuestión económica de esta arquitectura de cemento y chapa, la menor exigencia de mantenimiento también supone un punto a favor, conduciendo esta situación a una pérdida de la arquitectura tradicional. (Barbero Barrera & Maldonado Ramos, 2013)

A continuación se describe la materialidad de los distintos elementos que conformarán la escuela, para posteriormente analizar los aspectos térmicos de los mismos y valorar su eficacia.

a) Cimentación

En la excavación previa a la cimentación se retira la primera capa vegetal para su posterior utilización en otras zonas de la parcela, excavando hasta encontrar el firme de cimentación. La cimentación esté formada por zanjas y zapatas de hormigón en masa.

b) Estructura.

Sobre la cimentación se levantan los pilares de hormigón armado, de sección cuadrada con un ancho mínimo de 30 cm. A nivel de la coronación del edificio los pilares se atan con un anillo perimetral, integrado por vigas de hormigón armado sobre las que apoyará la estructura de cubierta, formada por una armadura principal, definiendo un faldón a un agua que evacúa hacia el patio. En lo que respecta a la estructura horizontal, el edificio dispondrá de una solera de hormigón armado, que se ejecuta sobre un encachado drenante, previo cajeadado del terreno, a nivel de la planta baja.

c) Cubierta

Encima de la armadura principal se apoya una subestructura, donde se ancla la cobertura de placas de chapa de acero galvanizada, elemento común de cubrición en gran parte del continente africano, por su escaso valor económico y porque resuelve con solvencia la evacuación de agua en la temporada de lluvias.

Es muy determinante la capacidad calorífica y conductividad de los materiales en cuanto a los intercambios de calor que se producen entre el medio y el interior. Es por eso que la envolvente constituye una parte fundamental en el funcionamiento de todo el edificio. La cubierta es la superficie donde se produce el mayor intercambio de calor, como se puede observar en el esquema de la Figura 58.

Es importante la relación:
$$\frac{\text{Superficie Horizontal exterior}}{\text{Superficie Horizontal interior}}$$

En el caso de la escuela la relación es igual a 1, es decir es la misma superficie exterior que interior y el material utilizado es chapa, sin ningún tipo de revestimiento interior que pueda funcionar como aislante. El comportamiento de la chapa galvanizada es poco apropiado: por su escaso espesor, no tiene capacidad de absorción alguna, por lo que prácticamente toda la radiación que es absorbida, es expulsada hacia el interior, generando elevadas temperaturas con la consecuente pérdida de confort térmico, que dificultan realización de las clases.(Figura 58)

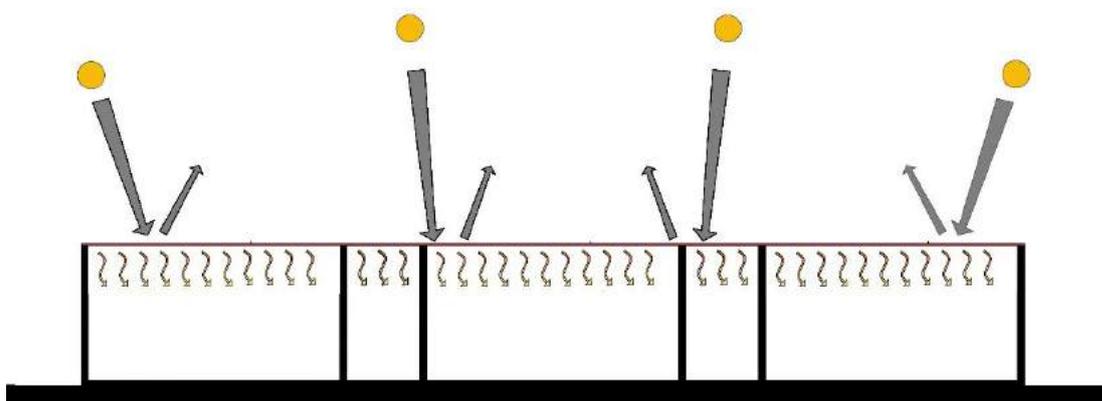


Figura 58: Esquema radiación solar sobre la cubierta plana. **Fuente:** Elaboración propia.

d) Cerramientos

Los cerramientos exteriores son de fábrica de bloque de hormigón, revocadas con cal por el interior y por el exterior y posteriormente pintadas. La carpintería se plantea a base de perfiles de acero conformados en frío, pintados al esmalte, carentes de vidrio pero con un sistema de lamas del mismo material que permiten la ventilación del local. Para evitar la entrada de insectos se colocan mosquiteras en todas las ventanas. En la Figura 60 se puede observar el sistema constructivo descrito anteriormente, así como la tipología de ventanas y protecciones.



Figura 60: Construcción de una escuela por la misma contraparte en Beebo (Burkina Faso). **Fuente:** (Arquitectos sin Fronteras, 2017)

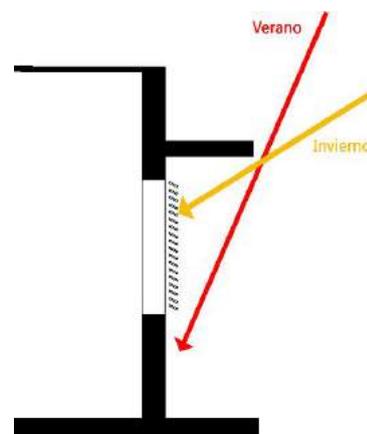


Figura 59: Sistema de protección mediante lamas. **Fuente:** Elaboración propia.

El sistema de lamas permite filtrar la luz al interior cuando la radiación solar incide directamente sobre esta superficie, en invierno, como se aprecia en la Figura 59.

6. Propuesta de mejora: Soluciones y Estrategias.

Se plantean una serie de cambios con respecto al proyecto planteado por la ONG, en relación a la implantación, forma y materialidad, siguiendo las estrategias bioclimáticas estudiadas en los distintos climas y en base a los conocimientos adquiridos de la arquitectura tradicional de Burkina. Consiste en reinventar sus técnicas y sus materiales, para ejecutar un proyecto sostenible y comprometido con los materiales autóctonos y el paisaje. El componente social y cultural es fundamental en cuanto a la aceptación del proyecto por parte de los titulares de derechos, por lo que se han tenido en cuenta factores como los modos de vida y la tipología de viviendas y asentamientos tradicionales en los que la privacidad o la protección son cuestiones importantes.

6.1. Implantación.

Debido a las condiciones climáticas y las socioculturales del pueblo se buscan dos objetivos principales: por un lado, una orientación apropiada que evite el soleamiento excesivo y los fuertes vientos, y por otro lado, un acercamiento a las formas de ordenación de la arquitectura tradicional.

Se cierra todo el conjunto a un patio central que será la zona de recreo de los niños de la escuela. El conjunto de las escuelas se desarrolla de forma lineal y se cierra con un muro al norte, dirección de la que provienen los fuertes vientos y se prolonga, de tal manera que protege el patio interior, y da la espalda al terreno salvaje que se extiende detrás.

Las viviendas para profesores y la cocina con un espacio comedor cubierto se abren en forma de abanico por el lado Sur, y creciendo hacia el Este, de tal modo que cierran el conjunto por ese lado. Cada vivienda surge de un muro situado al este que constituye a la vez parte del cerramiento y la estructura que soporta la cubierta, así como muro separador entre las distintas unidades, aprovechando al máximo el material. Siguiendo la estrategia tomada en la escuela, el muro se cierra a la dirección del viento que podría ser perjudicial para la habitabilidad del conjunto, ubicando esas pequeñas aberturas que facilitan el movimiento del aire interior que se renueva constantemente.

Las letrinas cierran el conjunto por el oeste. La ubicación de las mismas constituye una importante cuestión, pues al tratarse de letrinas secas, la ventilación es fundamental para el correcto funcionamiento del conjunto. Dado que la dirección del viento dominante proviene del noreste, estas se sitúan en el lado opuesto, así, los posibles malos olores sean arrastrados fuera del conjunto. En el caso de las viviendas, los aseos se sitúan separados de la zona habitacional, y en el lado sur por los mismos motivos.

En la Figura 61 se muestra la ubicación en el plano de los distintos elementos, y la forma final del conjunto. Aparecen sombreados en color más oscuro los espacios habitables, cerrados. En color más claro los espacios cubiertos de transición, que generan espacios de sombra refrescantes, previos a la privacidad interior.



Figura 61: Esquema de situación. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 62 aparecen sombreados los muros protectores que constituyen una barrera al viento del Sáhara, de tal modo que el conjunto queda protegido, y cerrado hacia el interior como hacía la arquitectura tradicional de las distintas poblaciones en Burkina Faso. Además, gracias a este sistema de muros y cubiertas se generan espacios de transición, entre la zona más pública y la privada, como ocurría en los asentamientos estudiados de la región. Estos espacios “patio” o “corredor” constituyen un espacio de sombra fresco, que mejora el confort térmico de las distintas estancias, tanto aulas, como viviendas.

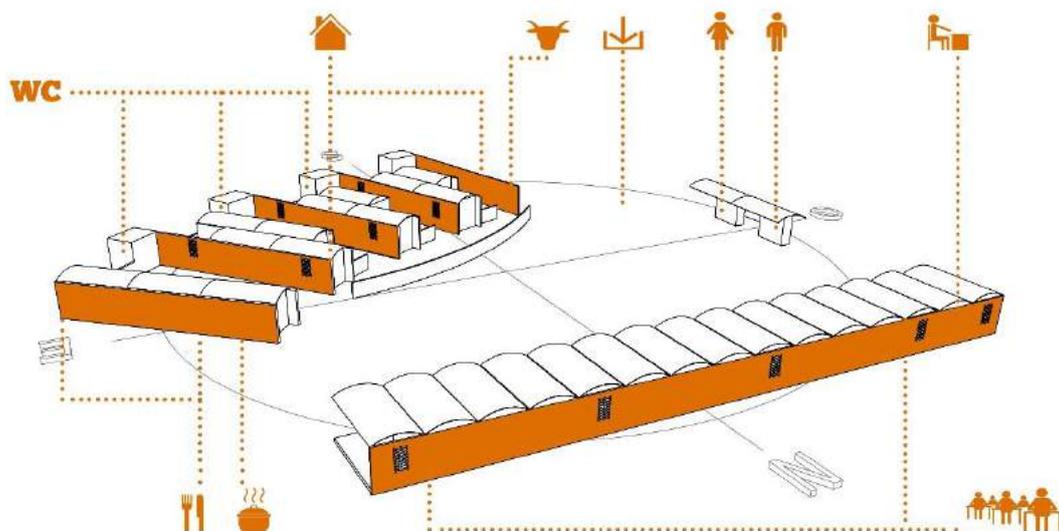


Figura 62: Axonometría conjunto. Fuente: Elaboración propia

6.2. Proyecto arquitectónico.

A continuación se definen los distintos espacios del conjunto. El proyecto busca en todo momento la máxima funcionalidad, haciendo un mínimo gasto de materiales y recursos, optimizando las superficies al máximo, aprovechando las ventajas de la climatología y haciendo frente a los aspectos perjudiciales de la misma. Se busca tanto la sencillez en las formas, como la adaptación de estas a las necesidades más urgentes: crear un espacio cerrado y cubierto, unas condiciones de confort térmico para el inicio de las clases en la región lo antes posible, así como unas viviendas básicas para el traslado de los profesores a la región donde ejercerán la docencia.

6.2.1. Escuela.

La escuela está formado por tres aulas y una oficina para el director. El conjunto se cierra al norte, como hemos visto anteriormente, y se genera un espacio corredor al sur que servirá de acceso, además de generar un espacio refrescado previo a las aulas. La cubierta se prolonga, de tal modo que el sol no incide de manera directa en los vanos, y por lo tanto se evitan problemas de iluminación interior, incidiendo la luz siempre de una manera constante.

La cubierta es de chapa ondulada autoportante. Este tipo de chapa junto con la viga Ypsilon sobre la que se apoya pertenece a una casa comercial que se detalla más adelante. Su forma de bóveda permite que se sujete por sí misma sin la necesidad de una estructura auxiliar, además de separarse del borde del muro, generando un espacio que permite ventilar el bajo cubierta, sin sobrecalentar las aulas.



Figura 63: Planta y alzado del conjunto de la escuela. **Fuente:** Elaboración propia.

En la Figura 63 se observa tanto la planta como el alzado de toda la escuela. Su disposición es lineal, generándose entre las aulas unos espacios que pueden funcionar como aulas exteriores o como espacio de juego a la sombra con unas pequeñas aberturas en el muro norte que permiten filtrar el viento cargado de arena y ventilar ese espacio entre aulas, como se explica en Figura 64.

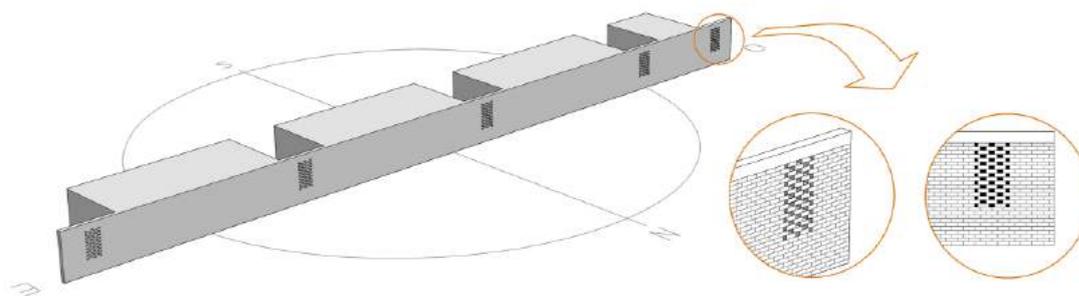


Figura 64: Esquema explicativo del muro norte en la escuela. **Fuente:** Elaboración propia

La planta de la escuela quedará definida por la dimensión de la chapa usada para la cubierta. El ancho de la misma es de 3,60 metros, dimensión que constituye un módulo. Cada aula consta de tres de estos módulos, generando el lado más largo, mientras que los espacios entre aulas de uno solo. La longitud total del aula será de 11 metros, y su ancho de 5, quedando el espacio central liberado, donde se colocan las mesas para los alumnos. La mesa del profesor se sitúa a la entrada, elevada, de tal modo que puede controlar la llegada y salida de los alumnos al aula, así como las ausencias.

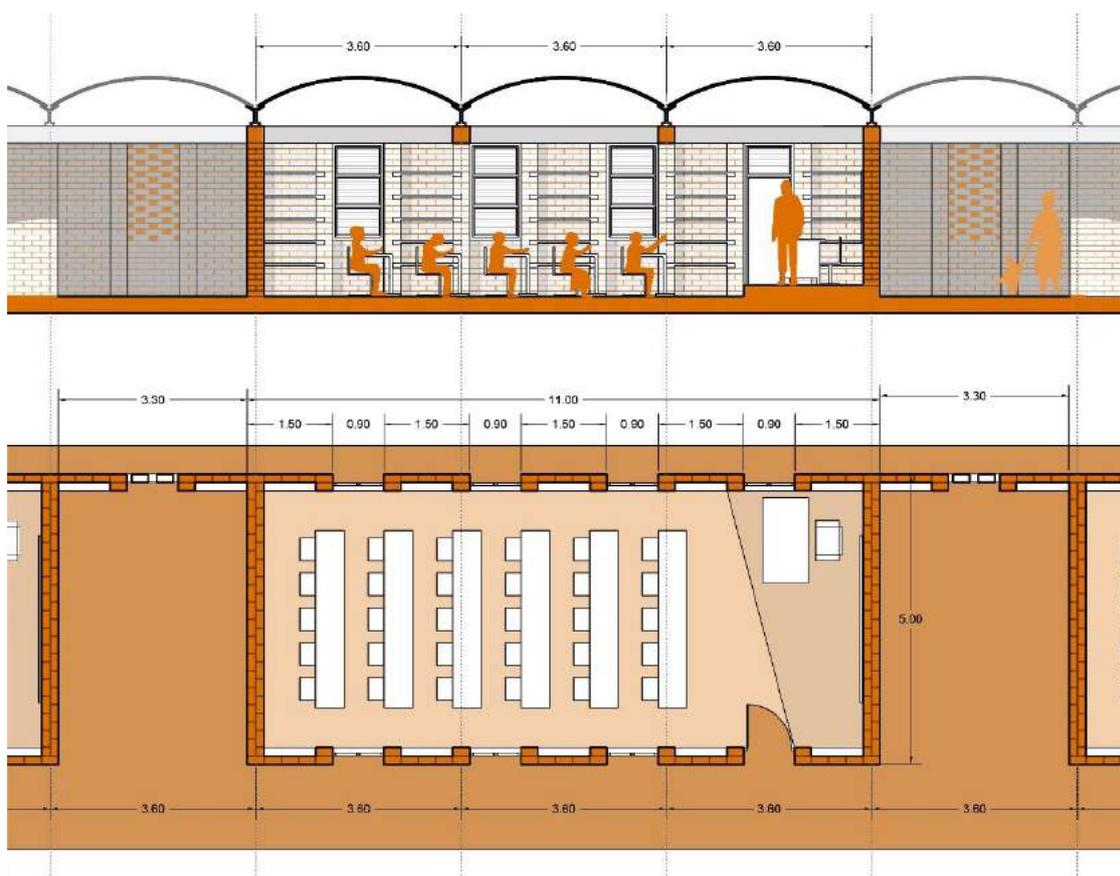


Figura 65: Planta y sección de un aula. Fuente: Elaboración propia

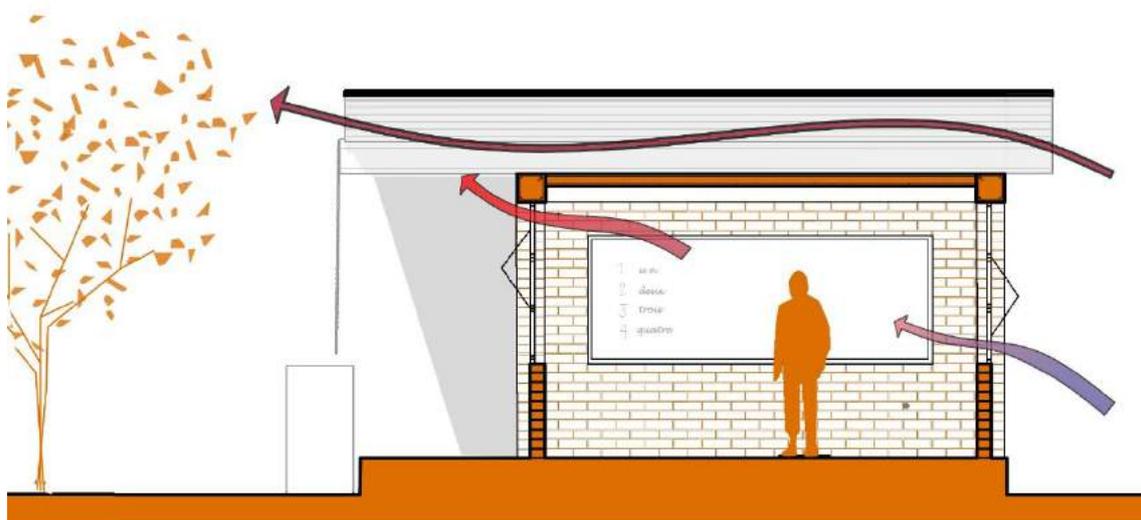


Figura 66: Sección transversal del aula. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 66 se representa mediante flechas el movimiento del aire en el interior del aula. Los vanos enfrentados permiten los flujos de aire, que entrando por la parte baja el aire fresco del lado norte a la sombra, tiene salida en el lado opuesto por la parte alta, donde se acumula el aire caliente. La chapa elevada, permite la circulación de aire en el bajocubierta, donde se alcanzan elevadas temperaturas.

6.2.2. Viviendas.

Se proponen dos tipos de vivienda, siguiendo el mismo sistema de crecimiento basado en el módulo de la cubierta, generándose dos bandas que se desplazan de 3.60 metros de ancho (el mismo ancho de la chapa). La vivienda para profesores constará de una sola habitación (a la izquierda en la Figura 67), mientras que la del director de dos (a la derecha en la Figura 67).



Figura 67: Viviendas de los profesores (izquierda) y del director (derecha). **Fuente:** Elaboración propia

El sistema es el mismo que en la escuela, empleando el mismo tipo de muros reforzados. Las aberturas se enfrentan de tal manera que se favorezca a la ventilación y el movimiento de aire del interior de las estancias. Se generan espacios de sombra previos que evitan la insolación directa del interior y por tanto espacios más frescos en el interior.

En la Figura 68 se representa mediante flechas los movimientos de aire. La apertura de los vanos enfrentados se dispone de manera que el aire fresco penetra por la parte baja, y el de elevada temperatura sale por la parte alta de la estancia sale a través los huecos superiores del extremo opuesto. La cubierta de chapa separada del

muro, permite la ventilación del espacio bajo cubierta, el cual alcanza una elevada temperatura debido a la elevada conductividad de la chapa y su escaso espesor.

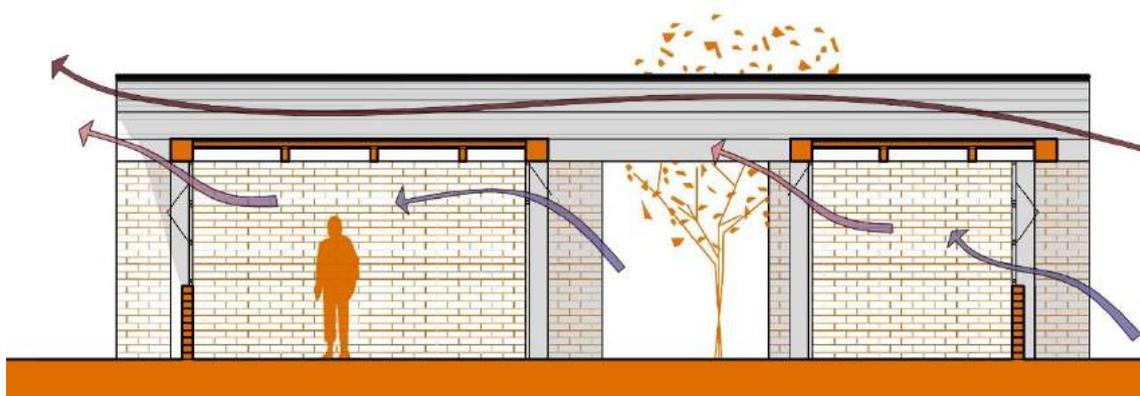


Figura 68: Sección vivienda tipo. Fuente: Elaboración propia

6.3. Materialidad.

Todo el sistema de muros será de bloques de tierra compactada (BTC) sobre los que se coloca un zuncho de hormigón armado como se muestra en Figura 69.

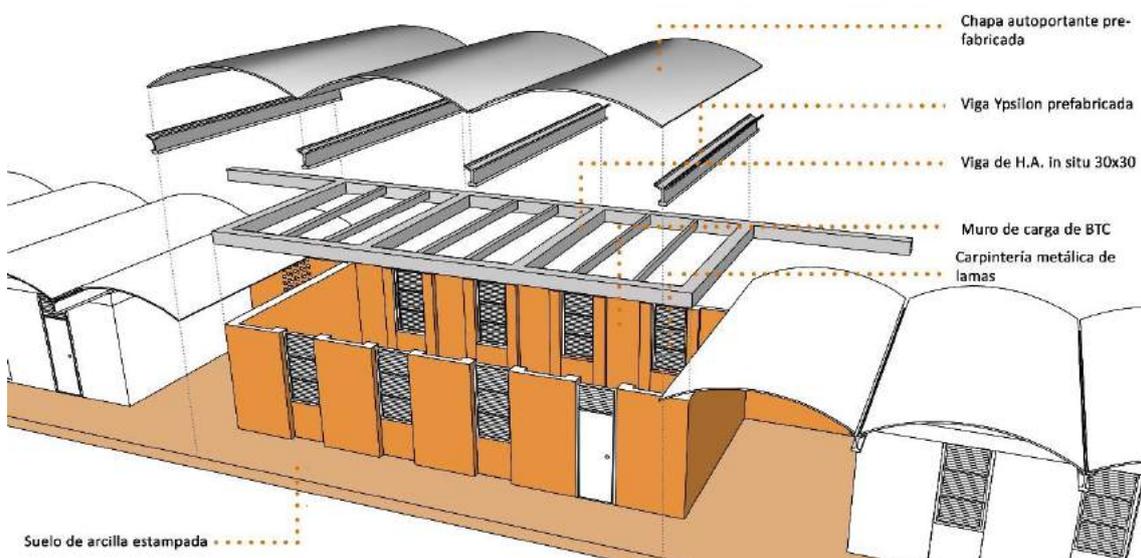


Figura 69: Axonometría explotada de un aula. Fuente: Elaboración propia

Sobre la viga de hormigón in situ se colocan vigas tipo Ypsilon prefabricadas, donde se apoya la chapa curvada autoportante. Las vigas Y se prolongan sobre el borde del muro generando un voladizo de 1.50 metros, que protege la superficie exterior de las fuertes lluvias en la estación húmeda que podrían dañar el material BTC, además la forma de la propia viga Y funciona como vierteaguas. El conjunto de la viga Y y la chapa constituyen un sistema que pertenece a la casa comercial “Hierros y Transformados S.A.”

Se plantea también una subestructura de viguetas que soporta un forjado de tierra, siguiendo el modelo tradicional de cubierta plana de tierra. Este forjado no se realizará en la primera fase, sino que se deja definido, pudiendo realizarse en un futuro por los habitantes de la localidad.

El suelo de las aulas, así como del corredor delantero será de arcilla compactada, estampada al estilo tradicional.

6.3.1. Cimentación.

En la figura 70 se muestra el sistema de cimentación. Bajo los muros de carga de BTC se desarrolla una zapata corrida de hormigón sin armar (4) con base de 50x40 cm, estrechándose mediante un bloque de BTC que actúa como encofrado perdido (3). Se extiende una capa de arcilla compactada estampada al estilo tradicional de 10 cm de espesor (6) sobre una cama de relleno de grava de 30 centímetros (5). Se emplea bloque macizo de cemento de 20x20x40 centímetros para sujetar el suelo (2), y crear un escalón que eleva la escuela con respecto al terreno natural. Se dispone un bidón reciclado para la recogida de aguas procedente de la cubierta.

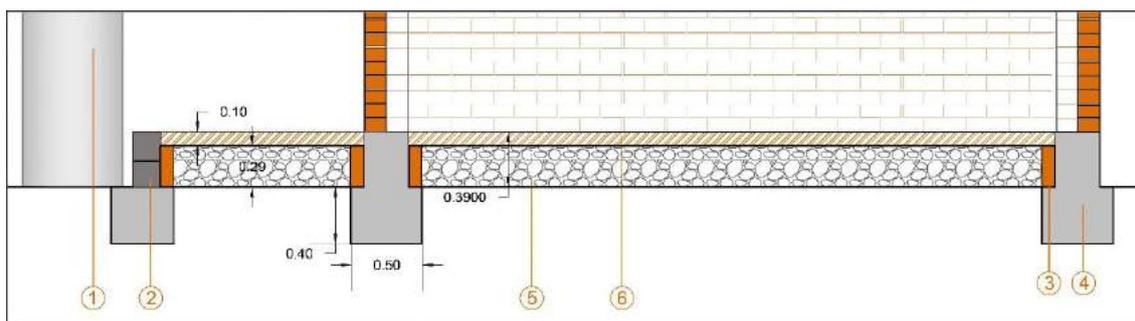


Figura 70: Detalle de la cimentación. Fuente: Elaboración propia

6.3.2. Muros y vanos.

La sujeción de la cubierta se lleva a cabo mediante muros de carga de BTC (Bloque de tierra compactada) con un 9 por ciento de cemento, fabricados in situ y de dimensiones: 9x4x29 centímetros. La elección del BTC como material para la construcción de los muros se debe a la búsqueda de una condición fundamental: la cercanía en los materiales a la arquitectura tradicional de Burkina, donde la tierra es el elemento principal. La tierra aporta una serie de características que buscamos en un proyecto de cooperación como es este:

-Habitabilidad. La tierra es un buen regulador de la temperatura y la humedad. Tiene capacidad higroscópica, es decir, al ser un material poroso puede almacenar o liberar humedad y mantener unas condiciones óptimas a lo largo del año. Además tiene una gran inercia térmica, por lo que almacena calor, que es liberado cuando las temperaturas bajan y viceversa, por lo que es un material idóneo para un clima de temperaturas extremas, como ocurre en Burkina. Además la tierra es un buen aislante acústico.

-Sostenibilidad: La tierra al ser un material natural que proviene del terreno, puede volver a él una vez su vida útil acaba sin producir alteraciones en el medio. Esta es una cuestión que se repite en la arquitectura de Burkina, una vez la vivienda deja de ser funcional recogen los pilares de madera que pueden reutilizar, y dejan que la tierra vuelva a formar parte del entorno.

-Economía. Se trata de un material abundante, que se puede extraer y transformar con facilidad, sin la necesidad de una fuente de energía, o una tecnología costosos.

Se emplean bloques de tierra compactada con el fin de superar los inconvenientes que presenta la tierra cruda como material de construcción: poca durabilidad y resistencia. El bloque de BTC está formado por tres componentes: arcilla, arena y un estabilizante. La tierra es el principal componente que le da solidez y cuerpo, la arcilla aporta plasticidad y el estabilizante, que en este caso es cemento, mejora las propiedades físicas aportando resistencia y evita la retracción en el secado, y la erosión y corrosión. Por último el agua permite las reacciones químicas del estabilizante y hace que la tierra gane plasticidad, es decir, es el elemento que activa las propiedades de los anteriores para formar el bloque de tierra.

Su producción se lleva a cabo mediante una prensa mecánica manual, la cual no elevará en exceso los costes del proyecto, y mejorará considerablemente las características del material. Estos bloques se fabricarán in situ, evitando los gastos de transporte o prefabricación.

El muro se ejecuta sobre la zapata de cemento, separado del terreno natural 30 centímetros, para no sufrir la erosión del agua de lluvia. Las hiladas de bloques se unen con mortero de barro con una pequeña proporción de cemento de 1.5 centímetros de espesor. Una viga perimetral de hormigón armado arriostra todos los muros y da estabilidad al conjunto.

Se da grosor al muro longitudinal mediante la creación de unos estantes de hormigón que lo refuerzan y puedan ser usados para depositar material escolar. Este tipo de muros da una mayor estabilidad al conjunto además genera pilastras que soportan la estructura de la cubierta. (Figura 71). Mediante esta estrategia se produce un gran ahorro de material, para una mayor estabilidad.

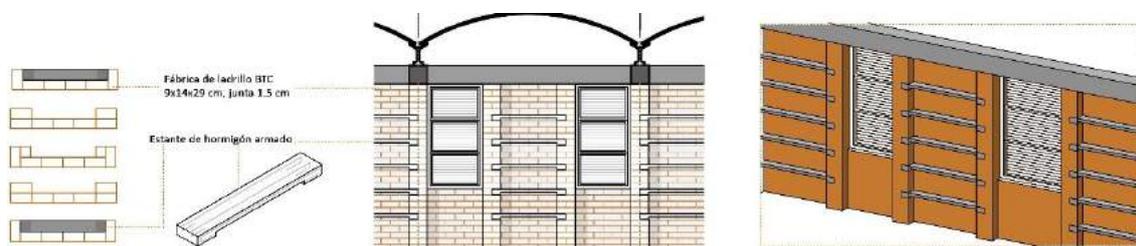


Figura 71: Detalle estantes. Fuente: Elaboración propia

Entre cada elemento de muro-estante de 1.50 metros de longitud, aparecen los vanos de 0.90 metros (Figura 72), que presentan una carpintería metálica de abatible con lamas orientadas.

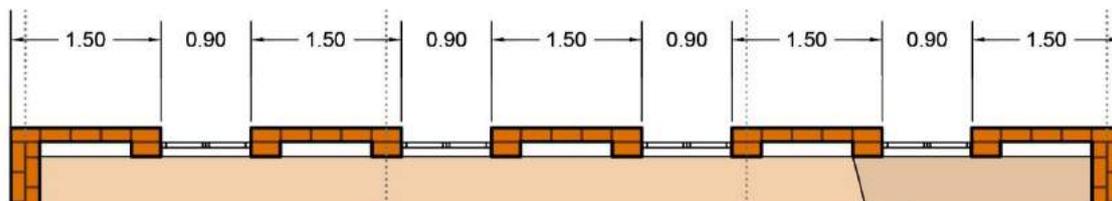


Figura 72: Detalle muro. **Fuente:** Elaboración propia

Las lamas de la carpintería permiten controlar la incidencia de radiación solar. El sistema de abatimiento permite abrir la parte baja o alta de la ventana. Mediante este sistema, se abre la parte baja de los vanos del lado norte, donde el aire es más fresco por estar siempre a la sombra. La salida de aire se produce por la parte alta de los vanos del lado sur, que está sometido a más horas de sol (Figura 73).

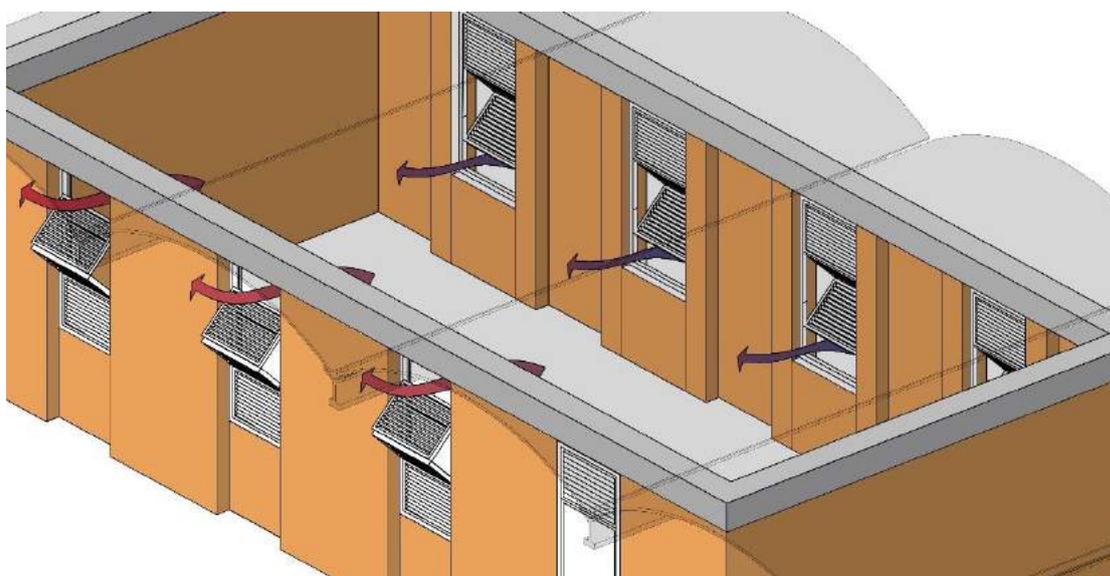


Figura 73: Corrientes de aire debidas al sistema de carpinterías abatibles. **Fuente:** Elaboración propia

6.3.3. Cubierta.

En la figura Figura 74 y Figura 75 se representa la cubierta formada de una chapa metálica de HT-40 (1), con forma curva, lo que le permite sujetarse sin necesidad de una compleja estructura debajo, siendo necesaria de una mano de obra más especializada, y por tanto elevaría los costes. Esta chapa curvada autoportante se apoya sobre dos vigas prefabricadas Ypsilon(4) de hormigón armado. Este conjunto de chapa y vigas se ha localizado en la casa comercial Hierros y Transformados S.A. La doble chapa presenta un aislamiento de fibra de vidrio intermedio (2) separada mediante un perfil omega galvanizado $e=0.1\text{ mm}$ (3). La chapa tiene un ancho de 3.60 metros, dimensión fija. La longitud es variable, ya que se puede cortar, en el caso de las aulas medirá 7 metros, pues presenta voladizo tanto al lado norte como al sur para la protección de los paramentos verticales, así como la generación de sombra.

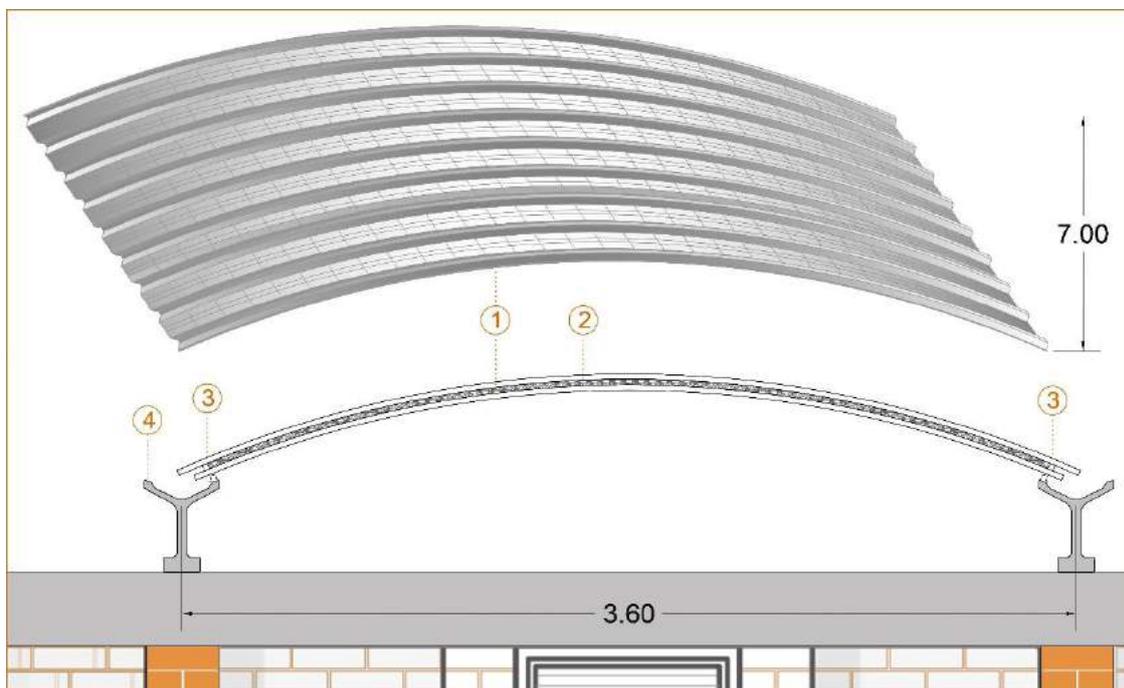


Figura 74: Sistema de cubierta con chapa ondulada + Viga Y. **Fuente:** Elaboración propia

La viga Y, por su forma recoge el agua de lluvia procedente de la chapa, y es expulsada al exterior (Figura 75).

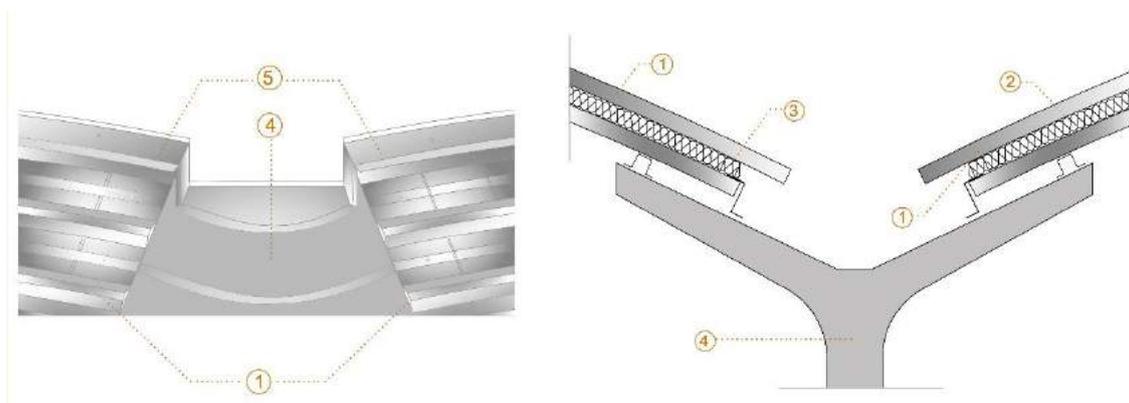


Figura 75: Detalle vierteaguas. **Fuente:** Elaboración propia

En la Figura 76 se representa la sección constructiva de un aula. La cimentación de zapatas corridas de cemento en masa (6) con suelo de arcilla compactada sobre relleno de grava de 30 centímetros (4). Aparece un forjado bajo la cubierta de chapa descrita anteriormente, sombreado en color marrón que se apoya sobre una estructura de viguetas armadas in situ (10). Este forjado se inspira en el cubierta plana de tierra tradicional de la arquitectura en Burkina Faso y constará de tablones de madera del encofrado a los que se le aplica un tratamiento antitermitas (12) que hace a su vez de encofrado para una mezcla de tierra con paja (13) y sobre esta una capa de arcilla compactada al estilo tradicional de 3 centímetros (14). La tierra mezclada con la paja cumple la misión del aislante, tanto térmico como acústico, además reduce considerablemente su peso. La fina capa de arcilla compactada conforma el acabado del forjado.

La viga Y en voladizo que sujeta la chapa curvada de la cubierta funciona como vierteaguas, descendiendo a través de la cadena (9) hasta un bidón reciclado (1) que recoge el agua para su posterior reutilización.

A continuación se detalla la leyenda de la sección constructiva en la Figura 76:

- (1) Bidón reciclado para la recogida de aguas.
- (2) Murete de bloque macizo de cemento 20x20x40.
- (3) Encofrado perdido, bloque BTC.
- (4) Relleno de grava, 30cm.
- (5) Arcilla compactada, estampada al estilo tradicional, 10 cm.
- (6) Zapata corrida de hormigón sin armar.
- (7) Muro de carga de BTC, 9x14x29 cm.
- (8) Carpintería metálica abatible de lamas.
- (9) Cadena para la recogida de aguas.
- (10) Vigueta de hormigón armado in situ.
- (11) Viga de hormigón armado in situ, 30x30 cm.
- (12) Tablones de madera de encofrado.
- (13) Mezcla de tierra con paja, 7cm.
- (14) Arcilla compactada, 3cm.
- (15) Viga Ypsilon.
- (16) Chapa curvada autoportante HT-40.

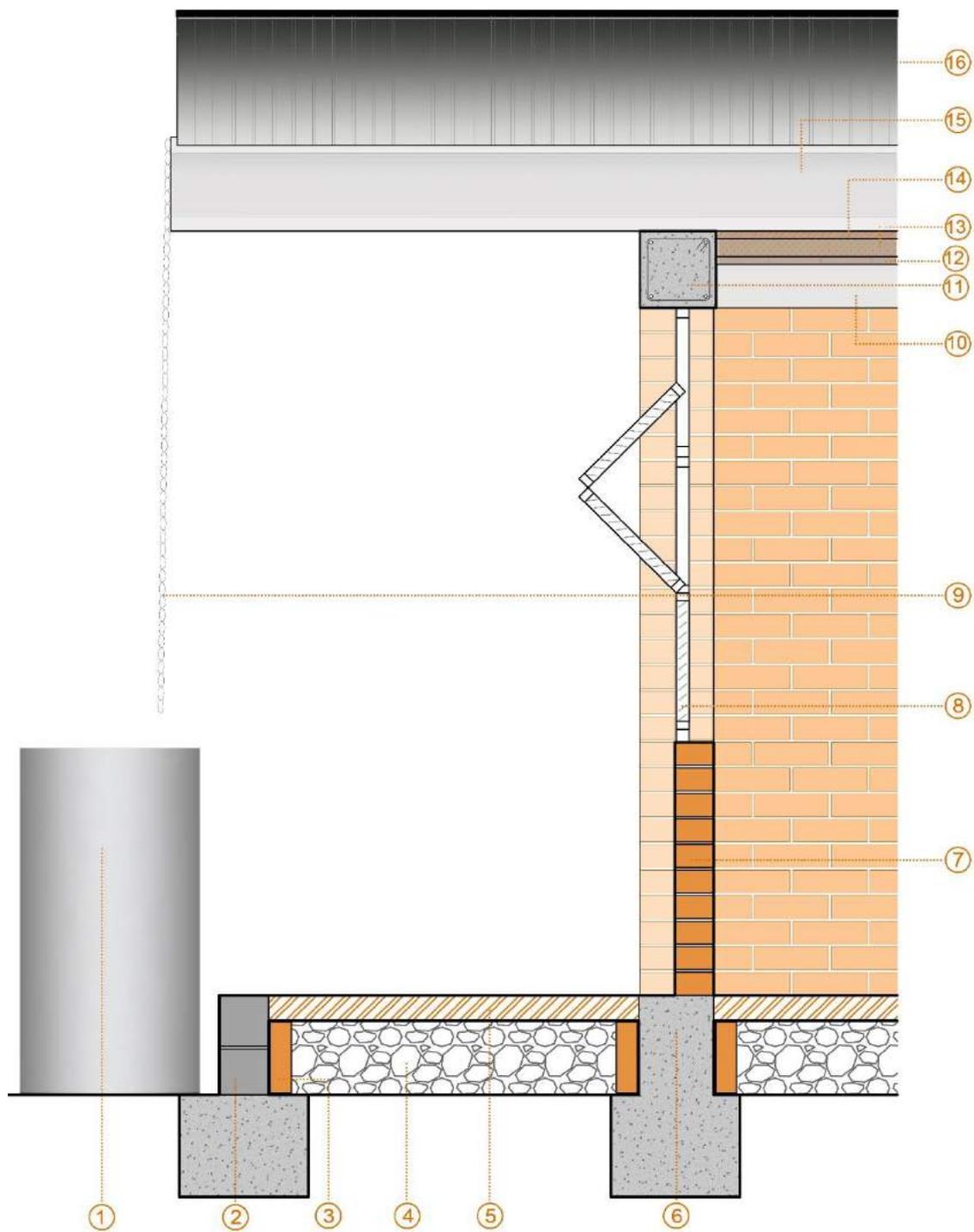


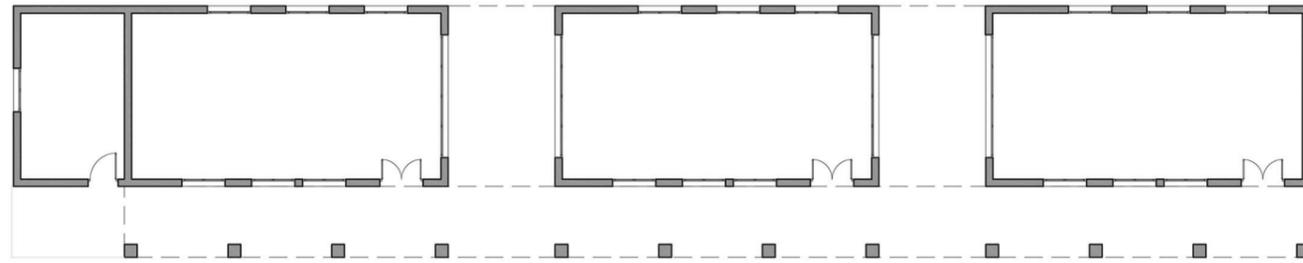
Figura 76: Sección constructiva. Fuente: Elaboración propia.

7. Conclusión.

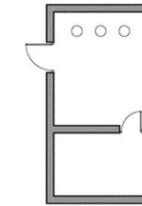
El papel del arquitecto va mucho más allá del diseño de edificios, ha de comprender la problemática social, cultural y económica que existe en la actualidad, y a la vez servirse de la rica historia de la arquitectura para llevar a cabo proyectos más comprometidos con el ambiente y las circunstancias sociales.

8. Anexos.

Se adjuntan los planos aportados por la ONGD Arquitectos Sin Fronteras (L1 , L2, L3 y L4) y los planos de elaboración propia detallando el proyecto de la propuesta (L5, L6 y L7).



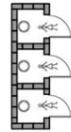
BOMBA DE AGUA



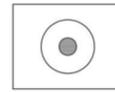
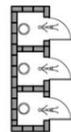
COCINA



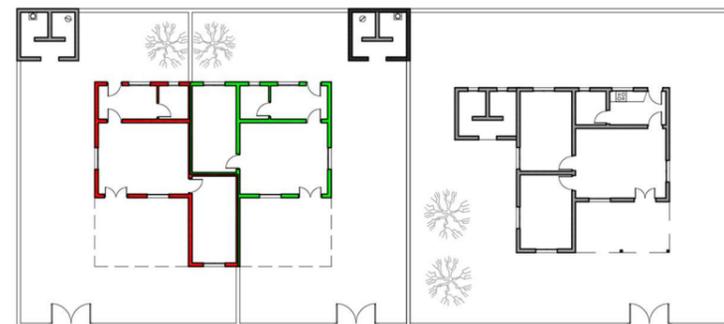
ESCUELAS



LETRINAS



MÁSTIL CON BANDERA



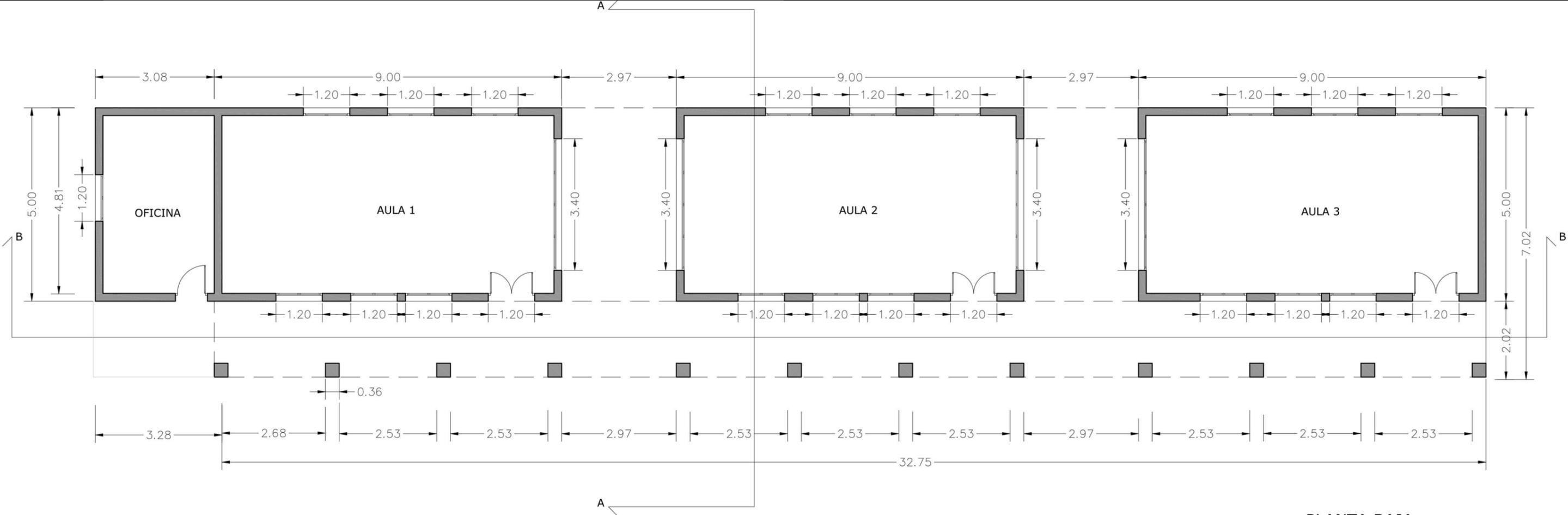
CASAS DE LOS MAESTROS Y DEL DIRECTOR

LO1 PROYECTO DE ESCUELA EN BURKINA FASO DE LA ONGD ASFCYL

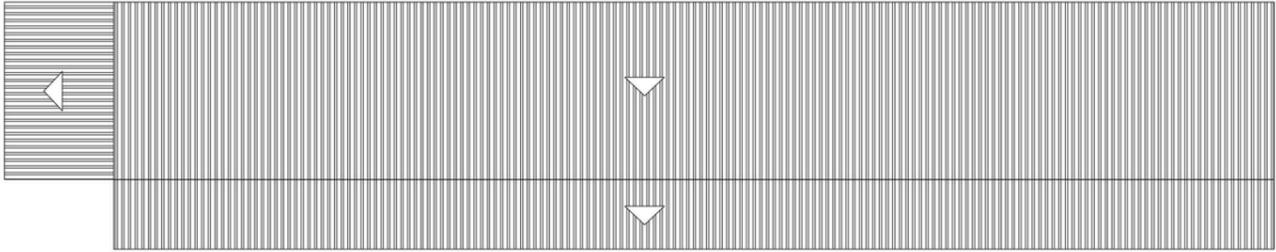
CONTENIDO:
Planta de situación

Plano de la ONG. Arquitecta: Rosa María Blanco Díaz. Propiedad: Arbinda.

TFG: Estudio y propuesta de mejora de un Proyecto de Escuela en Burkina Faso
Miriam Blanco Moral
Universidad de Valladolid.



PLANTA BAJA



PLANTA DE CUBIERTAS

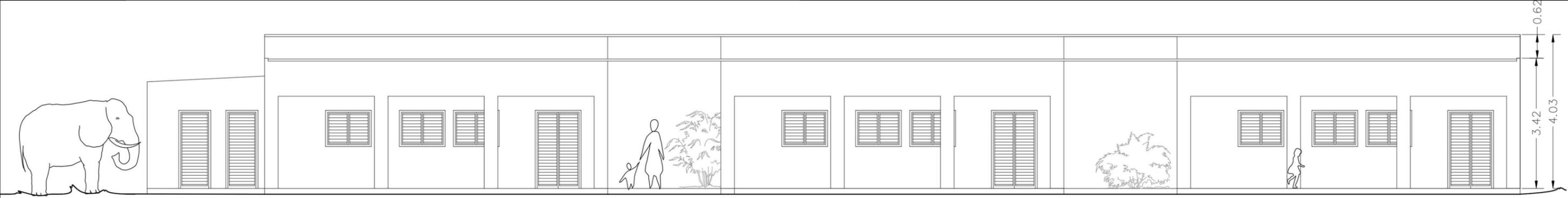
LO2 PROYECTO DE ESCUELA EN BURKINA FASO DE LA ONGD ASFCYL

CONTENIDO:

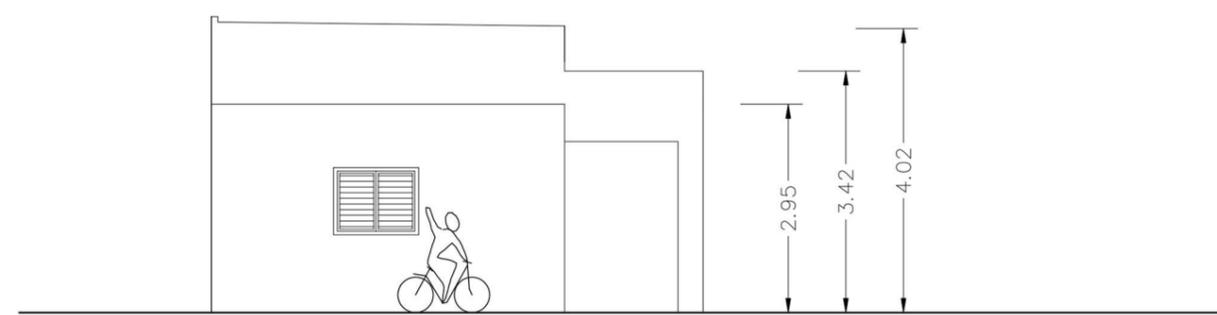
Planta de la escuela	E: 1/100
Planta de cubiertas	E: 1/200

Plano de la ONG. Arquitecta: Rosa María Blanco Díaz. Propiedad: Arbinda.

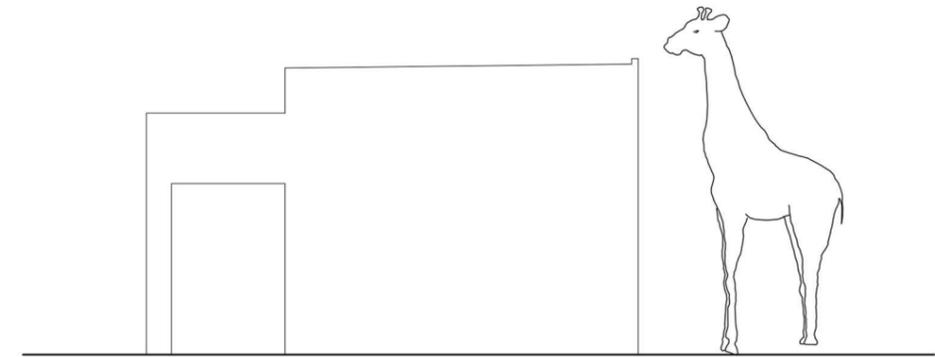
TFG: Estudio y propuesta de mejora de un Proyecto de Escuela en Burkina Faso
 Miriam Blanco Moral
 Universidad de Valladolid.



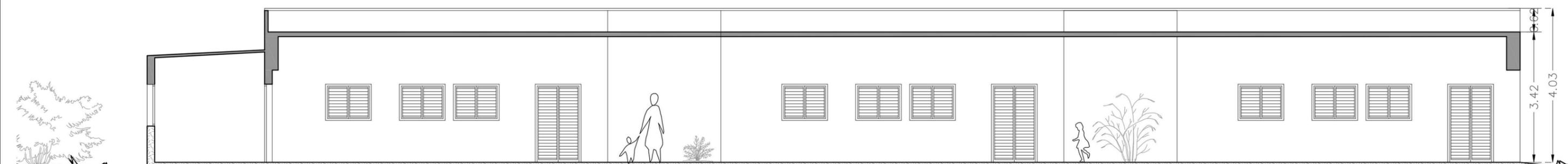
FACHADA PRINCIPAL



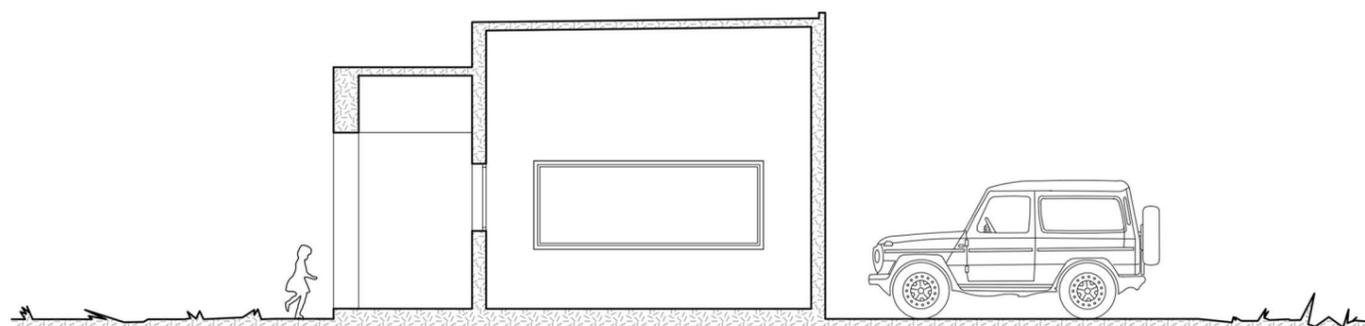
FACHADA LATERAL IZQUIERDA



FACHADA LATERAL DERECHA



SECCIÓN B-B



SECCIÓN A-A

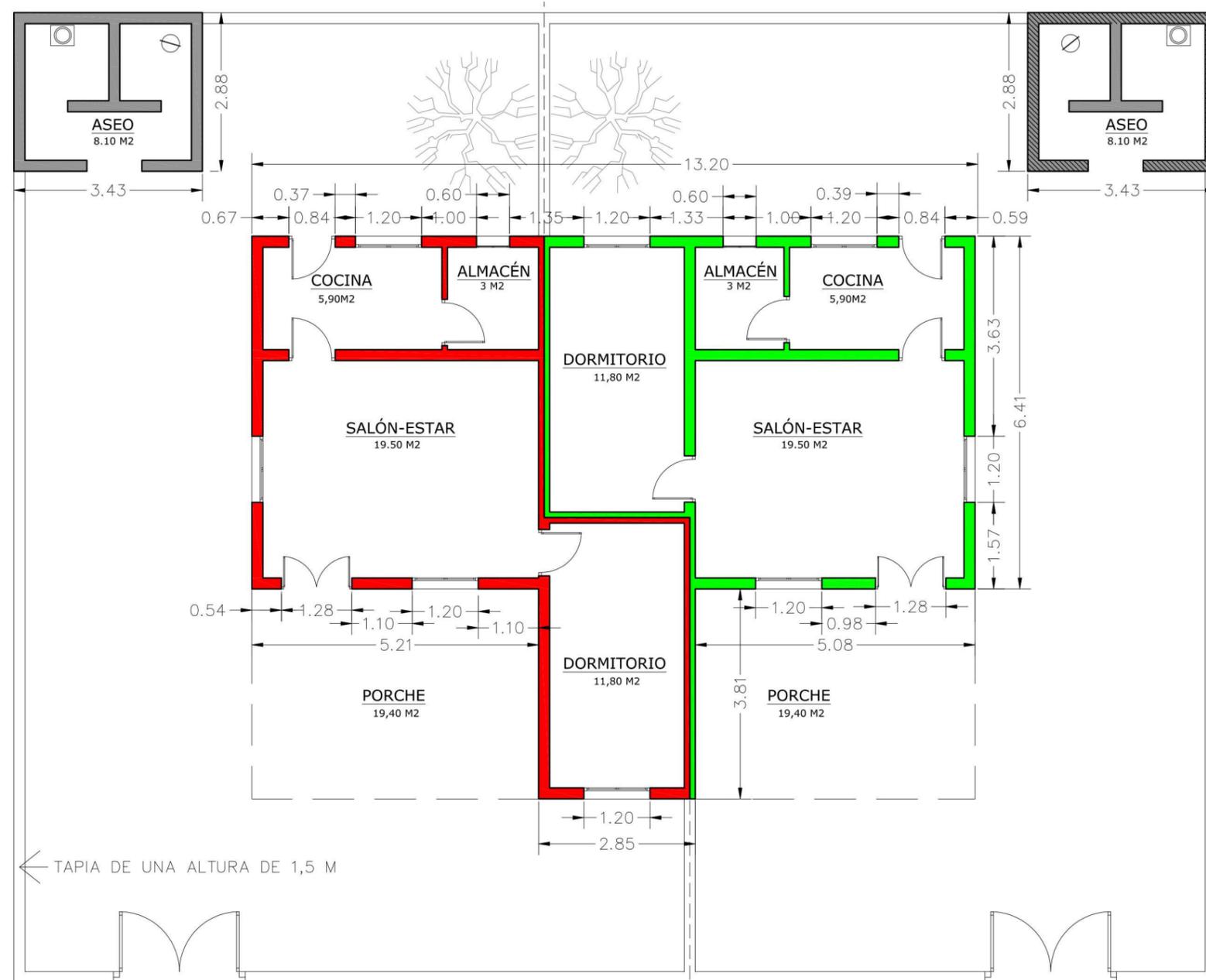
L03 PROYECTO DE ESCUELA EN BURKINA FASO DE LA ONGD ASFCYL

CONTENIDO:

- Alzados de la escuela E: 1/100
- Secciones de la escuela E: 1/100

Plano de la ONG. Arquitecta: Rosa María Blanco Díaz. Propiedad: Arbinda.

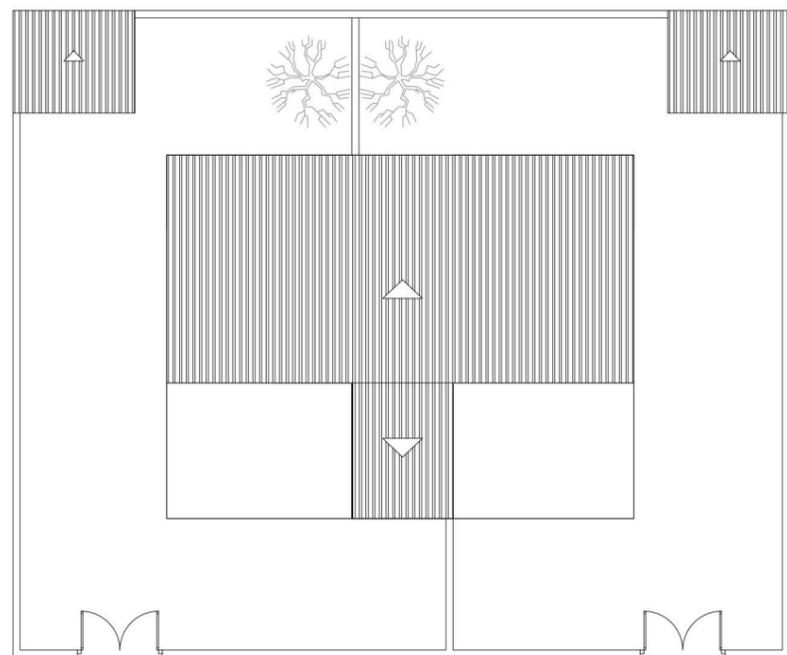
TFG: Estudio y propuesta de mejora de un Proyecto de Escuela en Burkina Faso
 Miriam Blanco Moral
 Universidad de Valladolid.



PAREDES DE 2.0 M DE ALTURA. SI ESTUVIERA CUBIERTO DEBERÍA TENER UNA ALTURA DE 2.5 M

← TAPIA DE UNA ALTURA DE 1,5 M

PLANTA Y SUPERFICIES



PLANTA DE CUBIERTAS

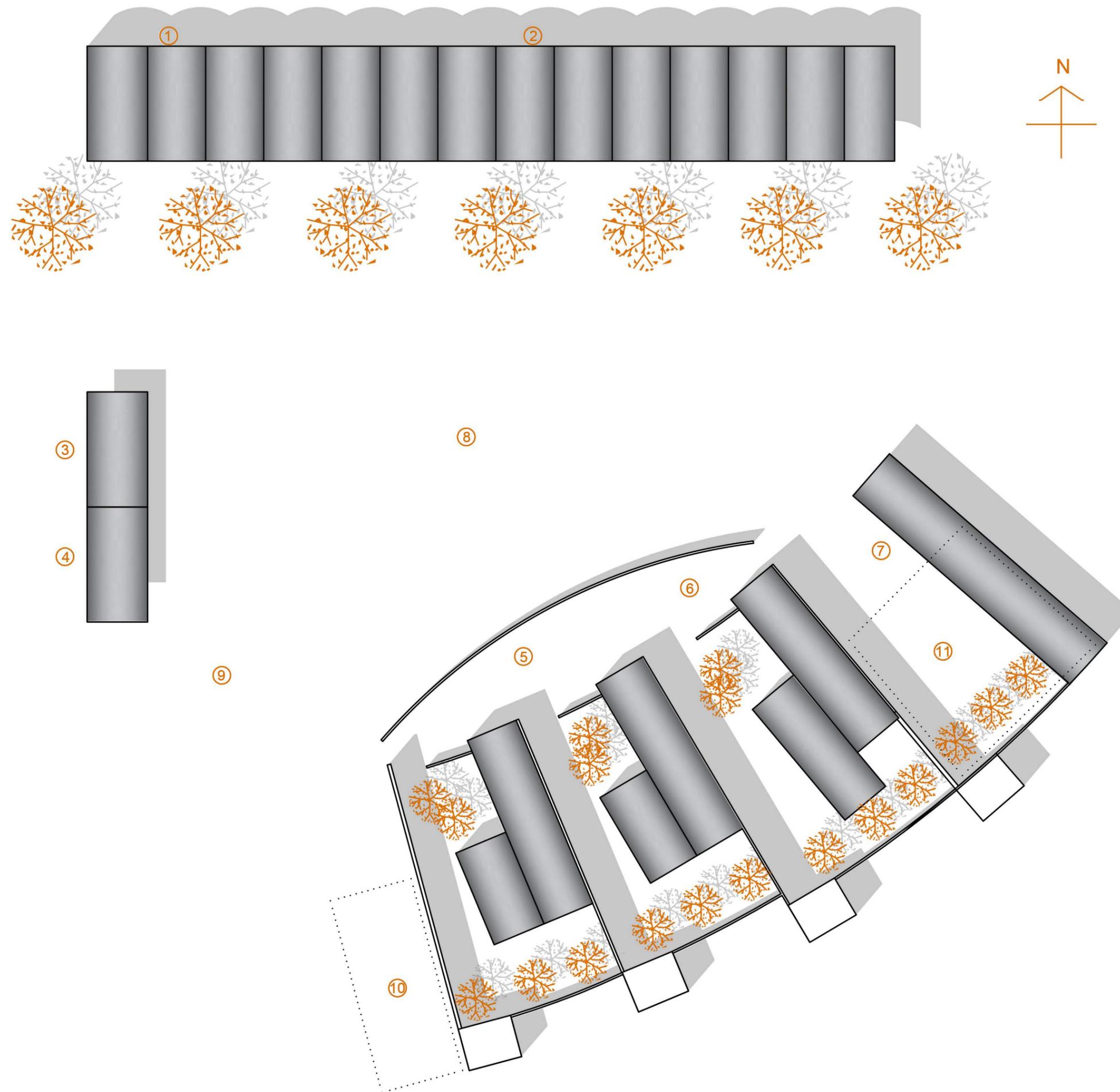
LO4 PROYECTO DE ESCUELA EN BURKINA FASO DE LA ONGD ASFCYL

CONTENIDO:

- Planta viviendas E: 1/100
- Planta de cubiertas E: 1/200

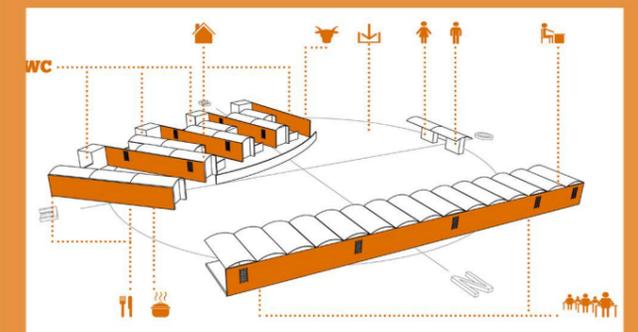
Plano de la ONG. Arquitecta: Rosa María Blanco Díaz. Propiedad: Arbinda.

TFG: Estudio y propuesta de mejora de un Proyecto de Escuela en Burkina Faso Miriam Blanco Moral Universidad de Valladolid.



LEYENDA

- 1_ Oficina del director
- 2_ Aulas
- 3_ Letrinas niños
- 4_ Letrinas niñas
- 5_ Viviendas para profesores(dos)
- 6_ Vivienda para el director
- 7_ Cocina y espacio comedor
- 8_ Patio central
- 9_ Acceso
- 10_ Animales
- 11_ Comedor



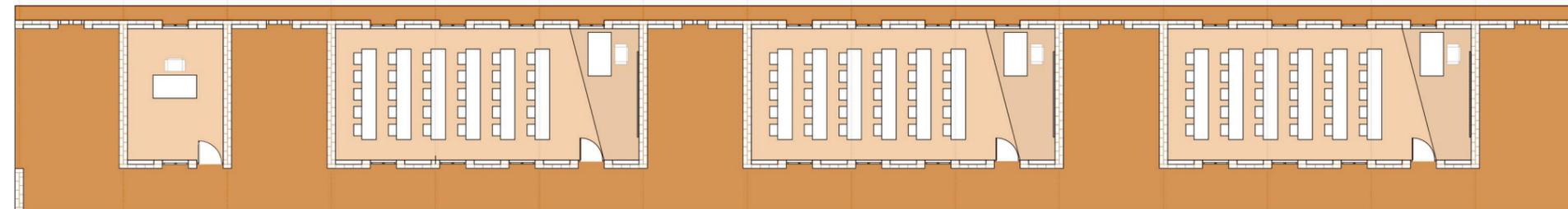
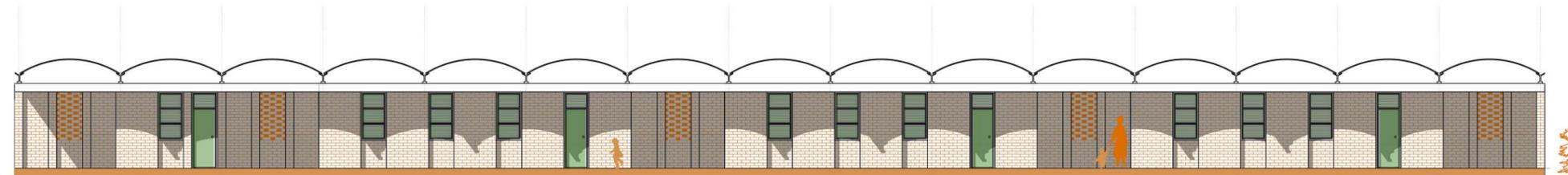
L05 PROPUESTA DE PROYECTO DE ESCUELA EN BURKINA FASO

CONTENIDO:

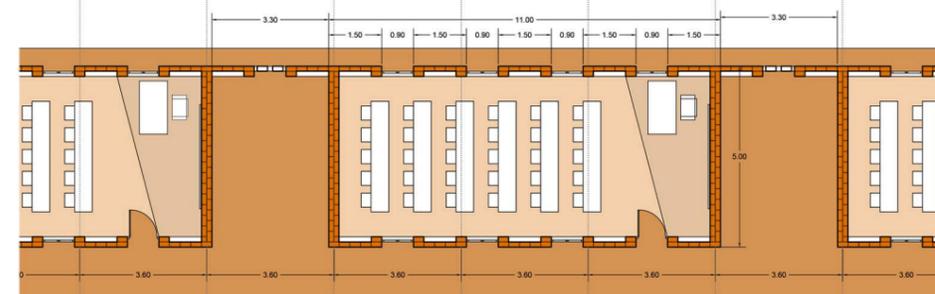
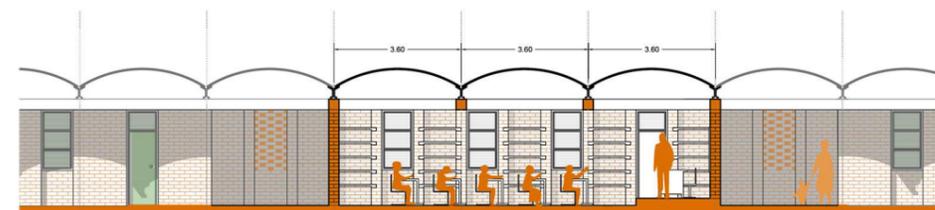
Planta de situación

E: 1/250

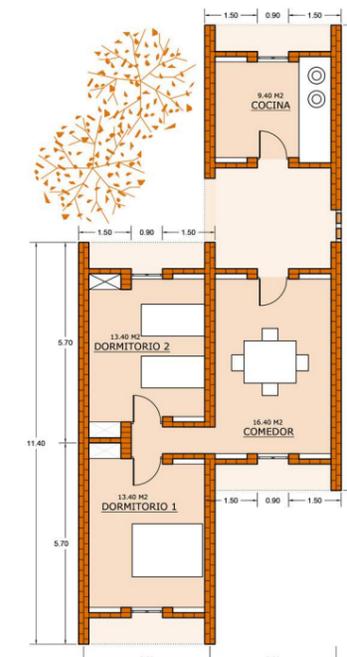
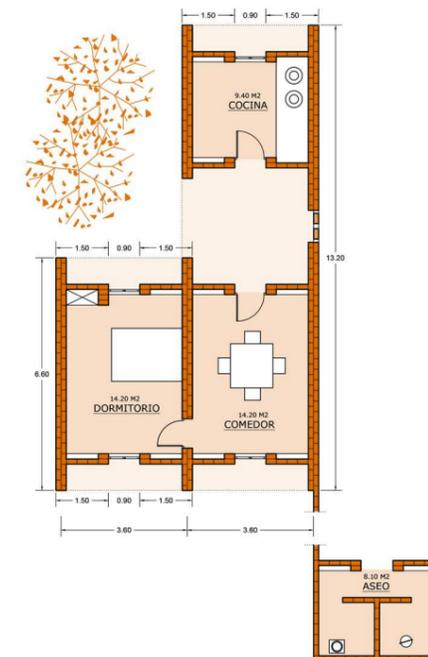
TFG: Estudio y propuesta de mejora de un Proyecto de Escuela en Burkina Faso
 Miriam Blanco Moral
 Universidad de Valladolid.



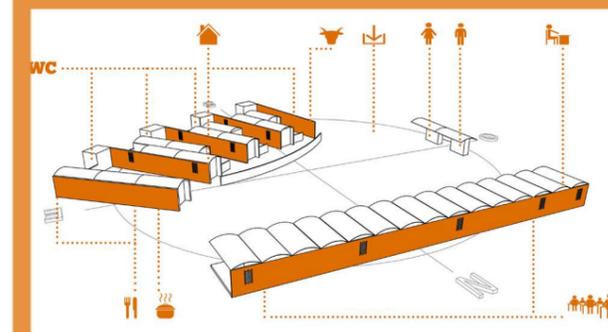
Planta de Escuela



Planta aula



Planta vivienda

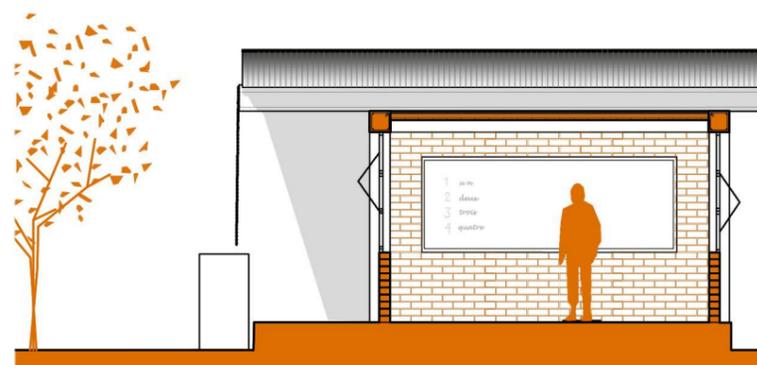


L06 PROPUESTA DE PROYECTO DE ESCUELA EN BURKINA FASO

CONTENIDO:

Planta de Escuela	E: 1/200
Planta aula	E: 1/100
Sección aula	E: 1/100
Sección aula y vivienda	E: 1/50

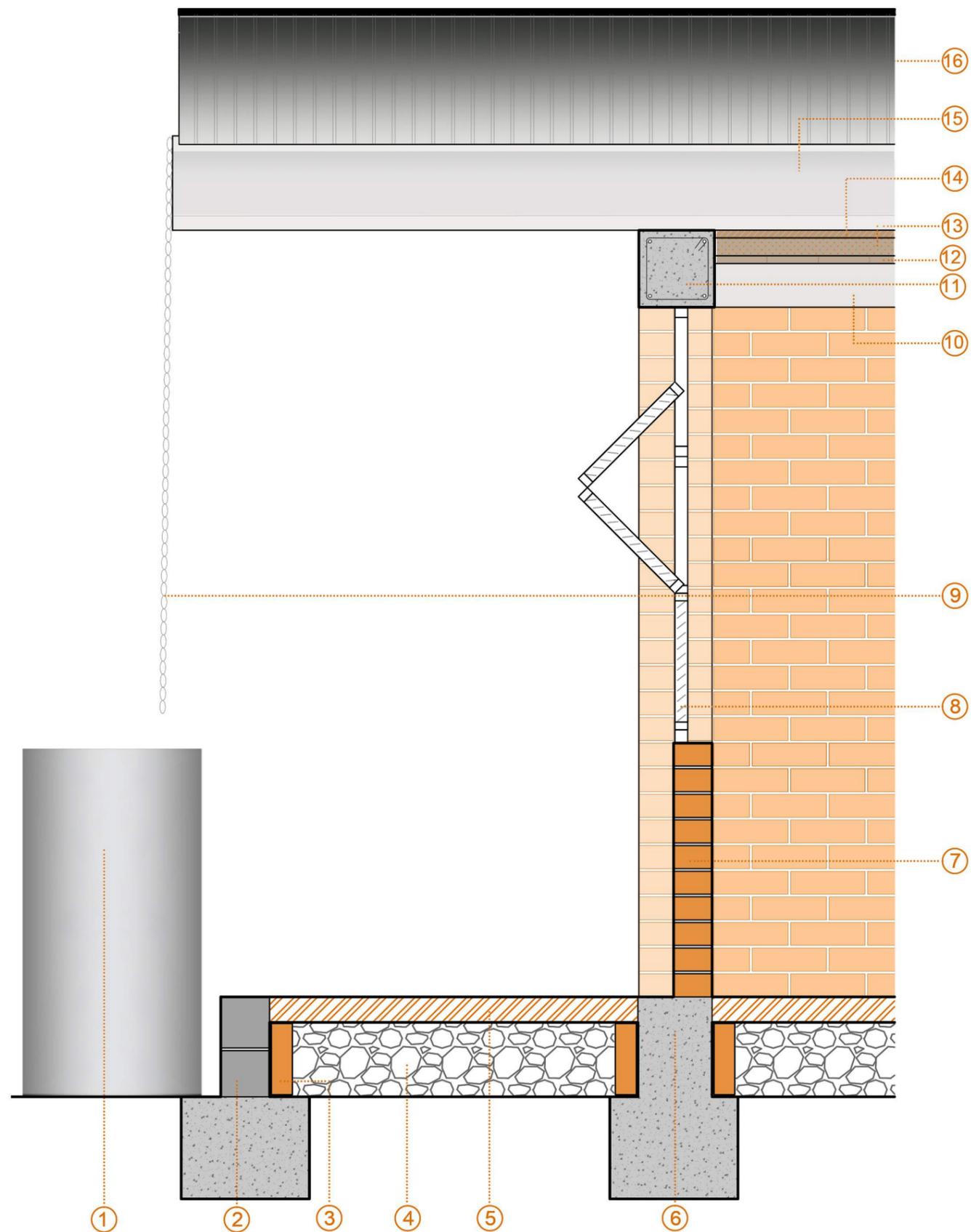
TFG: Estudio y propuesta de mejora de un Proyecto de Escuela en Burkina Faso
 Miriam Blanco Moral
 Universidad de Valladolid.



Sección aula

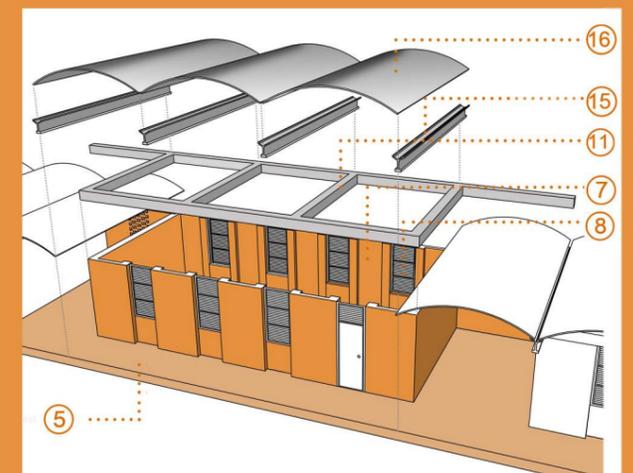


Sección vivienda



LEYENDA

- 1_ Bidón reciclado para la recogida de aguas.
- 2_ Murete de bloque macizo de cemento 20x20x40.
- 3_ Encofrado perdido, bloque BTC.
- 4_ Relleno de grava, 30cm.
- 5_ Acilla compactada, estampada al estilo tradicional, 10 cm.
- 6_ Zapata corrida de hormigón sin armar.
- 7_ Muro de carga de BTC, 9x14x29 cm.
- 8_ Carpintería metálica abatible de lamas.
- 9_ Cadena para la recogida de aguas.
- 10_ Vigüeta de hormigón armado in situ.
- 11_ Viga de de hormigón armado in situ, 30x30 cm.
- 12_ Tablones de madera de encofrado.
- 13_ Mezcla de tierra con paja, 7cm.
- 14_ Arcilla compactada, 3cm.
- 15_ Viga Ypsilon.
- 16_ Chapa curvada autoportante HT-40.



LO7 PROPUESTA DE PROYECTO DE ESCUELA EN BURKINA FASO

CONTENIDO:

sección constructiva aula

E: 1/20

TFG: Estudio y propuesta de mejora de un Proyecto de Escuela en Burkina Faso
Miriam Blanco Moral
Universidad de Valladolid.

9. Bibliografía

- Arquitctos sin Fronteras. (2017). Contribución al derecho a la educación primaria gratuita y de calidad para los niños y niñas de Soarka. Valladolid.
- Barbero Barrera, M., & Maldonado Ramos, L. (2013). Los revestimientos en la arquitectura tradicional africana: Conservación y mantenimiento. En F. Jové Sandoval, & J. Sáinz Guerra, *Construcción con tierra: Pasado, presente y futuro. IX Congreso de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2010*. Cátedra Juan de Villanueva (Fundación General de la Universidad de Valladolid).
- Beckers, B. (2004). *Heliodon*. Obtenido de http://www.heliodon.net/downloads/Beckers_2004_Ir_El_diagrama_solar.pdf
- Behling, S. (2002). *Sol power : la evolución de la arquitectura sostenible*.
- González Neila, F.J. (2001). *El clima y los invariantes bioclimáticos en la arquitectura popular. 3, Los climas de latitudes mediasbajas, los climas templados*.
- Guyot, A., & Izard, J.-L. (1980). *Arquitectura bioclimática*. Barcelona: GG S.A.
- Hevia García, G. (24 de Septiembre de 2012). *Plataforma Arquitectura*. Recuperado el 2017, de Plataforma Arquitectura: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-191024/opinion-la-globalizacion-de-la-arquitectura-y-la-consecuente-homogeneizacion-de-la-forma>
- Kere, B. (1995). Architecture et cultures constructives du Burkina Faso. *Monografía*. Grenoble: CRATerre-EAG.
- Le Mouël, Jean François, & Le Mouël, Maryke. (2002). Aspects of early Thule culture as seen in the architecture of a site on Victoria Island, Amundsen Gulf area. *Arctic*.
- Schindler, B. & Foster, N. & Behling, S. & Behling, S. (2002). *Sol power : la evolución de la arquitectura sostenible*.
- Vitrubio Polión , M. (2009). Libro sexto, capítulo I. En M. Vitrubio Polión, *Los Diez Libros de Arquitectura*. Madrid: Alianza.
- Diaz O. (2012) La cubierta metálica en el clima cálido húmedo : análisis del comportamiento térmico y efecto en el confort del techo de zinc de la vivienda vernácula dominicana (Trabajo de Fin de Master). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- Hernando D. (2016). Prototipo de vivienda de crecimiento progresivo en base a la utilización de la bóveda Nubia (Trabajo de Fin de Grado, tutor: Félix Jové). Universidad de Valladolid, Valladolid.
- F. Jové Sandoval, & J. Sáinz Guerra, *Construcción con tierra: Pasado, presente y futuro. IX Congreso de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2010*. Cátedra Juan de Villanueva (Fundación General de la Universidad de Valladolid).

- F. Jové Sandoval, & J. Sáinz Guerra, *La arquitectura construida en tierra, patrimonio y vivienda . X-ciatti-2013, Congreso internacional de arquitectura de Tierra, tradición e innovación*. Cátedra Juan de Villanueva (Fundación General de la Universidad de Valladolid).
- Morales Morales, R. Torres Cabrejos, R. Rengifo, L. Irala Candiotti, C., *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. CISMID-FIC-UNI. Lima, Perú, 1993.
- Serra, R., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999.
- Minke, G., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994.

