



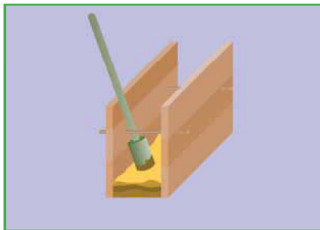
7. La tierra

LOS MUROS DE TIERRA COMPACTADA, UN RETO

Introducción

¿Existe algo más ecológico, sostenible y natural, que erigir los muros de la propia casa del mismo material que la rodea y sustenta?

La compactación de la tierra dentro de un molde mediante impactos sucesivos con un pisón, es la base de una de las técnicas de construcción de mayor antigüedad y difusión a nivel mundial: el tapial o tapia ("pisé" en francés, "rammed earth" en inglés o "taipa" en portugués). Su origen se remonta al Neolítico y en España fue muy utilizado por los romanos y los árabes, y perdura en las zonas rurales.



Creación del tapial tradicional a base de pisar la tierra a capas con un pisón entre dos tablas de madera. Una vez compactada la tierra y consolidada, las tablas se retiran.

La tierra se extiende en el fondo del molde en capas sucesivas de espesor más o menos homogéneo y se apisona. Esta operación se repite hasta que se llena la altura del molde. Una vez lleno, se puede desmontar y reutilizar inmediatamente.

Por tanto, para la construcción de este tipo de muros hay que tener en cuenta los siguientes elementos: la mezcla de tierra que se va a utilizar, la forma y dimensiones de los encofrados y el proceso de preparación y compactación.

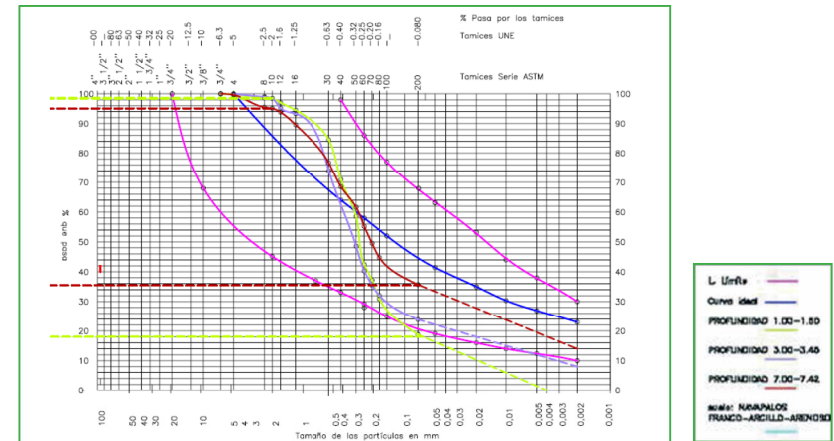
Las construcciones llevadas a cabo con esta técnica tienen propiedades bioclimáticas, manteniendo las temperaturas relativamente estables en su interior durante todo el año, minimizando el impacto ambiental.

Los muros planteados en el proyecto realizan una doble función: de contención de tierras y de cerramiento (contra el terreno en la parte inferior y de separación con el exterior en la parte superior). La estructura de soportes de madera, sobre los que descansan las vigas de cubierta, se ejecuta con anterioridad y queda embutida en dichos muros, que no tienen función portante.

La materia

La tierra es la base para la construcción de este tipo de muros y puede ser utilizada *in situ* o elaborada a partir de la mezcla de material de distinta procedencia. En este caso la utilización del material extraído de la propia excavación era una de las premisas para conseguir un alto grado de compromiso con la eficiencia en la gestión de los residuos, evitando costes energéticos de transporte. No obstante la idoneidad del material debe contrastarse mediante ensayos que permitan evaluar sus características y la necesidad o no de combinarlo con otros materiales.

La necesidad de cumplir con los requisitos derivados de las diferentes exigencias pueden conllevar a la estabilización de la tierra con productos de distinta naturaleza, cuyas proporciones, si bien no se encuentran limitadas normativamente, deben responder a unos criterios de economía y funcionalidad tendentes a minimizar su uso.



(arriba) Muestra de probetas de experimentación preparadas en el propio lugar.

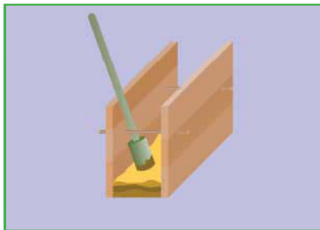
(Izda) Preparación y prueba de resistencia de elementos realizados con tierra compactada, en el propio proceso de construcción del CREAS.

LOS MUROS DE TIERRA COMPACTADA, UN RETO

Introducción

¿Existe algo más ecológico, sostenible y natural, que erigir los muros de la propia casa del mismo material que la rodea y sustenta?

La compactación de la tierra dentro de un molde mediante impactos sucesivos con un pisón, es la base de una de las técnicas de construcción de mayor antigüedad y difusión a nivel mundial: el tapial o tapia ("pisé" en francés, "rammed earth" en inglés o "taipa" en portugués). Su origen se remonta al Neolítico y en España fue muy utilizado por los romanos y los árabes, y perdura en las zonas rurales.



Creación del tapial tradicional a base de pisar la tierra a capas con un pisón entre dos tablas de madera. Una vez compactada la tierra y consolidada, las tablas se retiran.

La tierra se extiende en el fondo del molde en capas sucesivas de espesor más o menos homogéneo y se apisona. Esta operación se repite hasta que se llena la altura del molde. Una vez lleno, se puede desmontar y reutilizar inmediatamente.

Por tanto, para la construcción de este tipo de muros hay que tener en cuenta los siguientes elementos: la mezcla de tierra que se va a utilizar, la forma y dimensiones de los encofrados y el proceso de preparación y compactación.

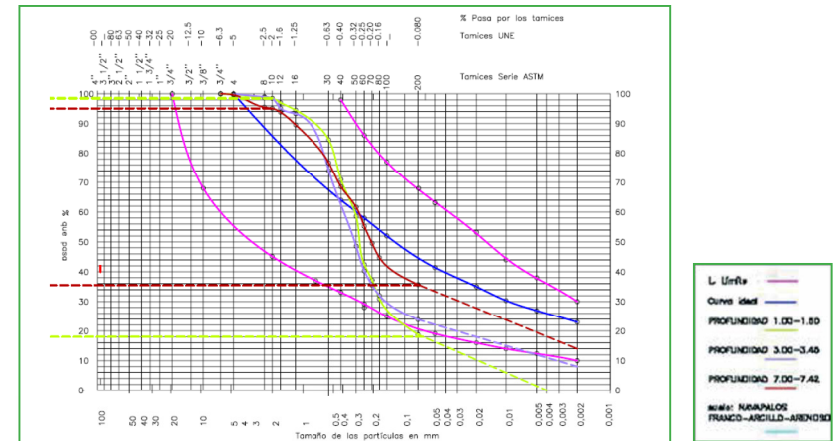
Las construcciones llevadas a cabo con esta técnica tienen propiedades bioclimáticas, manteniendo las temperaturas relativamente estables en su interior durante todo el año, minimizando el impacto ambiental.

Los muros planteados en el proyecto realizan una doble función: de contención de tierras y de cerramiento (contra el terreno en la parte inferior y de separación con el exterior en la parte superior). La estructura de soportes de madera, sobre los que descansan las vigas de cubierta, se ejecuta con anterioridad y queda embutida en dichos muros, que no tienen función portante.

La materia

La tierra es la base para la construcción de este tipo de muros y puede ser utilizada *in situ* o elaborada a partir de la mezcla de material de distinta procedencia. En este caso la utilización del material extraído de la propia excavación era una de las premisas para conseguir un alto grado de compromiso con la eficiencia en la gestión de los residuos, evitando costes energéticos de transporte. No obstante la idoneidad del material debe contrastarse mediante ensayos que permitan evaluar sus características y la necesidad o no de combinarlo con otros materiales.

La necesidad de cumplir con los requisitos derivados de las diferentes exigencias pueden conllevar a la estabilización de la tierra con productos de distinta naturaleza, cuyas proporciones, si bien no se encuentran limitadas normativamente, deben responder a unos criterios de economía y funcionalidad tendentes a minimizar su uso.



(arriba) Muestra de probetas de experimentación preparadas en el propio lugar.

(Izda) Preparación y prueba de resistencia de elementos realizados con tierra compactada, en el propio proceso de construcción del CREAS.



Formación de los muros.

Para ello se realizaron pruebas de distinta índole *in situ* y en laboratorio, obteniéndose finalmente la siguiente composición de la mezcla: por cada m³ de tierra se añaden 15 Kg de cemento y 15 Kg de cal (lo que supone un 8% del peso).

Los equipos

Los encofrados

Tradicionalmente el muro de tierra compactada, estaba conformado por un molde (tapial) simple que se va desplazando para construir cada "cajón" de tapia. Por el contrario, la tecnología actual, permite encofrar secciones completas de muro en toda su altura o longitud. Las operaciones de montaje y desmontaje del tapial son las que más tiempo llevaban en el proceso constructivo (en comparación con el proceso de preparación del material) por lo que, la eficiencia de este proceso es la clave para poder construir con calidad y competitividad.

Los encofrados utilizados aquí son los habituales para obras de hormigón armado. La ventaja de este tipo de encofrados radica en los potentes contrafuertes exteriores que permiten minimizar los elementos de atado transversal, proporcionando mayor



Encofrados.

comodidad de trabajo a la hora de realizar la compactación en el interior.

Los muros del proyecto (de unos 2,60 m de altura) se conforman en dos secciones de distinto espesor, de 80 cm hasta la cota 1,30 y de 60 cm hasta la cota 2,60, por lo que se plantea la construcción de cada tramo de muro con encofrado continuo en toda su longitud hasta completar la primera sección en altura, procediéndose posteriormente al montaje del encofrado de la sección superior una vez rellena la inferior.



Encofrados parciales.

El pistón

Equipo neumático cuya misión es apelmazar la tierra que se va incorporando por capas en el encofrado.

Pistón neumático.



Preparación de la tierra y compactación

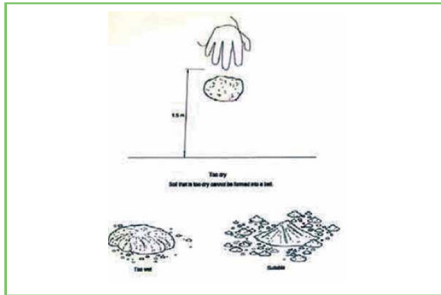
La preparación de la tierra es quizá la parte más artesanal, sometida a pocas transformaciones aún con el paso del tiempo, Fernández Balbuena ^a describe en un conocido escrito esta sabiduría popular de la siguiente forma:

En tiempo de otoño, después de echadas las vendimias y acabadas las labores del vino, se amontonan las tierras, que han de ser centenales, un poco silíceas, sin demasía. Se amontonan en "ringleras", como para formar un "parvón", de modo que no resulte mucha la masa amontonada, para que llegue bien adentro el tempero para que cuezcan.

Caen sobre la tierra así preparada las heladas del invierno, las lluvias y nieves; luego, en los días transparentes y claros, días diáfanos, azules, típicos de la meseta, el sol deslie los hielos y se pasan las tierras, que se van esponjando, soltando, aireando, muriendo, porque pierden la fertilidad con el continuo remover a que las someten los aldeanos, y conviene a la buena técnica de la tapiería que pase un año entero antes de meter la tierra entre las puertas de tapiar.

Resulta difícil comprobar el grado de humedad ideal del material para su puesta en obra, por lo que la experiencia juega un papel importante en esta fase. Por lo general, debe procurar mantenerse el grado de humedad de la tierra en estado natural, por lo que conviene protegerla cuando está almacenada frente al soleamiento excesivo o las lluvias, debiendo comprobarse el mismo (mediante ensayos de campo al menos) en el momento previo a su utilización, pudiendo añadirse una pequeña cantidad de agua (si fuera necesario) preferentemente pulverizada.

a.- Fernández Balbuena, G. (1922): *La arquitectura humilde de un pueblo del Páramo Leonés. Los tapias de barro. Su técnica.* Arquitectura n°38. COAM



Comprobación empírica de la humedad de la tierra.

La tierra así preparada se mezcla con la cal y el cemento en los momentos previos a su utilización mediante la utilización de una pequeña pala cargadora, hasta conseguir suficiente homogeneidad en la mezcla. Es por ello que esta operación debe ser controlada siempre por el mismo operario.



Mezcla de la tierra con la cal y cemento mediante una pala.

La mezcla se transporta al muro mediante grúa con cubeta, de modo que el proceso de suministro del material se realice de modo continuo, para permitir la compactación ininterrumpida de cada tongada del muro.



Transporte de la mezcla al encofrado.

Finalmente, la compactación se realiza mediante un pisón neumático de aire comprimido.

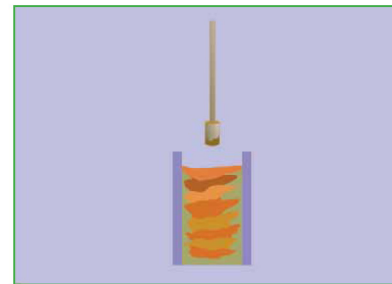


Compactación de la tierra mediante un pistón neumático.

Detalles de ejecución

La “costra” de cal

Una de las peculiaridades de la ejecución de estos muros es la incorporación del “calicostrado” o “costra” de cal en uno de sus paramentos y en el arranque del otro. Esta es una forma habitual, en la construcción tradicional, de evitar revestimientos añadidos a los muros, proporcionando éste durante el mismo proceso de apisonado, obteniendo así una tapia reforzada en las caras o “acerada” (denominación según el DRALE), donde estos materiales de refuerzo se disponen junto a las caras del tapial antes del apisonado de cada tongada, quedando así íntimamente ligado el revoco a la masa del muro. Este careado se hace con mezcla de cal y arena que recibe el nombre de “malhecho” y una vez endurecido se le denomina “costra”, refiriéndose al muro como “tapia con costra” o “calicostrada”.



Proceso de preparación del muro con calicostra, a base de agregar tierra mezclada con cal en la zona más próxima a los tableros y siguiendo el mismo proceso de apelmazado por capas con un pisón.

La mezcla (una parte de cal por tres de arena normalmente) se pone “en el mismo estado de humedad que la tierra; esta mezcla se extiende a lo largo de los tableros y arrimada a ellos. Si se observa la sección de un muro de tapial, por la forma que esta toma, pueden distinguirse perfectamente las tongadas”. Mediante este procedimiento se han reforzado las caras exteriores, sobre las que luego se recibirá el impermeabilizante y los primeros 60 cm de las caras interiores, que a modo de zócalo están sometidos a mayor exposición y agresiones.



Muro 1 con calicostra, donde quedan reflejadas las capas sucesivas de tierra.



Muro 2 con calicostra.

La inserción de las carpinterías

Para conformar los huecos de iluminación en la parte superior de los muros, se han utilizado cajones de tablero de madera aglomerado, a modo de encofrado perdido, que sirven a su vez para conformar las jambas y recibir los tapajuntas.



Encofrado perdido para preparar los huecos superiores.



Asimismo se ha coronado con un tablón de madera de pino Suecia la sección inferior de los muros, en la parte que queda expuesta al producirse la disminución de espesor de la sección superior.



Situación final de los huecos.

El acabado exterior

La superficie expuesta del muro (hacia el interior de los locales) se ha recubierto con una imprimación, en varias manos, lo que permite mejorar la cohesión superficial de las partículas, evitando desprendimientos, a la vez que se mantiene la capacidad de difusión del vapor en el muro.

En diversas zonas se han aplicado tratamientos variados (cepillado superficial, incorporación de áridos de mayor tamaño, inserción de maderas, incorporación de pigmentos minerales en la tierra) que permiten diferenciar texturas a modo de "collage" en un mismo paramento, conformando unos lienzos de gran expresividad en contraste con las superficies blancas y lisas enlucidas. Este juego de texturas es acentuado por la luz rasante que incide sobre los paramentos a través del lucernario del aula multiusos.



Inclusión de áridos de distinto tamaño.



Inclusión de maderas en el propio muro de tapial.



Inclusión de pigmentos.

Secuencia constructiva

La construcción de un muro de tapial con el montaje del encofrado de la sección inferior del muro sigue habitualmente la siguiente secuencia:

- Preparación del material.
- Montaje del encofrado inicial.
- Vertido del material en el encofrado.
- Relleno y compactación de la primera sección.
- Montaje del encofrado de la sección superior.
- Relleno y compactación.
- Desmontaje del encofrado y montaje en el siguiente tramo.
- Protección de la coronación del muro hasta la ejecución de la cubierta.
- Impermeabilización y drenaje del trasdós de los muros.



8. El ahorro energético

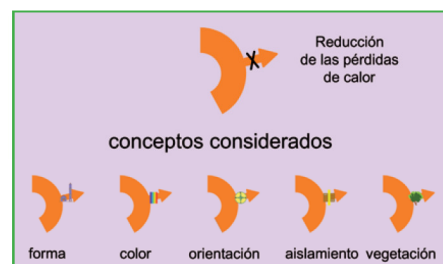
TRATAMIENTO ENERGÉTICO

Enfoque de la climatización (calefacción/enfriamiento)

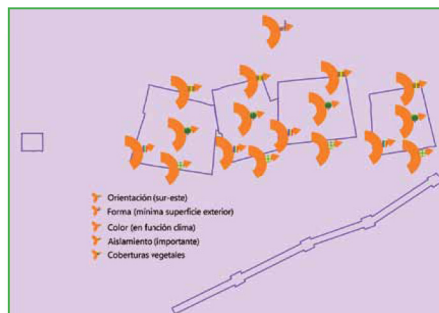
Dado que el mayor consumo de energía requerido es el destinado a la climatización, se comienza analizando las medidas de ahorro de energía que se han establecido conjuntamente con estrategias pasivas que caracterizan el diseño del edificio y que contribuyen de manera decisiva a reducir la factura energética.

Aspectos bioclimáticos en la climatización del CREAS

Sintetizamos aquellos conceptos bioclimáticos de ahorro energético como aquellos que optimizan la captación solar directa, los que reducen las pérdidas de energía térmica con el entorno, y los que exijan materiales constructivos con poca energía para su transformación, que entendemos han sido contemplados más detalladamente en la construcción del edificio.



Conceptos bioclimáticos contemplados en el edificio. Los tres primeros (forma, color y orientación) son pasivos, el aislamiento está ligado con los materiales usados en su construcción y la vegetación crea un vínculo dinámico con el entorno natural.



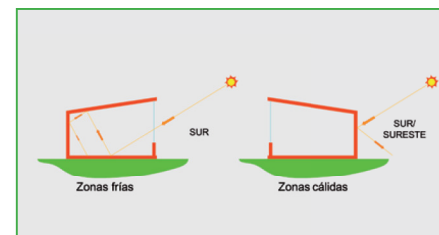
Distribución de los conceptos bioclimáticos en el esquema del CREAS, abarcando todos los módulos que configuran el edificio.

Dentro del concepto de captación se agrupan aquellas medidas que permiten recibir la cantidad de energía más adecuada según el lugar y la estación del año. Estas se centran en el color, la forma y la orientación del edificio.

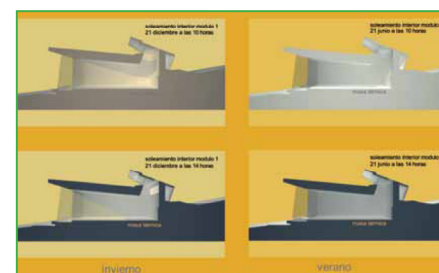
Por la orientación

La orientación de los cerramientos influye en la captación de calor de un edificio.

Una superficie absorbente, como son los muros, captan energía solar en función de la inclinación respecto a la horizontal de la Tierra y la orientación respecto a la dirección meridiana, e incluso a lo largo del día, en función del ángulo de incidencia de la radiación solar. En base a ello y en nuestra latitud la orientación ideal es sur-sureste.



En zonas frías interesa que los cerramientos y ventanales amplios estén orientados al Sur y las superficies orientadas hacia el Norte deben ser lo más pequeñas posibles. En las zonas cálidas interesa que haya la menor superficie acristalada en las orientaciones con más radiación (Sur y Sureste).



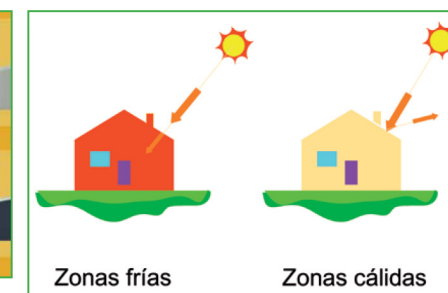
La orientación adoptada para el edificio del CREAS es la del Sur-Sureste, donde se captura la mayor cantidad de energía en las estaciones frías. En las estaciones cálidas la propia forma del edificio y el resto de estrategias adoptadas limitan la radiación.

Por el color

En el caso de superficies opacas, del 100% de la radiación solar que se recibe, la parte que se absorbe y la parte que se refleja, varía en función del color. La parte absorbida comienza a calentar la masa y el calor viaja por ésta por conducción hasta la cara interna del cerramiento, para luego irradiar en el entorno infrarrojo y elevar la temperatura en el interior del local.

Esto que puede ser beneficioso en un clima frío o en el período frío del año en cualquier sitio de la tierra, se vuelve perjudicial en climas cálidos o en el período cálido, ya que tiende a sobrecalentar el interior de los locales por encima de los niveles de confort higrotérmico. En estas condiciones se hace necesaria una protección solar.

El color adecuado de los cerramientos incide positivamente en el ahorro de energía.



Los muros y los tejados oscuros absorben calor (ideal en zonas frías) y los claros reflejan calor (aplicable para las zonas cálidas).



La cubierta ecológica hace que los colores dispuestos en el edificio del CREAS sean en parte variables en función de la estación del año.

En otoño e invierno la cubierta vegetal es de color oscuro (tierra y vegetación mitigada). En primavera y verano, la vegetación de la cubierta se encuentra en pleno esplendor absorbiendo parte la radiación solar para su desarrollo vegetal y reflejando una parte importante que no alcanza la tierra de la cubierta. Por la zona frontal los colores cálidos que absorben parte del calor, en verano se encuentran protegidos por el bosque de árboles caducifolios y en invierno son totalmente alcanzables por la radiación.

Una vez alcanzadas en el interior del edificio unas condiciones de confort óptimas, debe actuarse para que éstas se mantengan estables el mayor tiempo posible; en consecuencia: en lugares muy calurosos (o en el verano), evitaremos que la energía térmica del exterior entre en el interior, es decir, atravesie los cerramientos bien como transmisión de energía térmica en los



El color de una superficie influye en la capacidad de reflexión y de absorción de la radiación solar.

muros o como radiación solar en los huecos. En el caso de zonas frías, o en invierno, limitaremos lo más posible la transmisión térmica del calor del interior hacia el exterior.

A su vez existen otros conceptos que también afectan a la pérdida de las condiciones de confort térmico que están asociados a la ventilación inherente del edificio.

Para tratar los primeros conceptos se han tenido en cuenta aquellas medidas que limitan la transmisión del calor de dentro hacia fuera (en invierno) y de fuera hacia dentro (en verano), tales como la forma del edificio y los cerramientos.

Para la adecuación de la ventilación, los sistemas de toma de aires de zonas sombreadas en verano y soleadas en invierno.

Por la forma

A igualdad de volumen, se producen menores pérdidas, en aquellos edificios cuya superficie exterior es menor. La situación ideal es la esfera.

La superficie exterior es la piel que recubre al edificio y por lo tanto, la frontera que se establece entre el mundo interior donde se quiere alcanzar el confort y el exterior que está sujeto a las variaciones climáticas estacionales. Reducir la frontera es una forma de limitar las incidencias que las condiciones exteriores tengan con las interiores.

Otro aspecto a considerar son las irregularidades de la superficie. La multitud de salientes, entrantes y huecos implica mayores pérdidas.



Cuanto menor es la relación entre la superficie que recubre el edificio y el volumen ocupado por el mismo, menores son las pérdidas de calefacción hacia el exterior en invierno, reduciéndose la entrada de calor del exterior en verano.

Ahorro por los cerramientos

Contemplamos como aislamientos térmicos aquellos medios que establecen una barrera al paso del calor entre dos medios entre

los que existe una diferencia de temperatura, que naturalmente tenderían a igualar con el paso del tiempo. De no existir salto térmico entre los dos medios, no existiría transmisión de calor. Todos los medios tienen mayor o menor capacidad a resistir el paso del calor, aunque en los metales este efecto es muy bajo.

La mayor componente de las pérdidas de energía térmica en una vivienda se produce a través de sus cerramientos, al existir una diferencia de temperatura entre su interior (de confort) y la del exterior (la ambiental).

La diferencia de temperatura es variable en función de la climatología, cíclica y no controlable, por lo que la única forma de amortiguar las pérdidas (de calor entre el interior y exterior y sobrecalentamiento entre el exterior y el interior) es actuando en la resistencia térmica de los materiales (aislamiento).

La resistencia térmica de un material representa la capacidad del material de oponerse al flujo del calor que lo atraviesa.

En el caso de superficies vidriadas o simplemente ventanas, la radiación solar llega a la superficie del exterior del vidrio y en condiciones generales medias, el 85% continuará hacia el interior del local hasta encontrar una superficie que la absorba. Dependiendo del color del medio en el que incide la radiación, parte se absorberá y parte se reflejará. La parte absorbida calentará la masa del elemento y luego irradiará calor en el espectro infrarrojo, ya no visible al ojo humano.

En los huecos acristalados se considera el concepto de factor solar, que es el que contempla la relación que se establece entre la radiación solar que incide en una superficie transparente y la que se introduce en el local (factor solar típico $f=0,85$).

A su vez existen elementos complementarios que limitan en verano la entrada de radiación solar desde el exterior al interior. Estos elementos pueden resumirse en: voladizos, retranqueos de las ventanas, persianas, cortinas de enrollar, pantallas parasol,

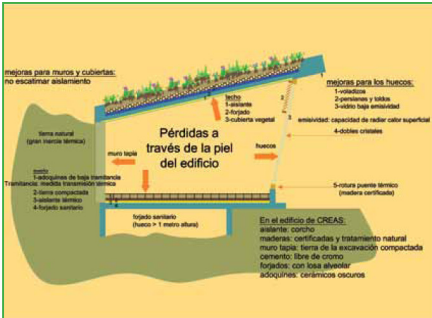


toldos, entre otros. Cada uno de ellos tendrá la capacidad de frenar en parte el paso de los rayos del sol y en consecuencia modificará el factor solar.

En el caso de encontrarse los elementos en el exterior del hueco ($0,05 < f_{\text{exterior}} < 0,25$) la reducción de la radiación es más significativa que en el caso de instalarse en el interior del hueco ($0,50 < f_{\text{interior}} < 0,65$).

Por lo tanto, los cerramientos opacos son fundamentales para evitar las pérdidas de calor por transmisión hacia el exterior (invierno), y los cerramientos transparentes y sus protecciones, son tenidos en cuenta para evitar la radiación solar desde el exterior (verano).

Los cerramientos utilizados en el edificio del CREAS, tanto los opacos como los transparentes, se han evaluado, según las exigencias impuestas por el Código Técnico de la Edificación, comprobándose el pleno cumplimiento de las exigencias impuestas para la zona climática a la que pertenece, Pozuelo de Alarcón (zona D3).



La cantidad de calor que se necesita para mantener el interior del edificio a la temperatura de confort depende, en buena medida, de su nivel de aislamiento térmico. Con un aislamiento insuficiente se necesita más energía: en invierno se enfría rápidamente y puede tener condensaciones en el interior y en verano se calienta más y en menos tiempo.

Valores de la transmitancia de la envolvente térmica (CTE)		
Elemento constructivo	Transmitancia U (W/m²K)	
	Límite exigido	Dispuesto
Muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	0,66	0,51
Suelos	0,49	0,49
Cubiertas	0,38	0,28
Vidrios de huecos y lucernarios	3,5	1,7
Marcos de huecos y lucernarios	3,5	2,10

La transmitancia térmica expresa el flujo de calor que atraviesa, en régimen estacionario, el área del cerramiento en función de la diferencia de temperatura de los medios situados a cada lado.

Caben destacar como elementos significativos, los muros tapia, con gran inercia térmica y transmitancia ($0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$), los cerramientos laterales a base de fábrica de ladrillo con revoco y los aislantes a base de corcho y láminas de madera (transmitancia $0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$), las cubiertas a base de diversas capas con aislamiento térmico e hidrófugo, soporte de forjado y tierra vegetal (con transmitancias en conjunto de $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$), así como, los huecos acristalados con marcos de madera (valores de transmitancia inferior a $1,75 \text{ W/m}^2\text{K}$).



Placas de corcho, que es un producto natural de bajo impacto ambiental, compuesto por células muertas y aire, que se extrae del tronco y ramas del alcornoque (Quercus suber).



Muro tapia, dispuesto fundamentalmente en los cerramientos laterales del lado norte, en contacto con el terreno.



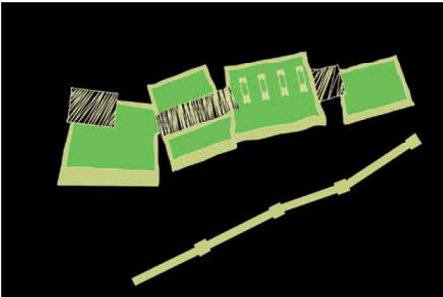
Los suelos están constituidos fundamentalmente por adoquines de material cerámico de colores oscuros, aislantes térmicos y forjados de losas alveolares.



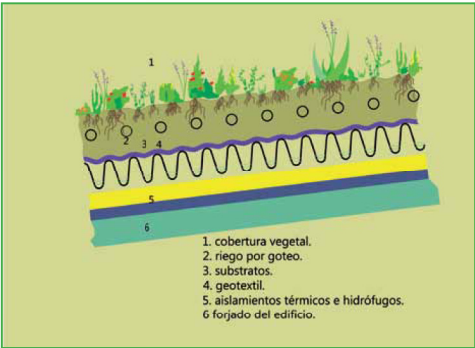
Ahorro por las cubiertas vegetales

Además de la función aislante, las cubiertas vegetales incorporan el concepto bioclimático, aportando humedad al ambiente y sombreado fundamentalmente en verano, captan energía solar para su desarrollo como ser vivo, evitando que esta llegue al edificio.

La cubierta vegetal dispuesta en todos los módulos, contribuye a incrementar la optimización de los recursos energéticos dispuestos, sobre todo en verano.



Distribución cubierta vegetal: el 80% de la cubierta total está cultivada mediante un jardín de plantas autóctonas.



Estructura constructiva de las cubiertas vegetales.



Aspecto final con la vegetación autóctona en invierno.

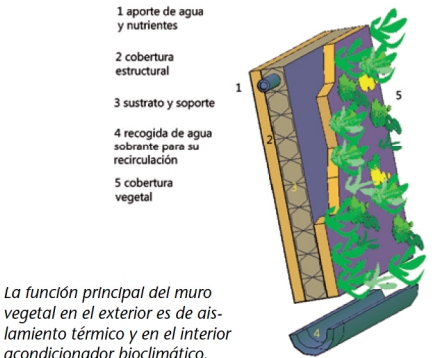


Visión global de las cubiertas del CREAS.

Un modo de evitar las ganancias de calor en verano es mediante sistemas evaporativos y de rociado de agua, basado en que los líquidos necesitan energía para cambiar de estado y evaporarse. Este efecto se produce igualmente en la superficie vegetal, en el proceso evaporativo de las hojas durante la actividad fotosintética.

Los muros vegetales surgen como un nuevo concepto que reverdece paredes y maximiza el uso del espacio. Consisten en tapizar muros con plantas que crecen sin ningún tipo de suelo horizontal. Para ello empleamos estructuras sintéticas específicas adosadas a bastidores y substratos donde se desarrollan las plantas.

Estos espacios son ligeros de peso y pueden instalarse en el exterior de edificios y en el interior, creando así superficies vegetales que reducen la temperatura exterior hasta 6 °C y la contaminación acústica.



La función principal del muro vegetal en el exterior es de aislamiento térmico y en el interior acondicionador bioclimático.



Pared verde como cubierta vegetal incipiente.