

Pabellón E4. Espacio Educativo Exterior Eficiente

Pavilion E4. Efficient Outdoor Educational Space

Málaga

Arquitectos

Juan Gavilanes Veláz de Medrano
Ferran Ventura Blanch

Superficie construida

120 m²

Año finalización construcción

2023

Equipo de Investigación

Fernando Domínguez Muñoz
Juan Pedro Bandera Rubio
Antonio González Herrera
Joaquín Ortega Casanova
José Manuel García-Manrique Ocaña

Arquitecto técnico

Angel Martín Casco

Colaboradores

Daniel García-Parra Pomares
Elena Enciso Martínez
Raul Ruiz Alaminos
Vishal Shahdadhuri Aswani

Clientes

Vicerrectorado de Smart Campus.
Universidad de Málaga

Ingeniería

Elesdopa

Constructora

Lasor S.L.

Materiales

Ladrillos: La Paloma
Onix Solar
Elesdopa
Cumén Morteros

Fotografía

Fernando Alda

ARQ. DOCENTE

Ladrillo cara vista

Esta estructura autosuficiente es un buen ejemplo de cómo la universidad puede investigar y al mismo tiempo redefinir el propio espacio de formación para ajustar a necesidades cambiantes: con un clima mediterráneo, y desde la cultura griega, formar al aire libre era (es) lo natural.

El pabellón E4. Espacio Educativo Exterior Eficiente (E4), es un proyecto de investigación de la Universidad de Málaga para poder dotarla con un aula de vanguardia replicable que permita la docencia en el exterior. A medio camino entre un espacio al aire libre y un aula de vanguardia, a través de la definición de su forma arquitectónica y geometría, que incluye diseño paramétrico, con el apoyo optimizado de sistemas de climatización para un aula integrada en una Isla Verde del Campus de Teatinos de la Universidad de Málaga.

Este nuevo espacio tiene la capacidad de: Comprender su entorno y trabajar con él de forma colaborativa; permitir el acondicionamiento y la obtención de unas condiciones de confort del espacio; poder definir los sistemas de climatización necesarios para el funcionamiento del E4; la aplicación de tecnologías de Inteligencia Artificial para su aplicación en la arquitectura; la monitorización del espacio para su control climático y de uso. El pabellón no solo nace de un proyecto de investigación sino que una vez construido pretende servir de soporte de futuras investigaciones.

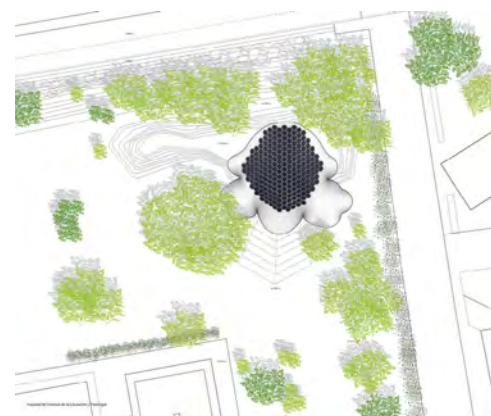
Comprender el territorio, el lugar y adaptarse a las condiciones climáticas del entorno es objetivo principal del proyecto, donde su forma viene dada de adaptarse a las condiciones climáticas y ambientales. El uso de materiales del lugar se convierte en recurso principal para la definición del espacio. El interior se construye mediante un espacio graderío que alberga al estudiantado para proponer un nuevo modelo docente basado en el conocimiento tradicional. Para dotar a este espacio interior-exterior se trabaja con un ladrillo que permite dotar de calidez a este espacio semiexterior y dotándole de una textura agradable y cercana.

Pavilion E4. Efficient Outdoor Educational Space (E4) is a research project at the University of Malaga with the aim of creating an innovative classroom design that can be replicated for outdoor teaching. Combining an outdoor area and a state-of-the-art classroom, its architectural form and geometry, including parametric design, have been optimised to support HVAC systems. The result is a classroom integrated into a green island on the University of Malaga's Teatinos Campus.

This new space is able to understand its environment and work collaboratively with it; provide comfortable conditions by defining the necessary air conditioning systems and harness artificial intelligence technologies to improve its architectural applications and monitor the space for climate and usage control. Pavilion E4 is not just a research project; it also aims to serve as a basis for future research.

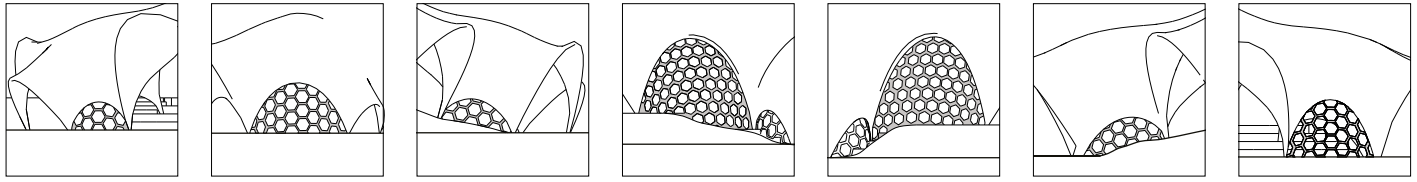
Understanding the territory, the location and adapting to local climate conditions is the primary goal of the project. The interior features tiered seating for the students, constituting a new teaching model based on traditional knowledge. The type of brick used adds warmth to this semi-outdoor space and gives it a pleasant and friendly texture. The stands feature under-seat heating to enhance user comfort.

The space is self-sufficient in that the AI system that controls the sensors, thermal vision and surveillance cameras, and the underfloor heating and lighting systems are powered by innovative solar panels purpose-designed to accommodate the curve of the pavilion. E4 generates more electricity that it uses, with the surplus being fed back into the grid



El gris del ladrillo resalta frente al blanco de la cal de la cáscara del pabellón convirtiéndose el ladrillo en elemento protagonista.





Apertura 1. Alzado cerramiento

Apertura 2. Alzado cerramiento

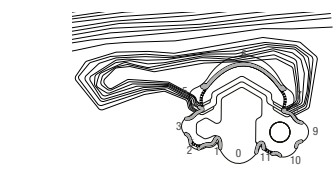
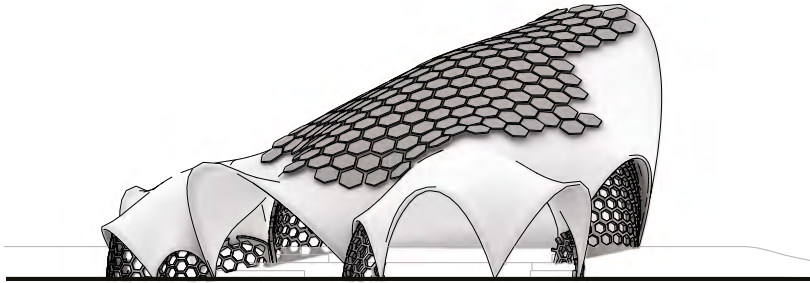
Apertura 4. Alzado cerramiento

Apertura 5. Alzado cerramiento

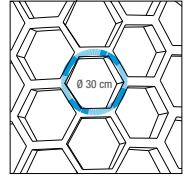
Apertura 7. Alzado cerramiento

Apertura 8. Alzado cerramiento

Apertura 11. Alzado cerramiento



Aperturas. Planta corte + 1.2 m

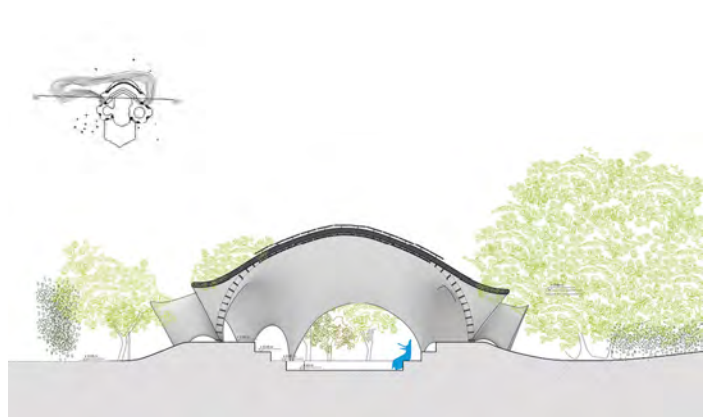


Detalle celdas del cerramiento Todos los hexágonos son regulares inscritos en una circunferencia de 30 cm. La estructura resultante es irregular, variando los espesores de la malla.

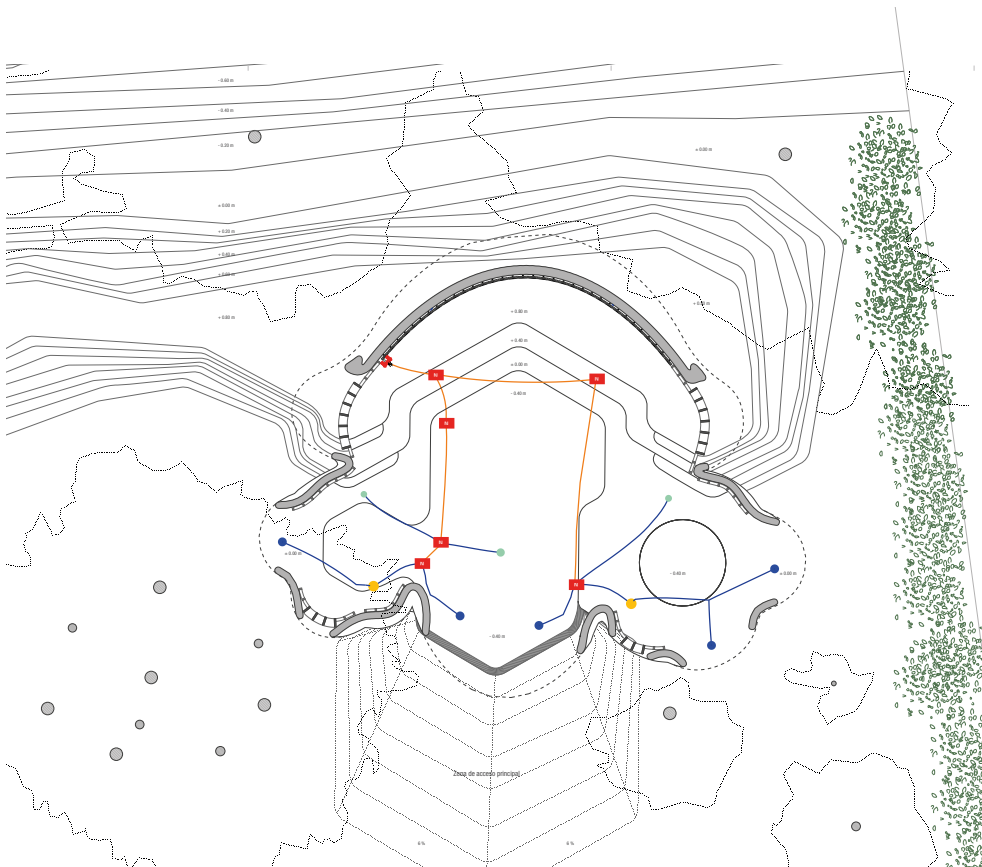
Alzado general cerramientos



Sección A



Sección B



Distribución de sensores y nodos en la cara interior de la cubierta

- Nodo procesado / Cubierta (cara interior-techo)
- Nodo procesado - router / Pared (+ 3.50 m)
- Sensor temperatura, humedad y presión / Cubierta (cara interior-techo)
- Sensor luminosidad / Cubierta (cara interior-techo)
- Sensor de presencia / Cubierta (cara interior-techo)
- Líneas de alimentación
- Líneas de comunicación sensor-nodo



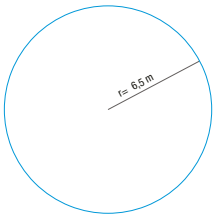
A partir de una investigación sobre el control de las condiciones del entorno para habilitar un aula de docencia al exterior, servirá de soporte a futuras investigaciones.



Espacio Total

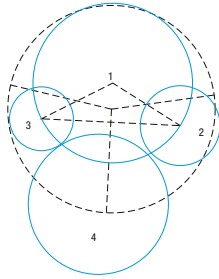
Este espacio total en el caso de la ubicación concreta de la facultad de Ciencias de la Educación y Psicología responde a una ocupación máxima de unas 45 personas, que se traduce en una superficie total de unos 130 m² a 2,9 m² por persona. Este círculo presenta un radio de 6,5 metros.

Espacio Total
Superficie = A
Superficie total = 133 m²



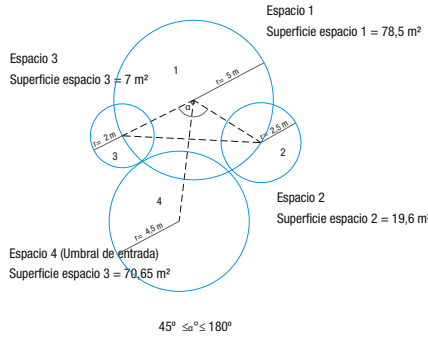
Organización de espacios (1G)

Las 4 zonas se organizan en torno a un centro, procurando inscribirse en un círculo para que el conjunto de las zonas puedan funcionar como un único espacio, y a su vez el contorno del edificio se adapta a estos recintos dándoles cierta autonomía para que puedan funcionar como espacios por separado.



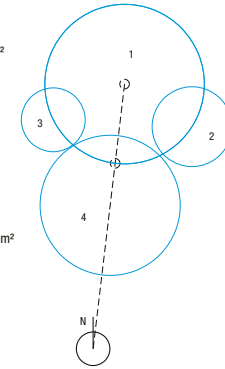
Relaciones entre espacios

Para organizar estos recintos se jerarquizan y se proponen relaciones geométricas entre ellos, donde la circunferencia del espacio principal contiene los centros geométricos de las circunferencias de los espacios anejos, de manera que éstos se moverán en torno al espacio principal, formando siempre triangulaciones entre los centros. Los espacios anejos 1 y 2 no pueden interferir entre sí ni con el espacio umbral de acceso. El centro geométrico del espacio umbral no va ligado a la circunferencia del espacio principal, sino que se aleja o se acerca en función de los espacios anejos, evitando interferir e introduciéndose en el espacio principal en un máximo de r/2.



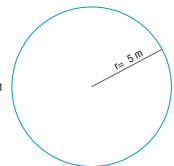
Orientación del acceso

El acceso al aula se orienta hacia el acceso principal de la facultad donde se ubica, buscando una relación lo más intuitiva y cercana posible. Para ello la línea que une los centros del espacio principal y del acceso estará orientada hacia el punto cardinal en que se encuentra la entrada de la facultad, siempre y cuando no interfiera con los espacios anejos. En el caso de la facultad de Ciencias de la Educación y Psicología, el acceso al edificio se encuentra a sur-oeste.

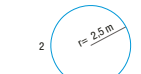


Subdivisión de espacios

Este espacio total se divide en 4 espacios: 3 zonas de estancia y docencia de diferentes dimensiones y cualidades espaciales, y una zona de acceso, distribución y estancia. Las dimensiones del espacio principal, en función de la ocupación, determinan las dimensiones del resto de zonas, que mantienen una relación proporcional a este primer espacio.



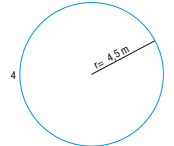
1. Espacio principal (1E)
Superficie = Ocupación máxima 35 personas(1A) a 2,9 m² por persona(1B)
Superficie máxima = 100 m²
Radio = r
Superficie espacio 1 (A) = 78,5 m² (27 personas)
Superficie de suelo bajo rasante = 50% de A



2. Espacio anexo 1 (1C)
Radio = 0'5r
Superficie espacio 2 = 19,6 m²
Superficie de suelo bajo rasante = 50% de A



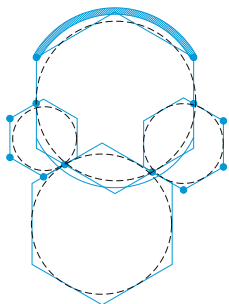
3. Espacio anexo 2 (1D)
Radio = 0'4r
Superficie espacio 3 = 12,57 m²
Superficie de suelo bajo rasante = 50% de A



4. Espacio Umbral (1F)
Radio = 0'9r
Superficie espacio 3 = 70,65 m²
Superficie de suelo bajo rasante = 100% de A (suelo de transición entre cota 0 y -40 cm)

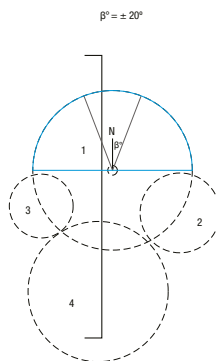
Apoyos estructurales

Para definir la ubicación de los apoyos del edificio se realiza una geometrización del esquema organizativo de los recintos a través de hexágonos circunscritos al círculo de cada zona y con orientación norte-sur de vértice a vértice del hexágono. En la intersección de unos hexágonos con otros se sitúa el apoyo estructural, permitiendo la permeabilidad del edificio a través de las aristas. En el caso del fondo del aula se propone un muro estructural como cierre posterior del espacio a norte, protegiendo los recintos de los ruidos y vientos desfavorables y sirviendo como muro de contención del terreno.



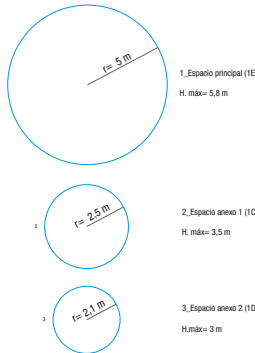
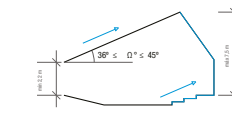
Orientación de la grada

La mitad de la circunferencia principal será grada, y ésta se ubica al norte buscando la dirección de inclinación de la cubierta. Esta semicircunferencia puede variar ± 20° respecto a la vertical del norte.



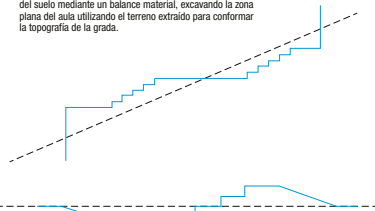
Relación recintos-cubierta: Volumen

Cada recinto lleva asociado una cubierta que acota volumétricamente el recinto. Las cubiertas buscarán la mayor superficie de captación solar posible con una inclinación entre 30° y 45°. Estas tres cubiertas se unen dando continuidad a toda la cubierta con los muros. La altura máxima del pabellón es 7,50 m y la altura mínima es 2,20 m.



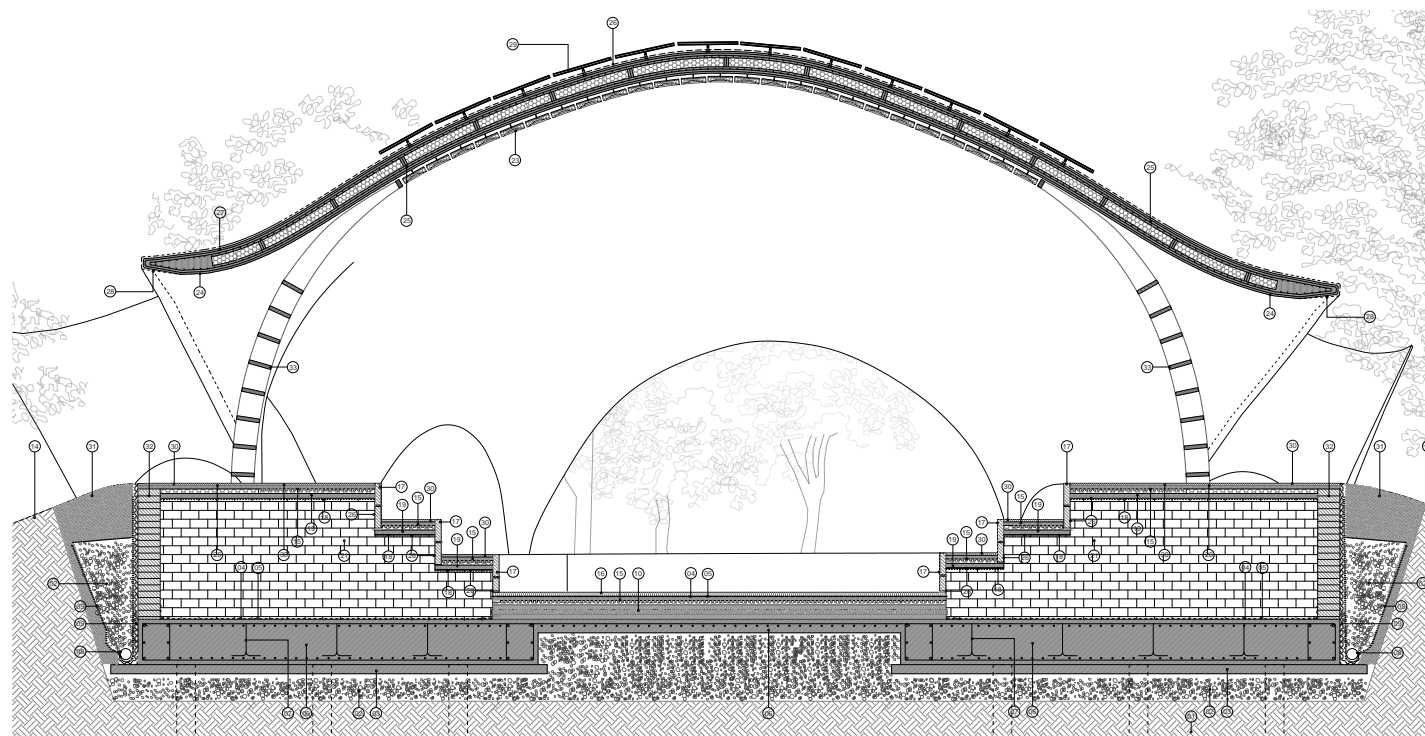
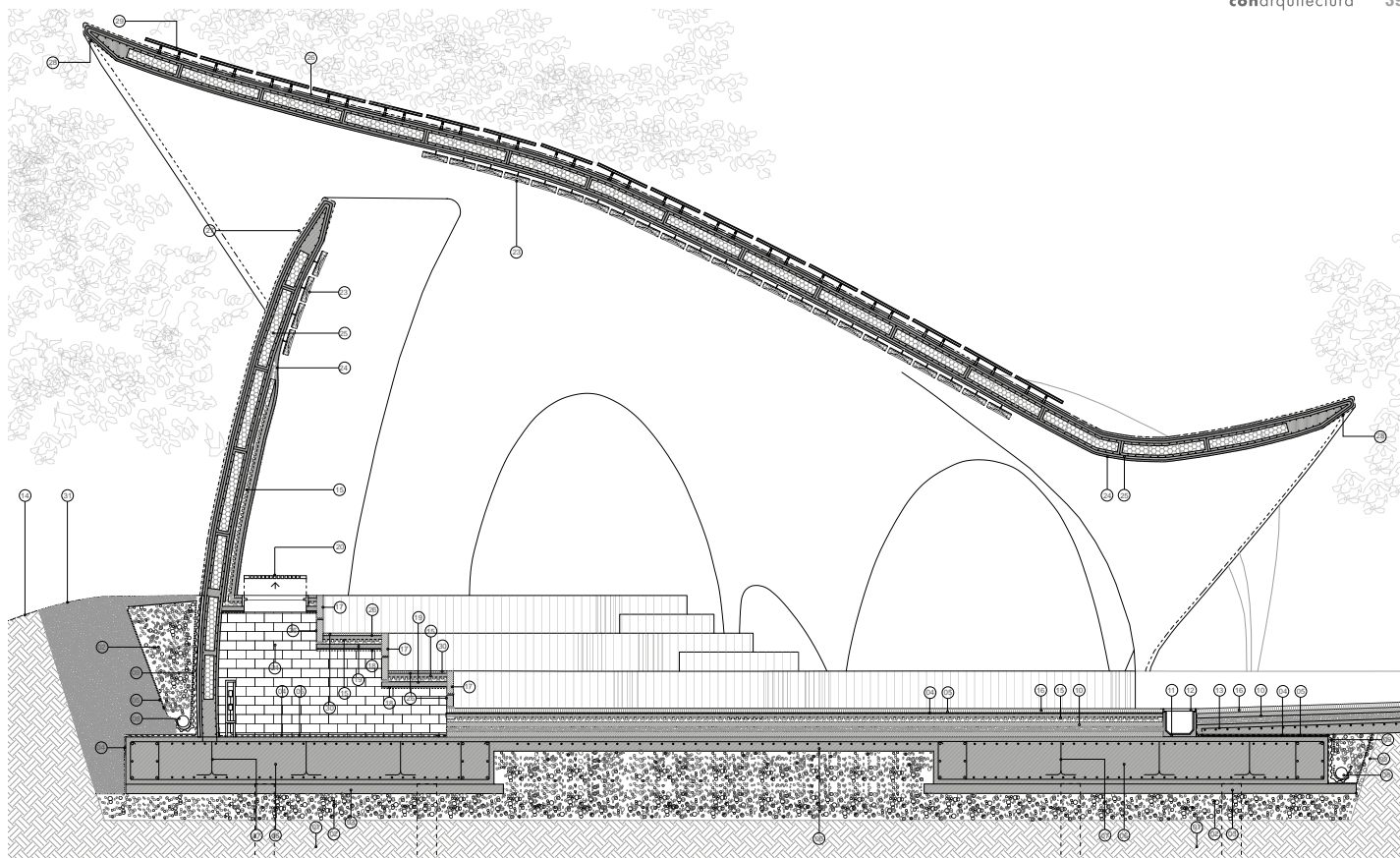
Relación con el terreno

El perfil del suelo propuesto para el aula vendrá definido en función del perfil del terreno. En el caso de un terreno inclinado la superficie de la grada se adaptará a la topografía, acompañado de un pequeño balance material para conformar una superficie plana a modo de aterramiento. Para un perfil del terreno plano se propone la modificación del suelo mediante un balance material, excavando la zona plana del aula utilizando el terreno extraído para conformar la topografía de la grada.



Leyenda

- | | | |
|--|---|--|
| 01 Terreno natural rasanteado y compactado al 95% proctor | 05 Capa separadora de filtro geotextil con resistencia al punzamiento y capacidad filtrante | 12 Rejilla de acero galvanizado |
| 02 Zahorra (natural - artificial) extendida por tongadas bajo hormigón de limpieza, regada hasta conseguir la humedad óptima y compactada al 95% proctor. Espesor variable, mínimo 30cm. Según detalles planos de estructuras. | 06 Losa de cimentación según planos de estructuras. | 13 Solera de hormigón según planos de estructura |
| 03 Subbase de hormigón de limpieza de 10cm de espesor | 07 Pates de apoyo según planos de estructuras | 14 Tierra vegetal |
| 04 Lámina de polietileno siempre bajo solera 2mm. | 08 Tubo drenante de pvc según planos de instalación de pluviales. Pendiente mínima del 2% | 15 Conductos de suelo radiante según planos de instalaciones |
| | 09 Capa drenante formada por lámina delta drein de poliestireno de alta resistencia | 16 Pavimento continuo de 5cm de espesor mínimo, con juntas de dilatación, para uso peatonal, realizado con hormigón con cemento gris, extendido manual. Con árido de canto rodado seleccionado según df. Y acabado tipo hormigón desactivado con aditivo pieri o similar. Formación de pendientes pluviales 2% |
| | 10 Mortero regulador de hormigón aligerado | |
| | 11 Canaleta para desagüe de aguas pluviales e=300 mm | |



- 17 Adoquín cerámico clinker color gris dimensiones 200x100x50 mm tipo la paloma modelo escorial o similar
- 18 Placa nervada tipo placner o similar
- 19 Hormigón e=5 cm sobre placa nervada
- 20 Apertura-escotilla de acero galvanizado para acceso al espacio de instalaciones bajo gradas según plano de memoria de carpintería
- 21 Tabique palomero de ladrillo macizo perforado para formación de las gradas según planos de replanteo de alabañilería
- 22 Colectores del suelo radiante según planos de instalaciones
- 23 Paneles fonoabsorbentes de corcho y base de madera, de forma hexagonal, conforme a

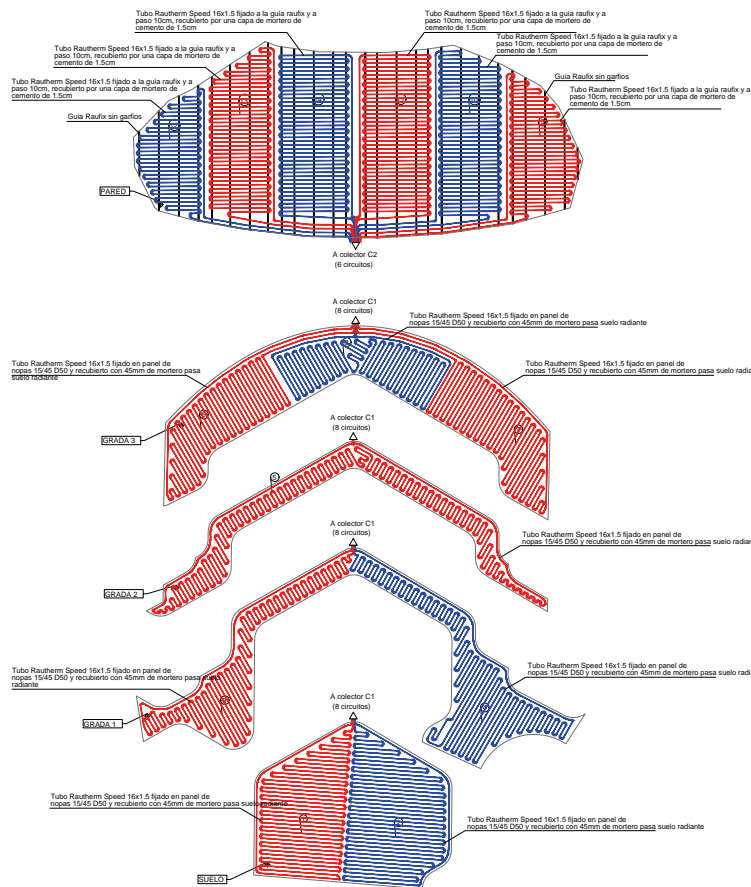
- planos de detalle. Sobre soporte de madera laminada 16mm y unido a la cara interior de la cáscara mediante tornillo con separador 40mm según detalles constructivos
- 24 Acabado por la cara interior de la cáscara de hormigón mediante revestimiento de mortero de cal hidráulica con doble capa a base de mortero de cal tipo cumen (mortero nhl-3,5 en 459-1 color blanco según df. El revestimiento se ejecutará de manera continua sobre la superficie curva de la cáscara.
- 25 Cáscara de hormigón ejecutada mediante sistema elesdopa o similar, 6/11/6 compuesta por hormigón proyectado hp iii 30 n/mm con conectores horizontales dispuestos según los

- planos de estructuras e=6 cm, y poliestireno expandido e=11cm
- 26 Revestimiento impermeabilizante altamente reflectante bajo placas solares tipo cool-r de selena o similar. También se va a usar en la cara interior de la cámara bajo graderío según se indica en el detalle.
- 27 Acabado por la cara exterior de la cáscara de hormigón mediante revestimiento de mortero de cal hidráulica con doble capa a base de mortero de cal tipo cumen (mortero nhl-3,5 en 459-1 color blanco según df. El revestimiento se ejecutará de manera continua sobre la superficie curva de la cáscara.

- 28 Formación del goterón previsto antes del gunitado de la cáscara. 29_ Sistema de placas solares onix solar o similar. Según planos de instalaciones. Sobre subestructura de soporte sobre cáscara según planos de instalaciones y/o cerrajería.
- 30 Mortero autonivelante color gris según df.
- 31 Terreno proveniente de la excavación. Topografía según plano de movimiento de tierras. Incluye capa de tierra vegetal de 50 cm y plantación de plantas aromáticas (romero y tomillo).
- 32 Muro de 1 pie de L.M.P
- 33 Celosía de madera con posibilidad de cierres parciales según plano e etalle de celosías.

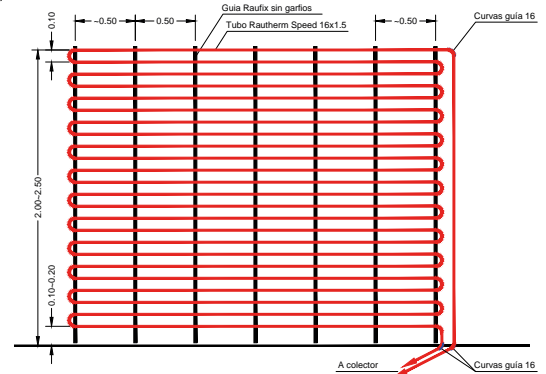


Un suelo radiante cubre todo el graderío para mejorar las condiciones de confort respecto al exterior llegando de forma directa al usuario.



Detalle tipo pared radiante húmedo Sistema Raufix

Pared radiante en húmedo con sistema raufix anclado a la pared y recubierto con sistemas de reboco o acabado superficial del tipo yeso, arcilla, mortero y o alicatado, compatible con tubos Rautherm S 16x2,0 – 17x2,0 y Rautherm Speed 16x1,5.



El espacio es autosuficiente, tanto el sistema de inteligencia artificial que controla todos los sensores, cámaras de visión, térmicas y monitoriza el espacio, como el suelo radiante y la iluminación son alimentados por un sistema de placas fotovoltaicas innovadoras diseñadas expresamente para este pabellón que se adaptan a la curvatura del mismo. Un pabellón que genera más energía de la que consume, vertiendo el sobrante a la red pública.

Sistema Iris

El sistema constructivo
para la ejecución eficiente
de celosías de vanguardia _