

MEMORIA PFC ESCUELA INFANTIL EN CHESTE

DONATE PARDO, FERNANDO  
UPV / ETSAV / TALLER 5

# E\_scuola I\_nfantil en C\_hesta

Con la redacción de la presente memoria, se pretende mejorar, aclarar y definir el proyecto que se presenta como PFC, una escuela infantil en el Complejo Educativo de Cheste.

La memoria se divide en dos grandes apartados. El primero de ellos es la memoria descriptiva del proyecto, donde se explica su ubicación, sus bases, sus intenciones, su programa, sus espacios, la materialidad y la forma de construirlo. El segundo bloque, define, más pormenorizadamente, la estructura y las instalaciones del edificio. Todo ello contado mediante textos, imágenes y planos, con la esperanza de transmitir la ilusión y el cariño con el que se ha realizado el proyecto durante este curso académico.

M emoria D escriptiva



# EL Lugar

La posibilidad de reciclar y añadir valor a un conjunto arquitectónico, actualmente infrutilizado, ya de gran interés, y poder establecer un diálogo entre la construcción y el paisaje natural, mediante el respeto y la adecuada lectura de las condiciones paisajísticas del mismo.

Dichas oportunidades de proyecto se recogían, perfectamente, en el emplazamiento de la Universidad Laboral de Cheste. Un enclave perfecto para desarrollar mi Proyecto Final de Carrera, donde poder seguir aprendiendo a construir lugares, relacionándome con lo ya construido y con el paisaje natural.

Dentro del actual Complejo Educativo de Cheste, tras el estudio de varios lugares dentro del mismo, se decide actuar en la zona administrativa, y primera parada del Complejo Educativo tras su entrada. Esta ubicación, por su disposición, terrenos subyacentes e infraestructura, nos brinda un lugar ideal para proyectar nuestra escuela infantil.

Dicho lugar nos ofrece: un edificio que re-utilizar, aumentando su bajo uso actual, una plaza, que se proyecta como unión y enlace entre lo ya construido y la nueva construcción, además de servir de un lugar de esparcimiento y relación para sus usuarios, un terreno natural, con tierra, pinos y animales, donde el niño pueda relacionarse con la naturaleza.

El proyecto persigue desde el inicio relacionarse perfectamente con los edificios y espacios proyectados por el arquitecto Fernando Moreno Barberá, teniendo como bases principales, la forma, la escala, el volumen, la luz, los espacios exteriores en el edificio, los patios y la estructura, pero construido de una manera acorde a los años que difieren entre ambos.



## Universidad Laboral de Cheste (1965-1970)

Dispuesta, en un cerro repleto de pinos, a poniente de Valencia, la ordenación del conjunto se produce desplegando los edificios en arcos sucesivos en la ladera sur, de acuerdo con una zonificación basada en los distintos usos. La ordenación del programa empieza en las zonas más elevadas, donde se sitúa el área deportiva (11); a continuación, en un espacio verde intermedio, la residencia (9), las aulas (6) y los talleres (5); y en las cotas más bajas y en las áreas más próximas al acceso, los edificios comunes y representativos desplazados asimétricamente siguiendo un esquema funcionalista en las ordenaciones y los recorridos.

El edificio que contiene la imagen más representativa del conjunto es el aula magna (2), con una estructura de deambulatorio originalmente abierta y caracterizada por la presencia de enormes pilastras de hormigón visto, y por una gran marquesina de sección plegada que configura el cubrimiento del escenario exterior frente a la fachada trasera.

El proyecto se distingue por la sutil utilización de los elementos de protección solar, los patios, las sombras y los espacios colectivos abiertos. Los patios perforan los edificios anexos a las residencias, dotadas de un complejo sistema de articulaciones verticales, pero es en el edificio del rectorado (1), en el conjunto de comedores (3) y en el edificio de docentes (4) donde más relevante es la importancia concedida a estas piezas.

La sección habitual de estos patios se caracteriza por estar rodeada de un espacio abierto, puntuado por una serie de pilares que soportan una planta superior o cubierta. Este dispositivo introduce la transparencia, la ventilación y la sombra en el perímetro del patio, que a su vez está dotado de vegetación y agua.

En el edificio de docentes, un sistema superior de vigas pretensadas conforma un magnífico umbráculo sobre el patio, y los vuelos calados del forjado proporcionan una cuidada transición entre el espacio central de los comedores y el deambulatorio. Los comedores están en la planta primera, y se organizan dos a dos a partir de una planta rectangular o circular vaciada en el centro por un patio. Esta geometría no permite la visión total interior de cada uno de los comedores porque acota el espacio y así se evita la sensación de masificación. Este mecanismo se completa con la disposición central de las cocinas, capaces para los cinco mil estudiantes previstos.

El abanico de las aulas, que ocupa la ladera sur, está dividido en ocho bloques colocados sobre pilotis y unidos por espacios cubiertos entre ellos y con los edificios de talleres ligeramente adelantados y dispuestos en una cota inferior. Estos talleres mantienen la sección característica de los proyectos docentes de Moreno Barberá, organizada para obtener un lucernario longitudinal. Al mismo tiempo, están entrelazados por una serie de espacios cubiertos y umbráculos, resultantes del vaciado de los casetones del forjado reticular.

El conjunto rechaza las manifestaciones arquitectónicas grandilocuentes, de ahí que Moreno Barberá disponga casi tangencialmente los edificios más emblemáticos, incluso la enfermería y la capilla de planta circular, e incorpora los contrastes entre luces y sombras, la reducción cromática y material y repropone el patio como un espacio moderno y transparente.

## La Propuesta en el Lugar

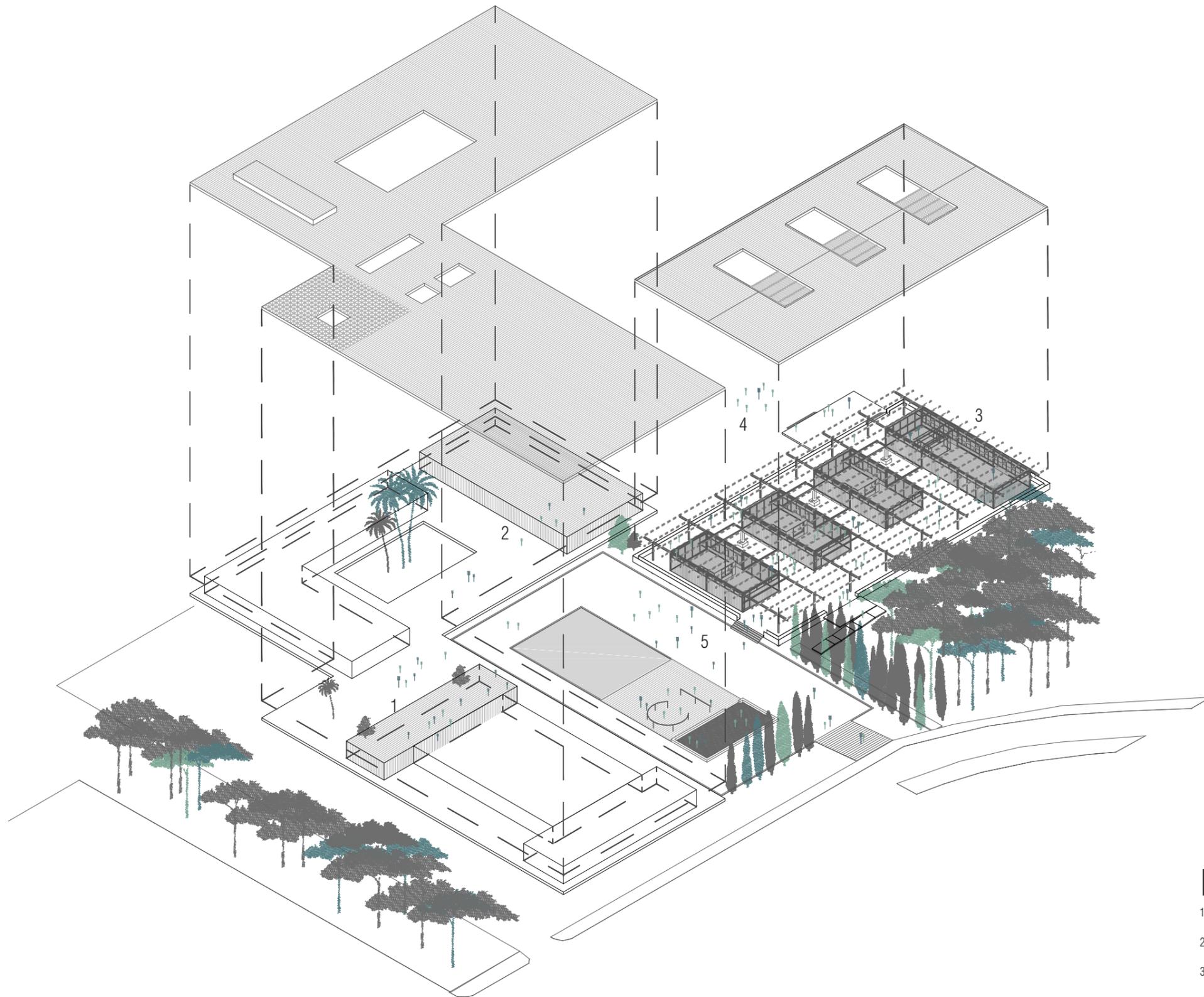
El edificio se dispone de manera perpendicular a la plaza, ofreciendo una de sus fachadas a la ésta, por donde se genera el acceso principal. Con esta operación conseguimos darle un tercer frente a la plaza, conformando su perímetro y reforzando su carácter de punto de encuentro y de unión entre los edificios, el enlace entre las dos alas de la L que forma el edificio existente y el nuevo aula infantil.

En este proyecto, dentro del lugar, también entra el edificio preexistente, por lo que el proyecto adquiere la escala, la modulación, y las ideas principales de éste, persiguiendo así, la armonía entre las dos construcciones que difieren en el tiempo, pero que se encuentran las dos en el mismo lugar.

Como escuela infantil, y valorando el aprendizaje y desarrollo de los usuarios de la misma, se ha tenido muy en cuenta la relación con la naturaleza, con el paisaje. Aprovechando las oportunidades que nos brinda el emplazamiento, se ha intentado acercar el edificio a la naturaleza y la naturaleza al edificio, delimitando espacios y creando lugares donde el niño pueda jugar y aprender, mediante la arquitectura.

*[...] no es necesario imponentes edificios para dar buena educación a los niños, sobre todo en zonas de clima suave. Se sabe que en el pasado, filósofos y santos acostumbraban sentar-se con sus discípulos a la sombra de un mango, consiguiendo transmitirles su sabiduría sin necesidad de edifica-ciones de concreto armado. Mas eran grandes hombres y grandes espíritus que sabían aprovechar el universo entero como material didáctico junto a los simples recursos de su inteligencia y su fantasía (Neutra, 1948: 41 y 42).*

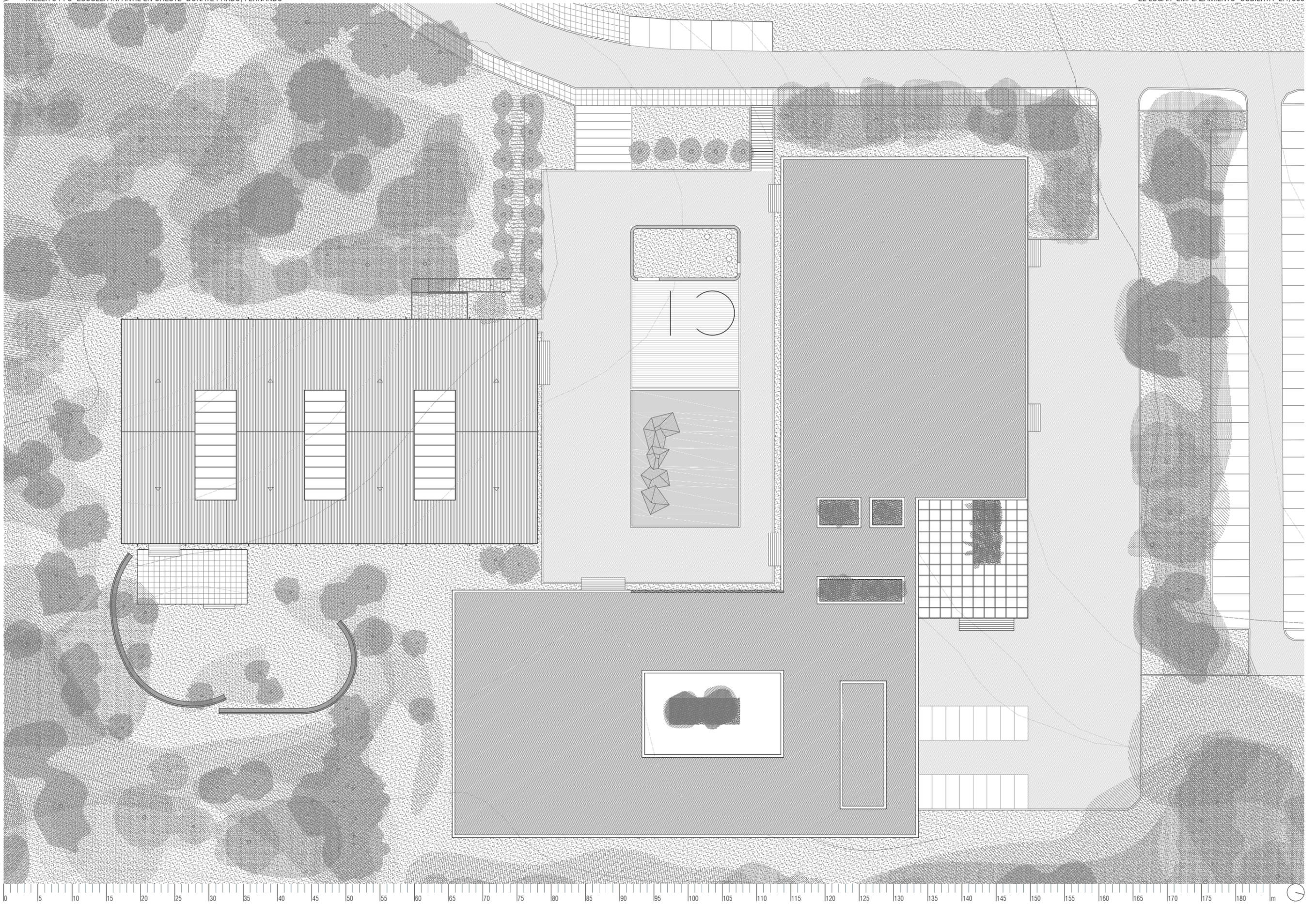




### Disposición de usos generales

- 1. Comedor para ocasiones específicas -> Comedor escuela infantil
- 2. Administración conjunta, del complejo educativo de Cheste y de la nueva escuela infantil.
- 3. Aulario y zona para profesores de la escuela.
- 4. Patio en relación con la naturaleza.
- 5. Plaza y zona de juegos para los niños.

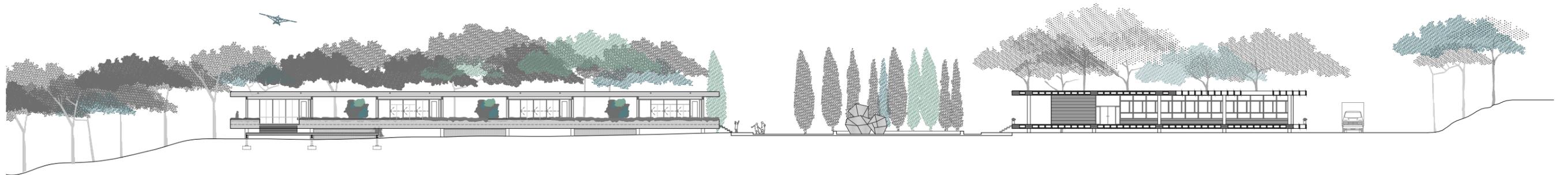
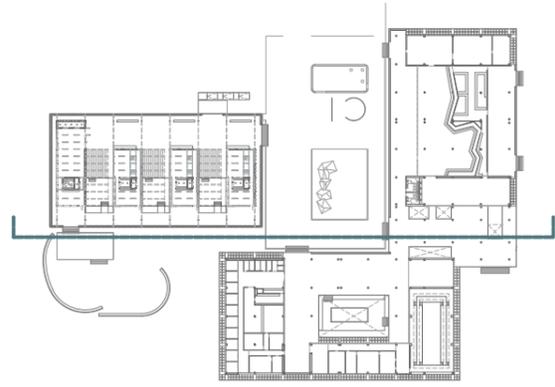


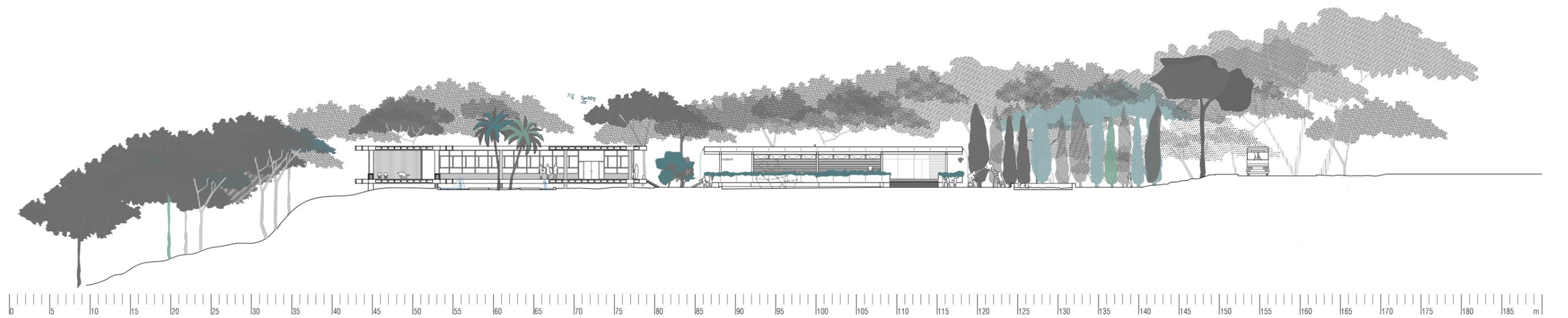
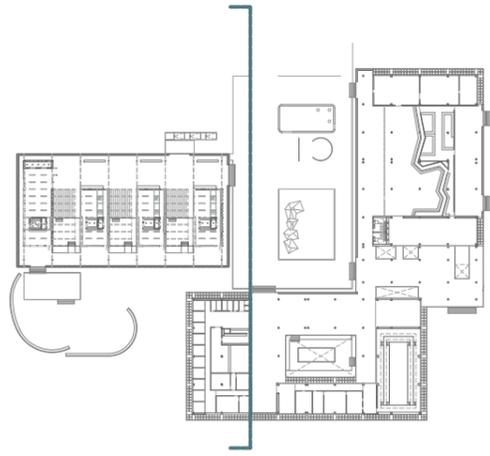


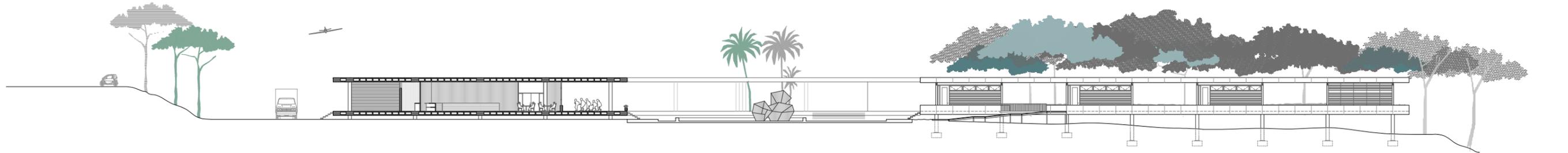
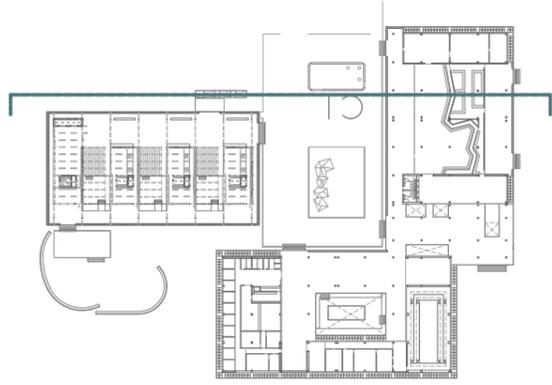
## Un lugar en relación con la naturaleza

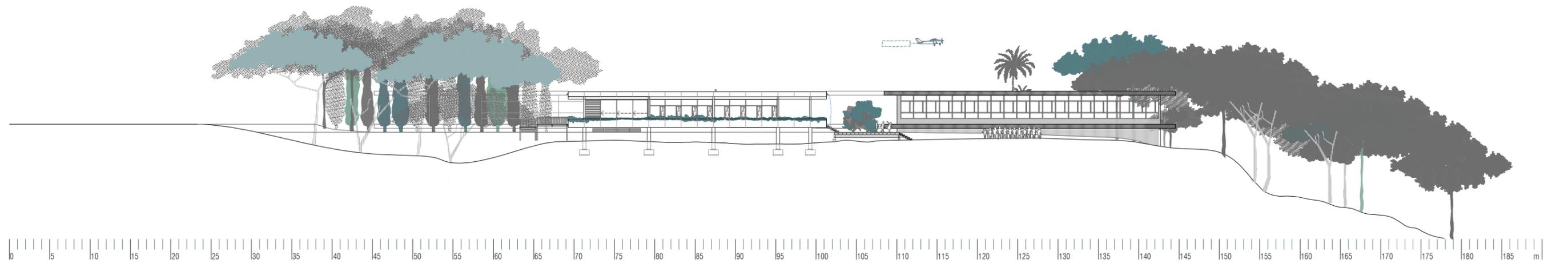
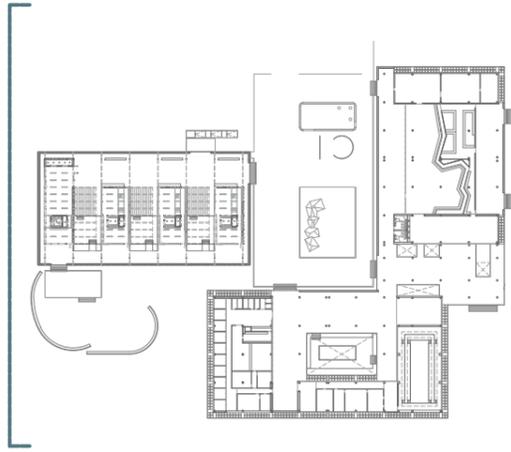
El proyecto se aprovecha de los espacios naturales del entorno en el que se ubica. Se relaciona y ofrece zonas donde la naturaleza del lugar predomina, acercando un hábitat natural y privilegiado, para desarrollar un aprendizaje e imaginación, a los niños y usuarios de la escuela infantil.

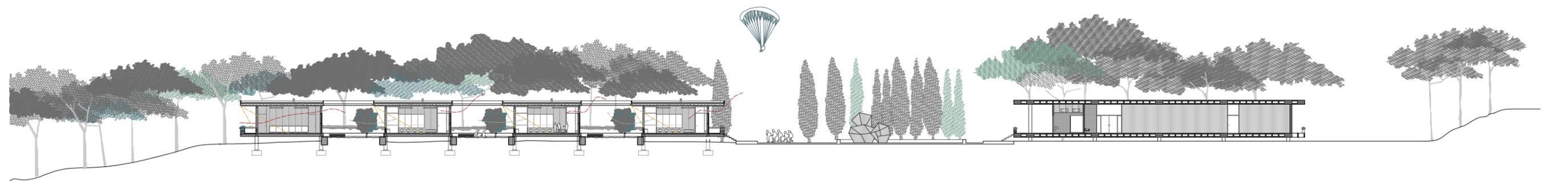
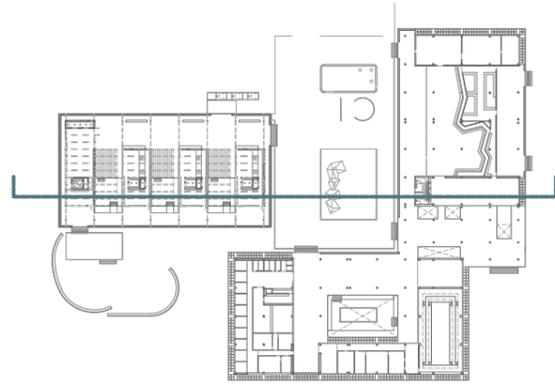


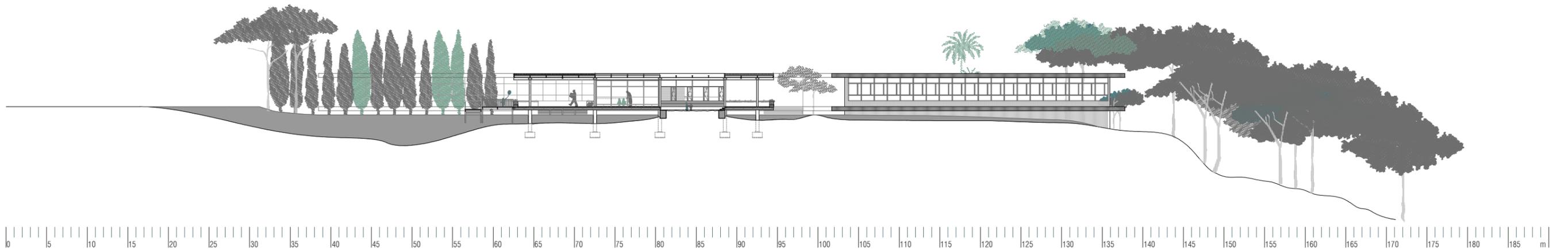
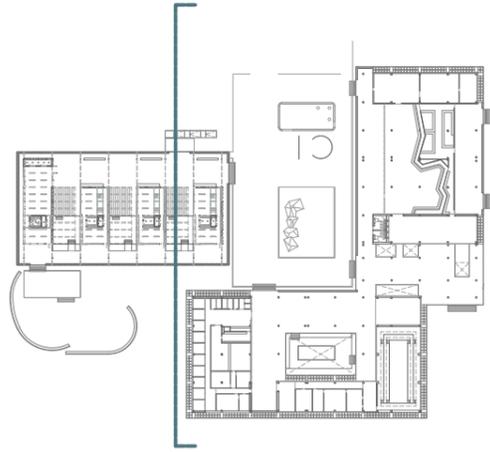


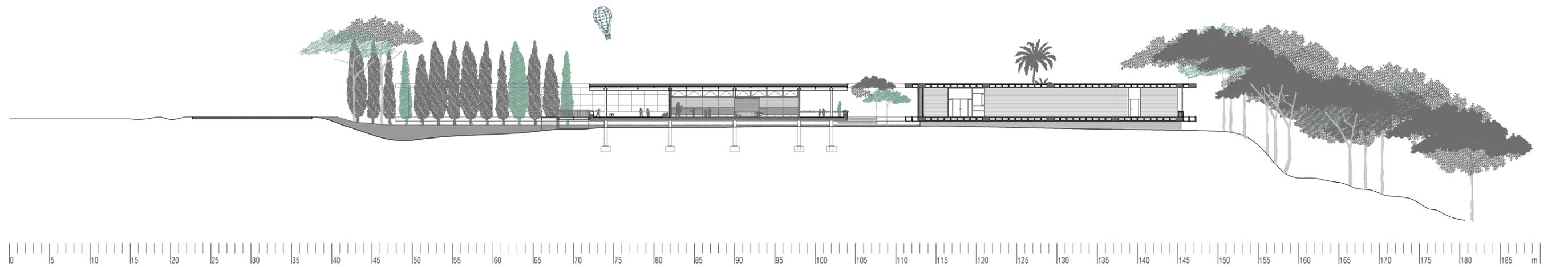
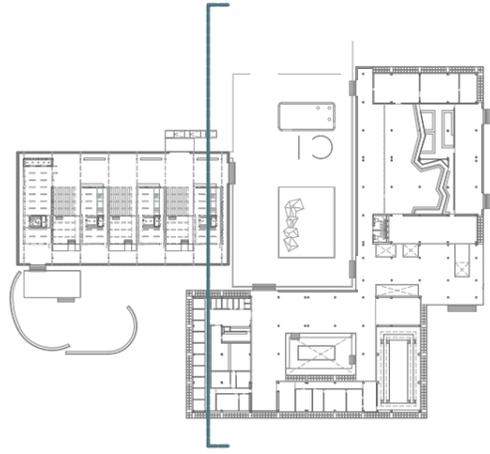


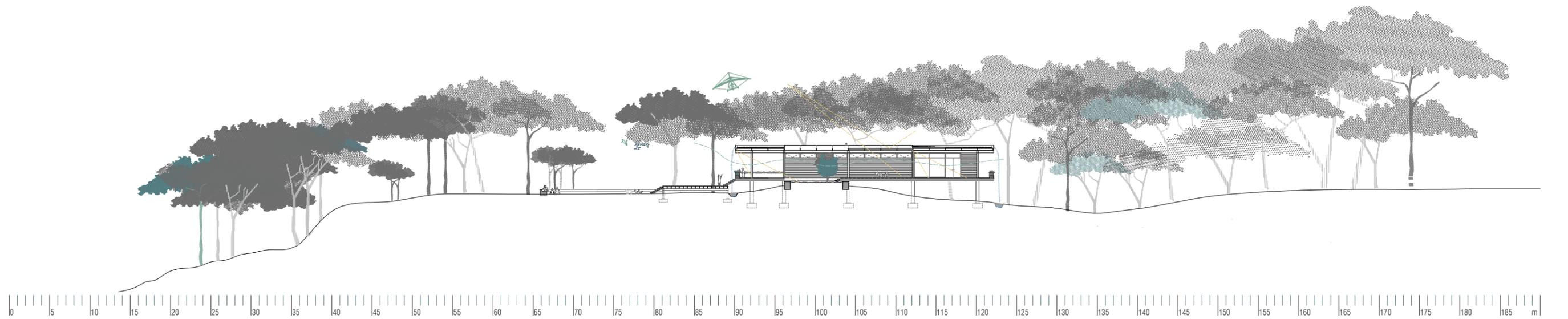
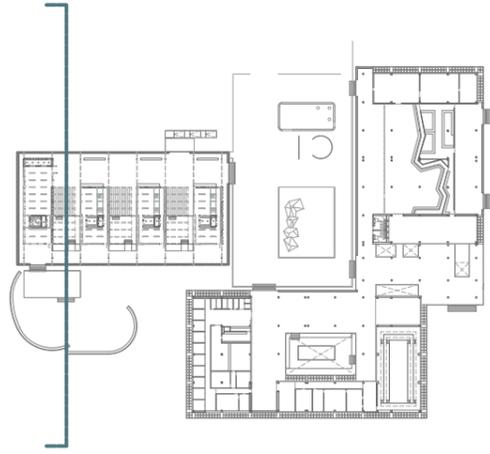














# Los espacios

El proyecto se desarrolla como ampliación de una preexistencia, intentando mejorar sus instalaciones y servicios, adaptándose a lo existente. En todo momento, se persigue seguir las reglas ya establecidas por el arquitecto Moreno Barberá, con la precaución de no alterarlas demasiado, desvirtuando y perdiendo así, la relación del nuevo proyecto con lo ya construido.

El elemento plaza, adquiere una gran importancia en la disposición del nuevo edificio, actuando como elemento unificador, relacionando lo nuevo con lo preexistente. Adquiere así la fachada Este de la escuela infantil, la categoría de tercera fachada del conjunto, mimetizándose con el proyecto de Moreno Barberá. La intervención en la plaza pretende crear una zona de reunión, de grandes y pequeños, una zona de juego, donde correr, sentarse, observar, descubrir el agua o la arena, escuchar la naturaleza o el agua de la fuente-escultura de Javier Clavo, sin perder la característica unificadora de los edificios.

El nuevo edificio se proyecta como el espacio donde niños y profesores desarrollan las actividades. Así, en el edificio existente, en sus partes infrautilizadas, como las salas de comedor del restaurante, se ubica el comedor de la escuela infantil en una de ellas. La parte administrativa y directiva de la escuela infantil, se ubicará y se dirigirá desde la parte administrativa del complejo educativo. Con ello se pretende mejorar y ampliar el uso del edificio construido,

puesto que, actualmente esos espacios tienen una utilización muy baja.

El nuevo proyecto, tiene como idea principal ser, un plano elevado sobre el suelo, a modo de plataforma, y una cubierta unificadora de todas las estancias, lugares y espacios que alberga la escuela infantil. Así pues, el edificio se formaliza mediante dos planos, sustentados por una retícula de pilares que albergan el programa:

- 3 aulas dobles, proyectadas para albergar a 40 alumnos, divididas en una zona de taller, con mesas y lavabos para la realización de manualidades, y otra más diáfana, con mobiliario móvil, donde poder aprender en solitario o en grandes grupos. Estas zonas están separadas por el núcleo de aseos y trastero, además disponen cada una de ellas de una zona de patio, como extensión del aula al exterior.

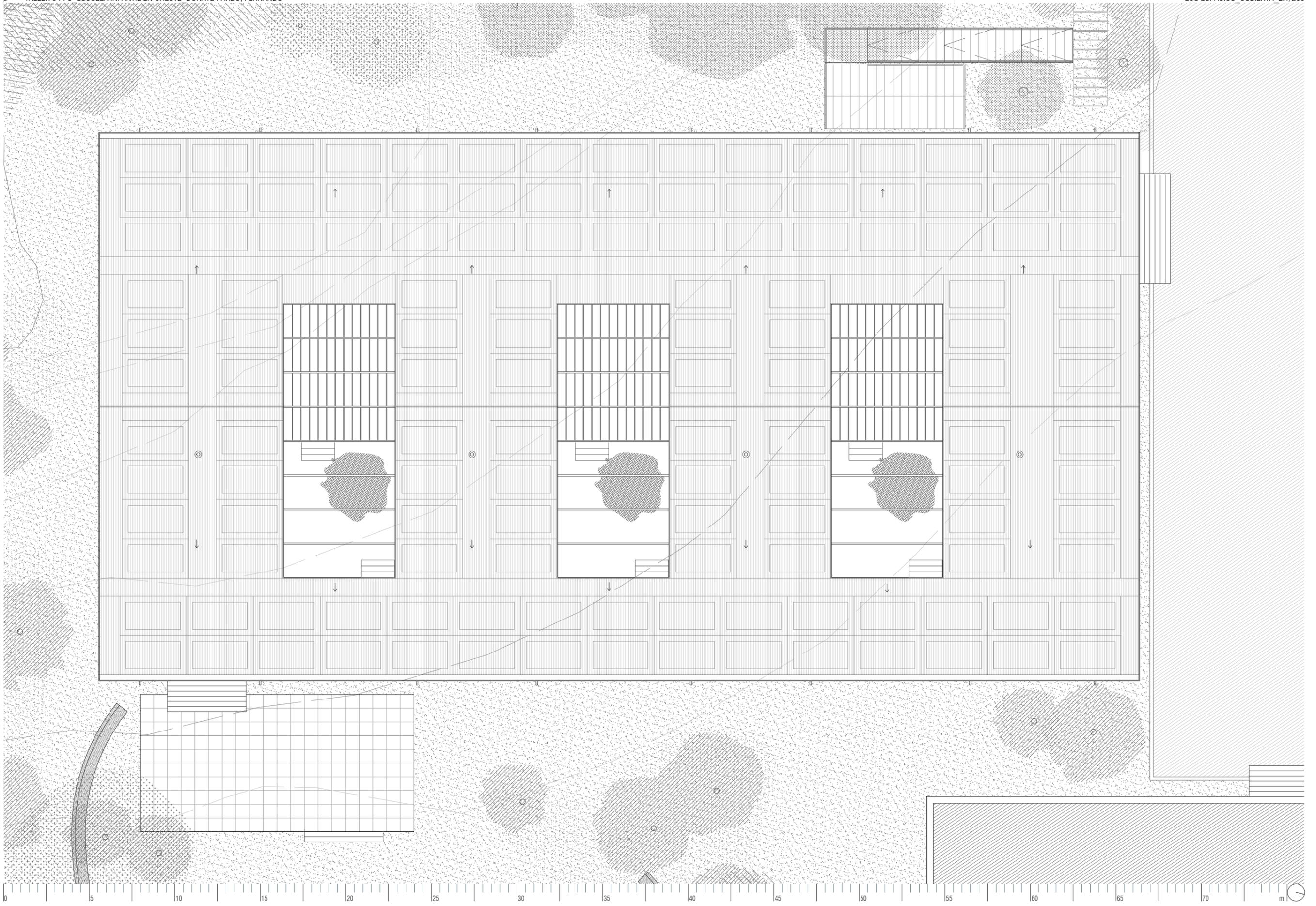
- 1 Aula Multiusos + Sala de Profesores. Proyectado como el último bloque del edificio, a modo de cierre, donde se encuentra una gran sala diáfana para las actividades motrices o de representación en grupo, y una sala de profesores donde éstos disponen de todos los servicios que necesitan, sin necesidad de ir al otro edificio. Estas dos estancias están separadas, al igual que en las aulas, por el núcleo de baños e instalaciones.



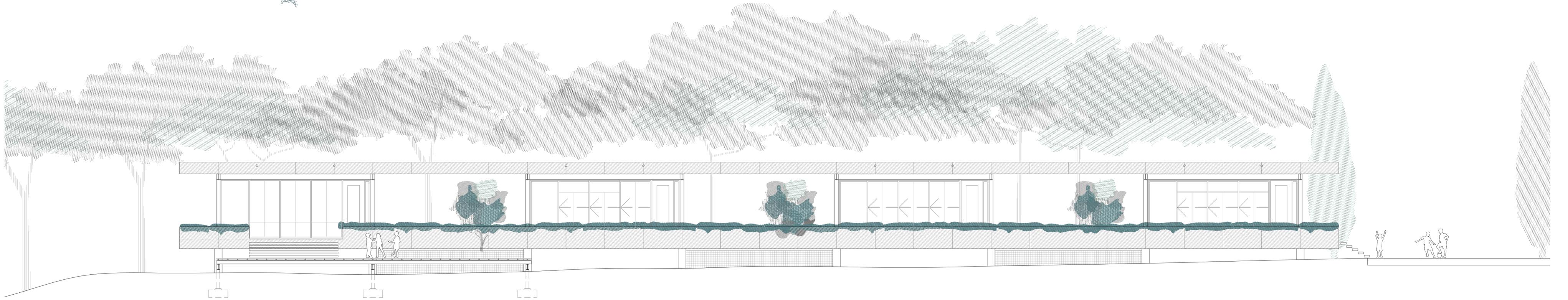
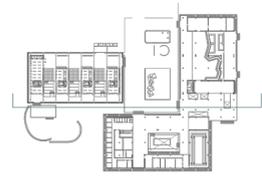
- Diferentes Zonas y áreas de la escuela infantil:
- Aulario:
    - Aulas dobles = 128 m<sup>2</sup> (x3)
      - 1.Z. diáfana = 64 m<sup>2</sup>
      - 2.Taller = 32 m<sup>2</sup>
      - 3.Baño = 10 m<sup>2</sup>
      - 4.Almacén = 5 m<sup>2</sup>
    - Aula Multiusos = 192 m<sup>2</sup>
      - 5.Almacén 1 = 16 m<sup>2</sup>
      - 6.Almacén 2 = 10 m<sup>2</sup>
      - 7.Sala Mult. = 114 m<sup>2</sup>
      - 8.Baño = 12 m<sup>2</sup>
      - 9.Sala Profesores = 40 m<sup>2</sup>
  - Zonas no climatizadas = 1.384 m<sup>2</sup>
    - 10.Aula ext. madera = 64(x3)
    - 11.Aula ext. tierra = 64 (x3)
    - 12.Z. ext. cubierta = 960
  - Edificio existente:
    - 13.Comedor = 192 m<sup>2</sup>
    - 14.Aseos comedor = 45 m<sup>2</sup>
    - 15.Z. Admin. compartida = 500 m<sup>2</sup>
  - Zonas Exteriores
    - 16.Plaza
      - 16.Z.Dura
      - 17.Arenero
      - 18.Juegos
      - 19.Lámina de agua
    - 20.Patio en relación con la naturaleza

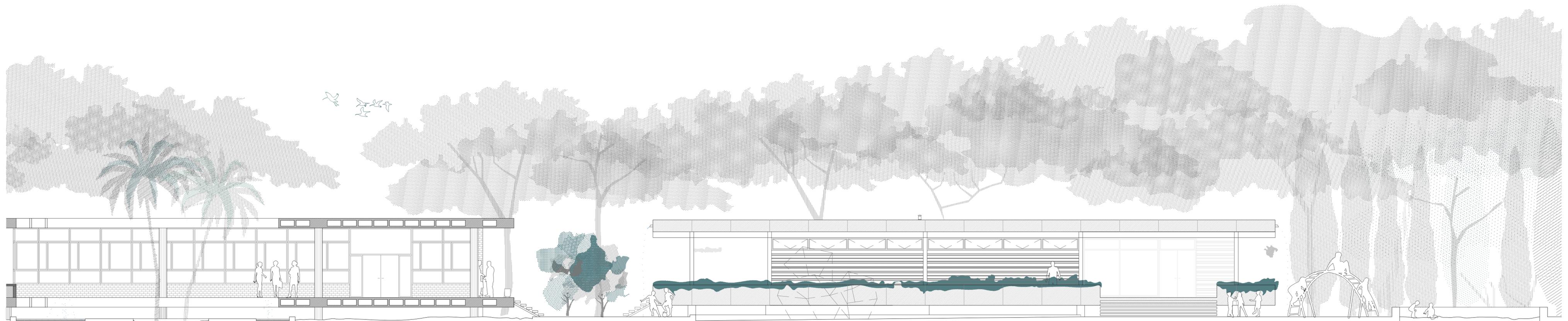
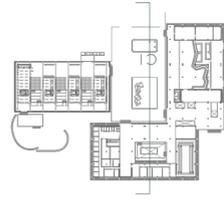


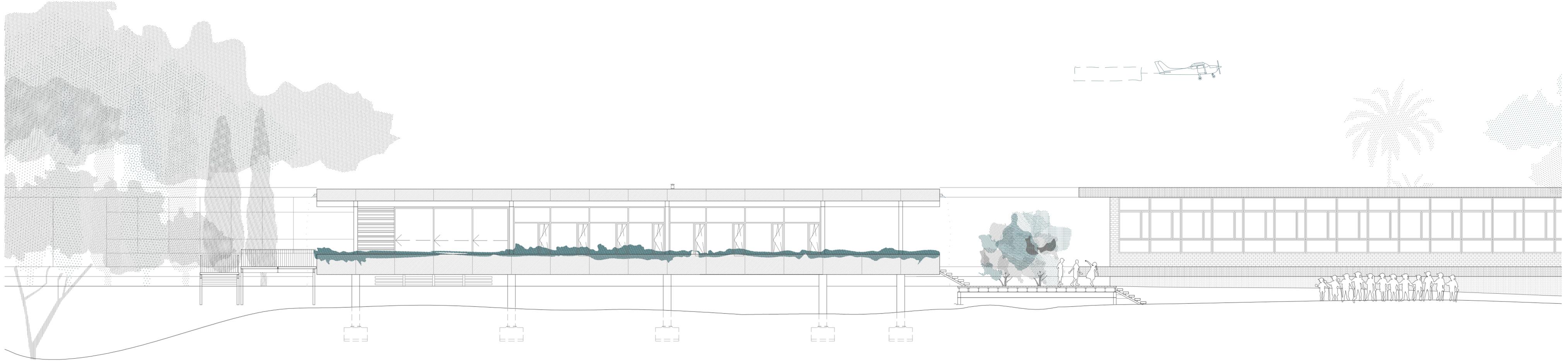


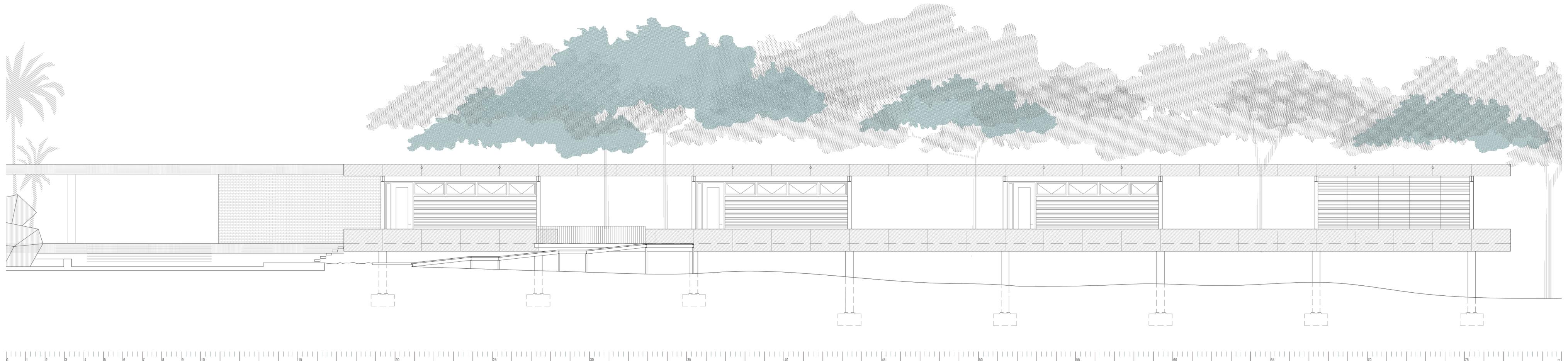
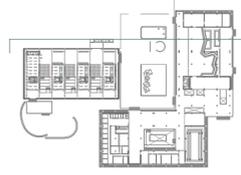












## Una cubierta unificadora y perforada

La escuela infantil parte de las ideas de proyecto del edificio de Moreno Barberá, por ello se proyectan dos grandes planos, el forjado y la cubierta, que perforados generan patios, que dejan descubierto el cielo y que tocan el terreno, además unifican, grandes espacios exteriores cubiertos y los espacios cerrados individualizados.

De cierta manera, mediante la arquitectura se delimitan diferentes espacios, entre el

interior y el exterior, entre lo construido y lo natural, creando lugares donde estar, aprender, relacionarse, observar...

La cubierta adquiere una gran importancia en el edificio. Se proyecta una cubierta ligera, a modo de plano, que recoge y unifica los diferentes espacios, abiertos y cerrados, del edificio. Este plano de protección, se perfora coincidiendo con los patios de las aulas, consiguiendo una mayor iluminación en el centro del edificio y en las aulas. Espacios más agradables para niños y adultos.

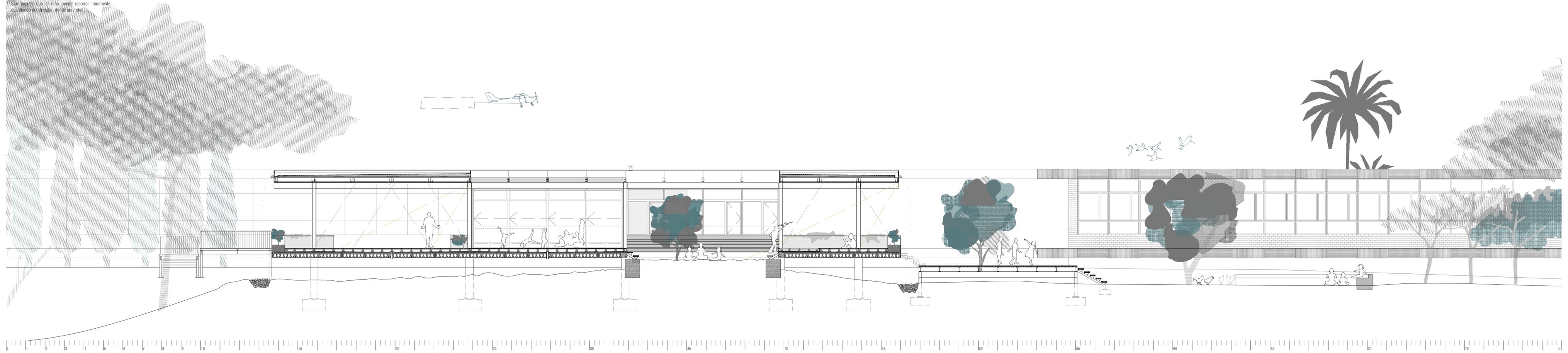




En esta sección se puede observar la relación de los diferentes espacios, delimitados por la arquitectura del edificio, pero relacionados entre sí.

Se generan diferentes espacios, algunos cambiantes y otros no, donde el niño aprende de en ellos y de ellos, jugando, trabajando, observando...

Son lugares que el niño puede recorrer libremente, decidiendo donde estar, donde aprender.



## Una clase en el exterior

En el proyecto se tiene siempre muy presente al principal usuario, al niño, a su aprendizaje y al gran valor de poder aprender con la naturaleza, con sus elementos, y al aire libre.

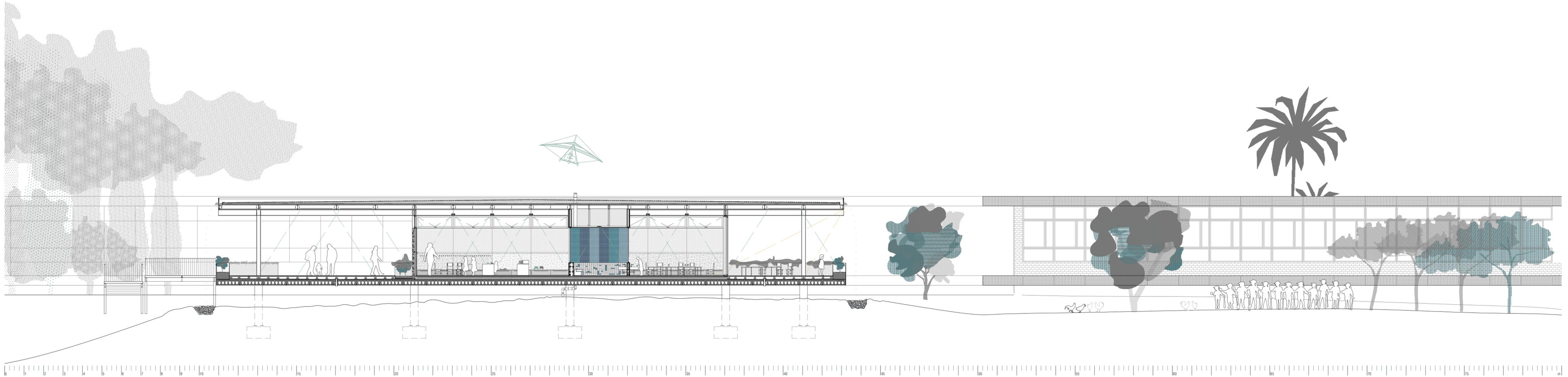
Por ello, se proyectan aulas en las que cada espacio tiene su extensión al exterior, un exterior protegido por el plano de cubierta, aprovechándonos y protegiéndonos del clima y la situación en la que nos ubicamos.

El taller se extiende a la zona Este del edificio, una zona totalmente cubierta en la que trabajar observando la pinada, con aire fresco y luz, con condiciones perfectas para el

desarrollo del infante. Además, en esta zona se disponen pequeñas láminas de agua, que refrescan el ambiente y hacen un lugar diferente y atractivo para el niño.

La zona diáfana del aula dobla su área en un patio descubierta, protegido por lamas y con pavimento de madera. Se genera así una extensión del aula, de la que se puede disfrutar la mayor parte del año, donde permite aprender y trabajar en grandes grupos. Este patio se amplía, generando un nuevo espacio exterior, donde se perfora el forjado, accediendo al terreno. Se construye una zona en contacto con la naturaleza dentro del propio edificio, donde se planta un árbol que hace una sombra, un lugar donde estar, donde aprender, donde observar el paso de las estaciones...





## Un aula para descubrir

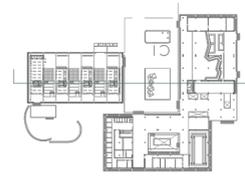
Se pretende crear un aula donde se puedan desarrollar cómodamente las actividades necesarias para el aprendizaje y desarrollo del niño. Un lugar que permita trabajar en grupos, grandes y pequeños, individualmente, en el plano del suelo, en la mesa, en la pared, donde, además, se puedan colgar las obras de arte que realicen los infantes. Un aula donde el niño pueda decidir qué desarrollar en cada momento, donde se encuentre bien, donde le apetezca estar, donde le apetezca crecer.

Por ello se proyecta un aula donde podemos diferenciar claramente dos zonas, separadas por el núcleo de aseos y trastero, pero comunicadas, para que el niño decida libremente donde quiere desarrollar la actividad.

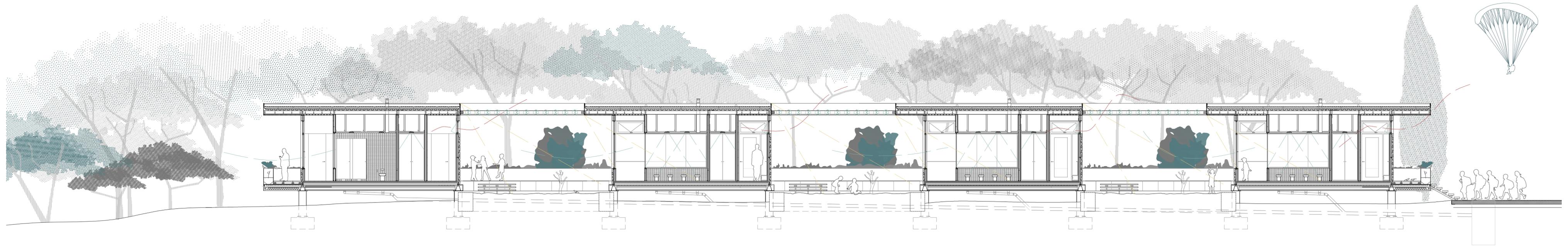
Como ya se ha comentado éstas zonas son: el taller, donde se trabaja en mesas, haciendo manualidades, descubriendo la materia, y en la que disponen de lavabos para las actividades que puedan necesitar el elemento agua. La zona más grande del aula es la parte diáfana, en la que poder trabajar en grupos grandes, utilizar el plano de suelo, aprender o crear en la pared de pizarra, también, se disponen muebles bajos móviles, para almacenaje, con los que se pueden generar espacios más acotados e individuales.

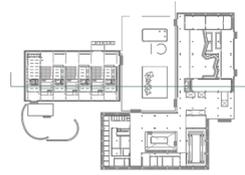
Son aulas dobles, de 40 alumnos cada una, pero que, permiten al niño aprender y realizar actividades en diferentes grupos y zonas, reduciendo la masividad que pudiera ser el albergar 40 alumnos en un único espacio.

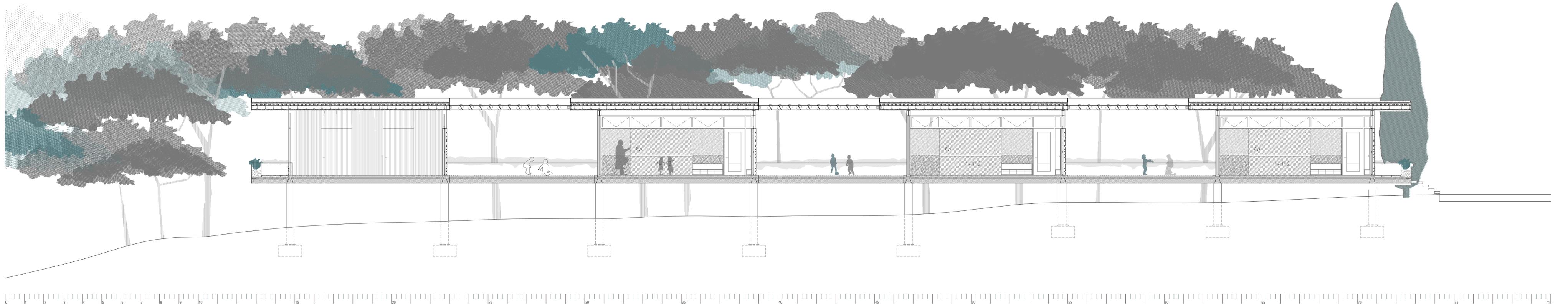
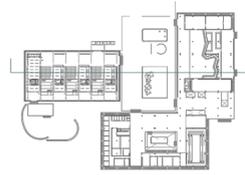


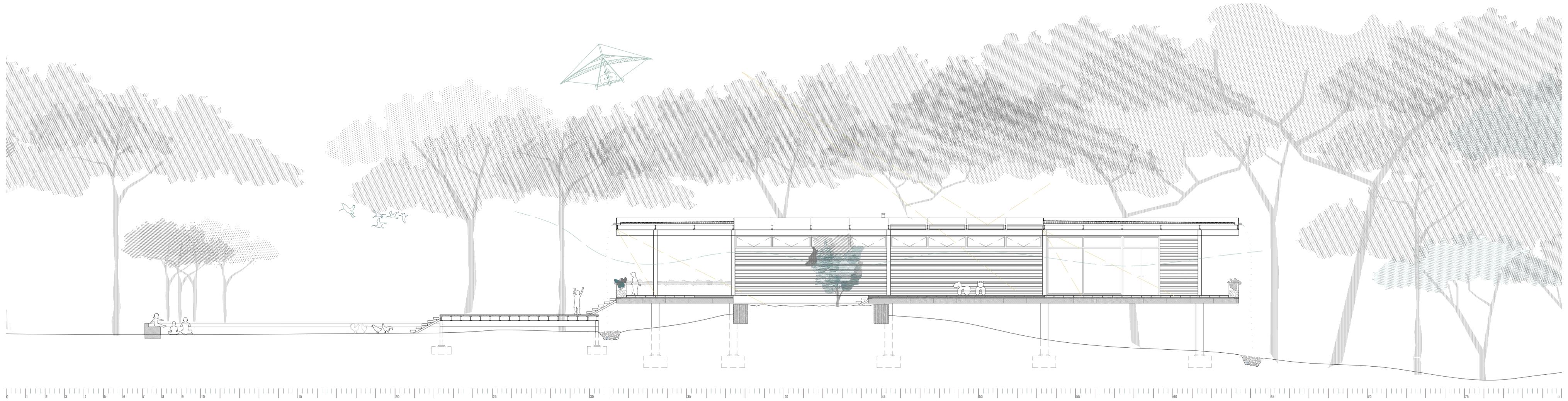
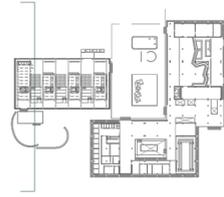


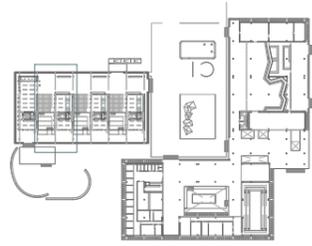
El edificio tiene muy en cuenta el clima en el que se encuentra. Por ello, se proyectan espacios con ventilación cruzada, con grandes ventanas orientadas a Este y Sur, protegidas de la radiación solar directa en épocas calurosas, y pequeñas aberturas a Oeste y Norte, con lo que conseguimos unas estancias con una temperatura agradable durante gran parte del año sin necesidad de apoyo energético.











El aula, podemos decir que es la parte principal del proyecto. El lugar donde ha recaído una gran parte del tiempo, estudiando y observando diferentes formas del aprendizaje del niño, investigando en la influencia de la arquitectura que les rodea, en sus primeros años de vida.

Se apuesta por una escuela donde el niño es el principal protagonista, donde aprende investigando, por su propia cuenta y observando, eligiendo en lo que quiere trabajar e investigar en cada momento. Con ello conseguimos que el infante esté interesado y atento en lo que está haciendo, asimilando mejor el aprendizaje.

Se pretende proyectar un aula en la que se puedan hacer muy diversas actividades, algunas similares que necesitarán espacios muy iguales y otras muy diversas en las que se necesitaran espacios específicos o al menos con posibilidad de cambiar de forma y tamaño.

El aula se proyecta teniendo en cuenta todo lo estudiado y referente al aprendizaje del

infante, pero también al conjunto del proyecto.

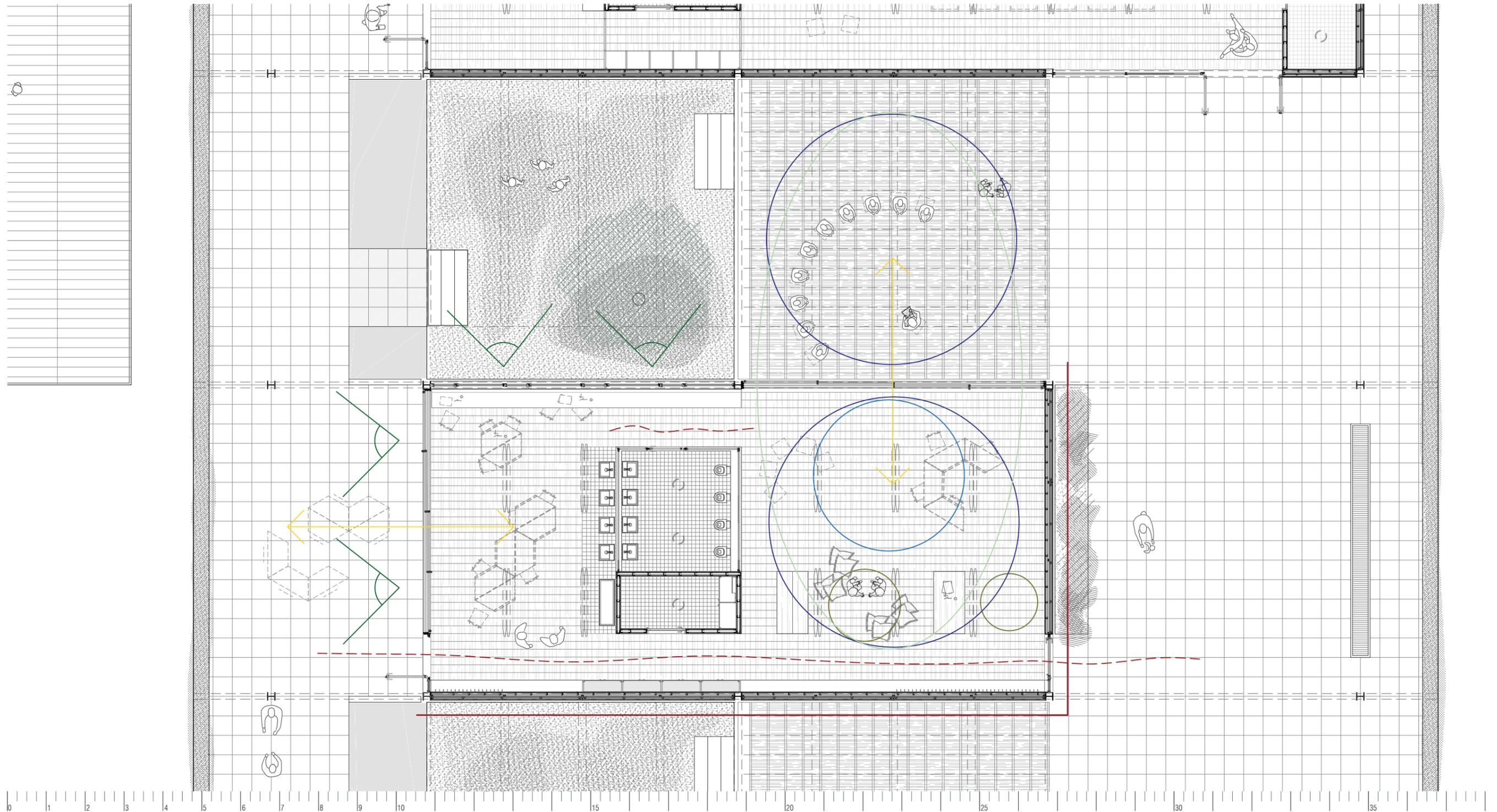
Se proyecta una estancia diáfana con mobiliario móvil, creando así un espacio que se adapta a las necesidades de cada actividad y tamaño del grupo de trabajo. Es una zona donde se dispone un paramento de pizarra, donde enseñar, pero también dibujar y rayar en la pared. Una zona en la que se puede estar sentado en el suelo de madera, grupos grandes o pequeños, leer entre cojines o salir a la gran zona exterior y jugar al aire libre.

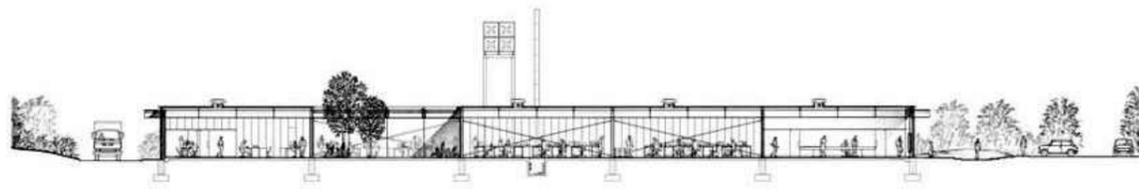
La zona de taller, la cual está comunicada con la anterior pero separada por el núcleo de baños, dividiendo la clase y la sensación de masividad, ya que son 40 alumnos por clase. Este espacio, contiguo a los aseos, dispone de lavabos, útiles para muchos trabajos con la materia.

El núcleo de aseos se dispone como elemento separador de las dos estancias

principales. Se materializa como una caja que contiene los aseos y el trastero, donde también estarán las pequeñas instalaciones que el aula necesita. El baño queda acristalado a partir de 80 cm, permitiendo que esté bien iluminado aún estando en el interior de l aula y permitiendo la visión por parte del profesor o profesores de las dos partes del aula, teniendo un mayor control de la misma.

Para los cerramientos del aula se tiene muy en cuenta el clima en el que se encuentra. Por ello, se proyectan espacios con ventilación cruzada, con grandes ventanas orientadas a Este y Sur, protegidas de la radiación solar directa en épocas calurosas, pero permitiendo las vistas y la entrada de luz, y pequeñas aberturas a Oeste y Norte, con lo que conseguimos unas estancias con una temperatura agradable durante gran parte del año, sin necesidad de un gran apoyo energético.





# La Construcción

Para la construcción de la escuela infantil, se decide trabajar de manera diferente a la del edificio al que se anexa. Se siguen los conceptos, dos planos que contienen el programa elevado a modo de plataforma, pero no los materiales ni las formas.

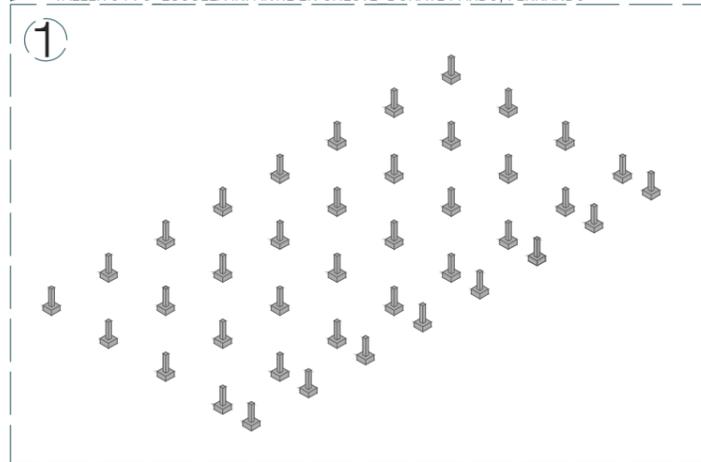
Se apuesta por una construcción industrializada en seco, de montaje en el lugar. Con un plano de suelo más pesado, que realiza la función de basamento, sobre el que se construye de forma más ligera.

Se construye un basamento de hormigón de elementos prefabricados y semi-prefabricados, sobre los que se construye una estructura metálica de uniones atornilladas, pudiendo venir así de fábrica con su acabado final. El plano de cubierta se materializa mediante una cubierta deck, en la que el aislante genera la pendiente, y la impermeabilización genera la mayor parte de la electricidad necesaria en el edificio. Los cerramientos son ligeros, con

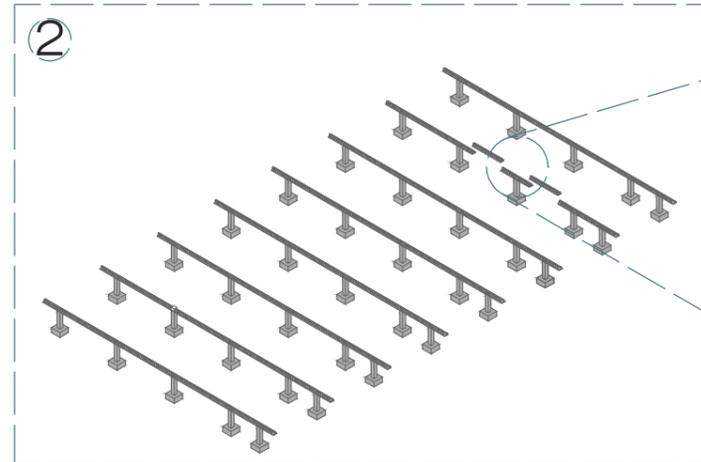
una subestructura interior de perfiles rectangulares cerrados, que transmiten la baja carga del cerramiento a los pilares, y un acabado exterior de chapa de aluminio, que se va plegando, generando una textura diferente y cambiante en los paramentos.

Con una construcción de estas características conseguimos tener un menor impacto, durante la construcción, en el Complejo Educativo de Cheste, que necesita seguir con su actividad. Reducimos los tiempos de construcción, los apeos, difíciles en un terreno irregular como el que se encuentra y mejoramos la calidad de los materiales.

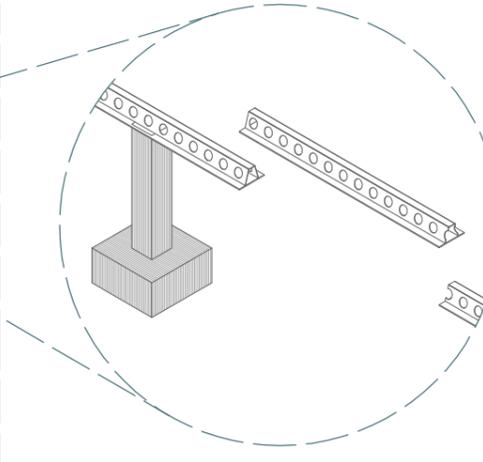
Personalmente, es un tema que me parece muy interesante, donde poder investigar, en un momento ideal para empezar a aprender sobre la construcción en seco.



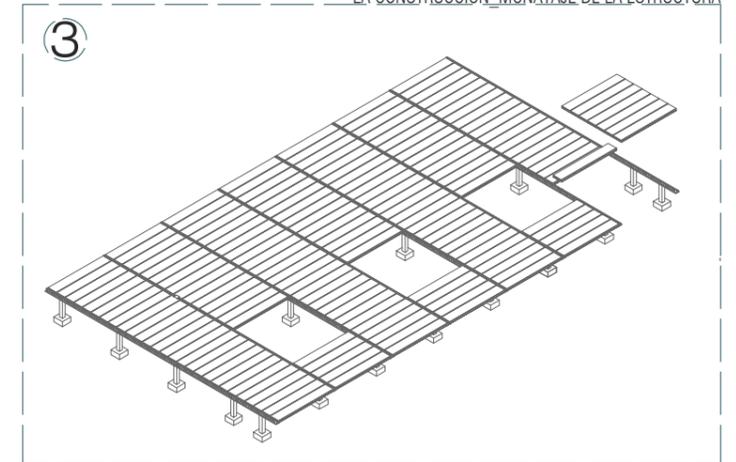
Colocación de la cimentación del edificio. Zapatas cuadradas sobre las que se introducirán los pilares cortos de hormigón prefabricado de 40x40. Las zapatas vendrán preparadas con el cajón metálico para posteriormente encajar los pilares prefabricados de hormigón.



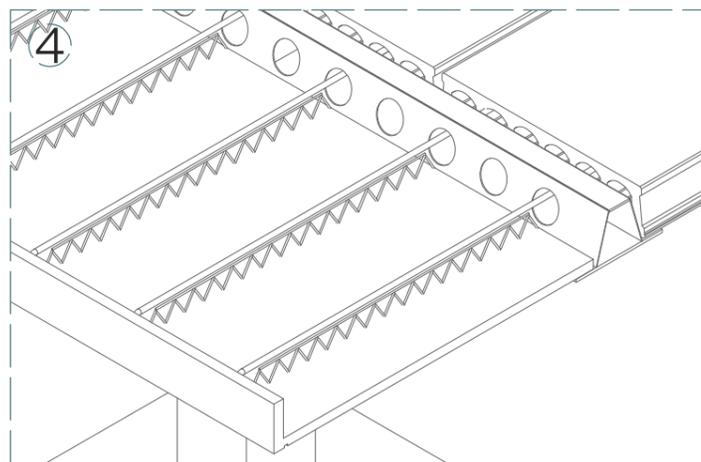
Tras colocar los pilares en las zapatas, se dispondrán las vigas prefabricadas, Deltabeam. Estas vendrán en trozos de 4 y 8 metros, que se unirán en las zonas de momentos nulos, formando una viga en cada pórtico de 32 metros. La unión rígida al pilar inferior y superior se materializará con la disposición de este último, mediante anclaje mecánico.



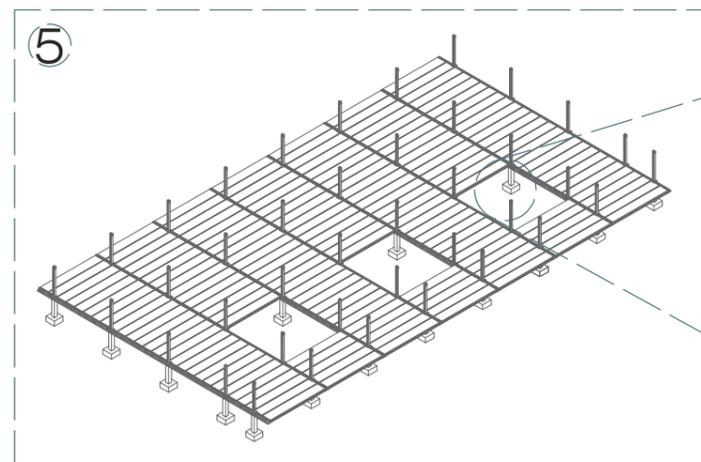
Detalle de la unión de las diferentes partes de la viga Deltabeam.



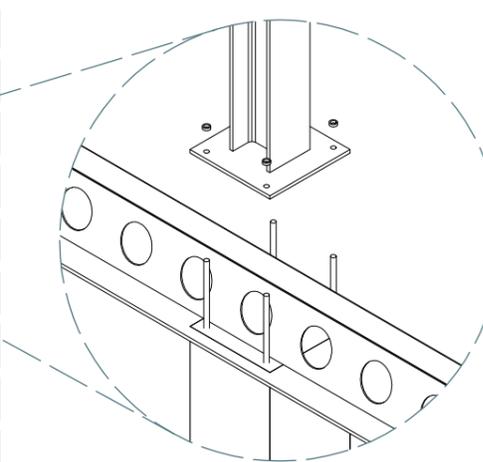
Una vez unidas todas las partes de la viga Deltabeam, se colocarán las placas alveolares, de 25 cm de canto, apoyando sobre éstas. Se colocaran en todo el edificio menos en la zona donde están los patios interiores del edificio.



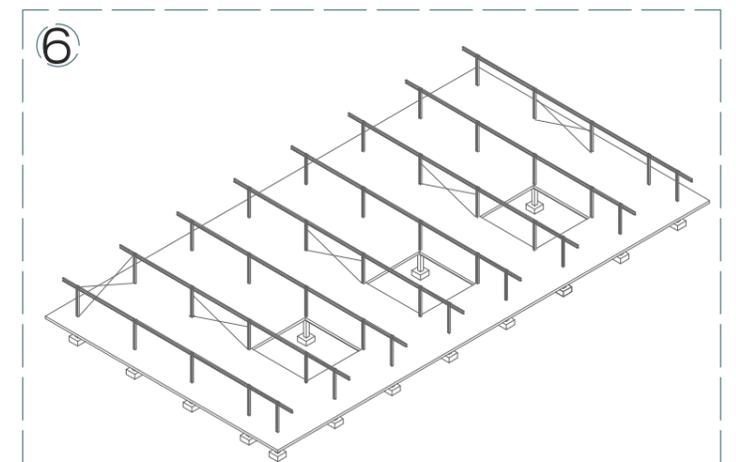
Detalle de la disposición del voladizo semi-prefabricado de Hormipresa. Se puede observar como se introducen en la viga Deltabeam las barras de negativos, generando una buena unión entre el voladizo y el resto del forjado.



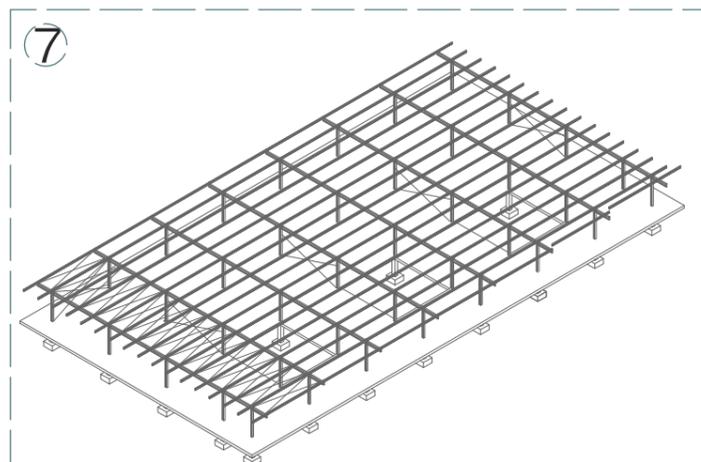
Dispuesto el primer forjado, se colocan los pilares metálicos HEB-200, que sujetaran la cubierta ligera, antes de realizar la capa de compresión. Dichos pilares se unirán mediante un anclaje metálico al pilar de hormigón prefabricado y a la viga Deltabeam, generando una unión rígida entre ellos.



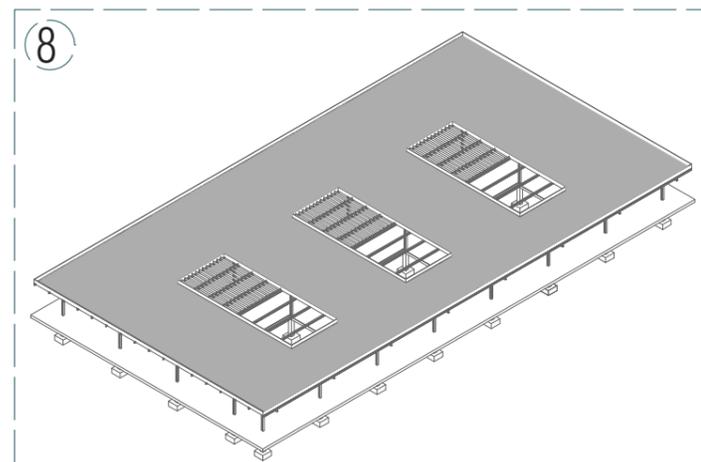
Detalle de la solución de Hormipresa para generar un nudo rígido con el sistema Deltabeam.



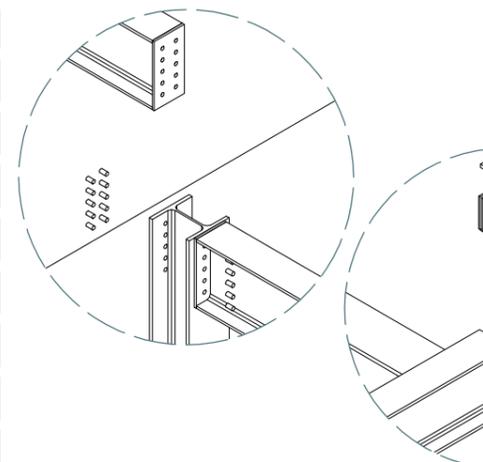
Tras la colocación de los pilares metálicos, se seguirá con el proceso de construcción de la estructura superior del edificio colocando las vigas, IPE-300, de 8 metros. Además se dispondrán cables de acero en forma de cruz de San Andrés para los arriostramientos transversales.



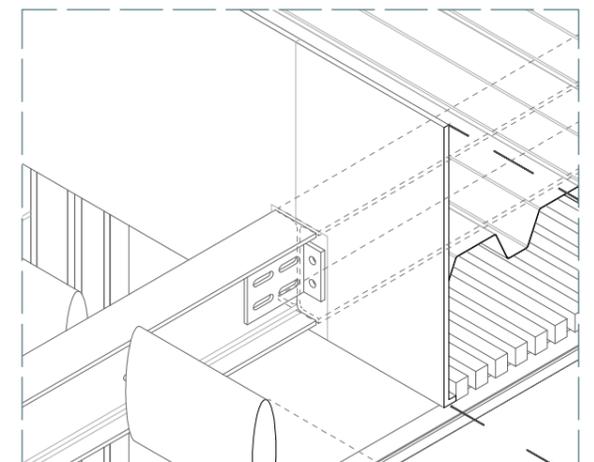
Disposición de las viguetas IPE-200, cada 2 metros. Las viguetas se unen en puntos diferentes, según sean viguetas que pasan por los patios del edificio o viguetas que discurren en toda su longitud bajo cubierta, como se explica en los dos puntos siguientes.



Tras la colocación de las viguetas, se colocarán los perfiles en Z, entre vigueta y vigueta, que cerrarán por encima del nivel de falso techo, las aulas. Después se finalizará la estructura de la cubierta con la chapa grecada INCO 70.4, con la que se ejecutará la solución de cubierta ligera Deck, con las láminas impermeables fotovoltaicas.



Unión mediante tornillos M20 de acero 10.6, para la unión rígida entre los pilares HEB-200 y las vigas IPE-300. Las viguetas que discurren bajo cubierta, vienen de fabrica con una dimensión de 8 m, y se unen en obra con una unión rígida vigueta-vigueta mediante tornillos. Dicha unión se materializa en el apoyo con el perfil rectangular cerrado sobre la viga IPE-300.



La unión de las viguetas en los patios de las aulas se hace mediante una unión articulada, que además, permite el libre movimiento en el eje longitudinal de la viga que está expuesta al ambiente exterior, permitiendo las mayores dilataciones de ésta al no estar protegida por la cubierta. La unión se efectuará con la chapa de remate de cubierta entre las dos viguetas.





**CERRAMIENTO**  
 -CE1: Chapa metálica IncoBends Letezl de 1mm de espesor de diferentes medidas y acabados. color: azul Baracitado, azul cielo y blanco Ostra  
 -CE2: Chapa metálica IncoPerfil 30.4 de 0,5 mm de espesor.  
 -CE3: Subestructura metálica de perfiles rectangulares cerrados 40.40.1  
 -CE4: Aislante térmico Rockwool de 6 cm.  
 -CE5: Perfiles para sujeción de paneles de cartón-yeso. 46 mm.  
 -CE6: Aislante térmico Rockwool de 4 cm.  
 -CE7: Doble panel de cartón-yeso de 30 mm. ( 2x15mm)  
 -CE8: Acabado superficial. ( corcho/panel de virutas/ pizarra )

**TABIQUES**  
 -TA1: Doble panel de cartón yeso 30mm.  
 -TA2: Estructura para paneles de cartón-yeso de 70mm.  
 -TA3: Alicatado cerámico. 10x5 cm. (secos)  
 -AC3: Acabado con pintura de color.

**ACABADOS DE LAS PAREDES DEL AULA**  
 -AC1: Corcho natural adhesivo para paredes.  
 -AC2: Tablero de DM, acabado haya en chapa natural  
 -AC3: Pintura de color sobre panel de cartón yeso, en núcleos húmedos  
 -AC4: Panel de pizarra  
 -AC5: Panel DM hidrófugo para zonas húmedas.  
 -AC6: Baldosa cerámica para baños. Colores blanco y azul.

**PAVIMENTOS**  
 -PA1: Baldosa pétreo para exterior de 50x50 cm. sobre soporte telescópico. Separación entre baldosas de 5 mm.  
 -PA2: Tarima flotante de 18 mm, con acabado de madera natural de roble.  
 -PA3: Baldosa cerámica de 10x10cm para zonas húmedas sobre mortero de aguar.  
 -PA4: Suelo flotante de madera de Teka para exteriores, dispuesto sobre soportes telescópicos.

**CARPINTERIAS**  
 -CA1: Carpintería metálica Soleal(Technal) de aluminio de 4 hojas correderas con rotura de puente térmico.  
 -CA2: Carpintería metálica Soleal(Technal) de aluminio con rotura de puente térmico. Con fijo superior, lateral y una hoja abatible.  
 -CA3: Carpintería metálica Soleal(Technal) de aluminio con rotura de puente térmico abatible.

**FORIADO INF. ( Aulas )**  
 -FO1: Placa alveolar de 25x120 cm. de 7.8m.  
 -FO2: Capa de compresión de 5cm con malla electrosoldada de 150x150mm.  
 -FO3: Aislante térmico Rockwool de 7 cm.  
 -FO4: Hormigón celular para alcanzar el nivel exterior.  
 -FO5: Manta eléctrica de filamentos de carbono con espesor de 1,2 mm para calefacción radiante.  
 -FO6: Hormigón autonivelante 3 cm.  
 -PA2: Acabado con tarima flotante.

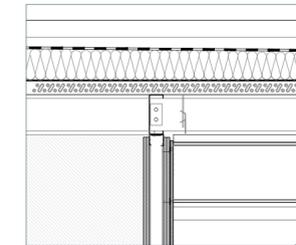
**CUBIERTA DECK**  
 -CU1: Lamina sintética impermeabilizante con módulos fotovoltaicos integrados fijada mecánicamente (fijación cada 25cm).  
 -CU2: Panel de doble densidad de lana de roca desnudo fijado mecánicamente. 10cm.  
 -CU3: Barrera corta-vapor.  
 -CU4: Trapecio de doble densidad de lana de roca desnudo. (absorción acústica). Solo en zonas interiores.  
 -CUS: Chapa grecada Inco 70.4

**PERFILES ESTRUCTURALES**  
 -HEB-200: Soportes  
 -IPE-300: Viga metálica.  
 -IPE-200: Vigüeta metálica

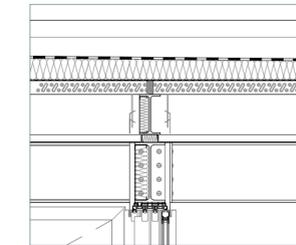
**PERFILES NO ESTRUCTURALES**  
 -PRF1: Perfil rectangular cerrado, para apoyo del IPE-200 y generación del encuentro del falso techo.  
 -PRF2: Perfil en Z laminado en frío, para cierre térmico de las aulas.

**FALSO TECHO**  
 -FT1: Falso techo de bandejas de aluminio, de 15 cm de ancho. (int)  
 -FT2: Falso techo de bandejas de aluminio, de 5 cm de ancho. (ext)

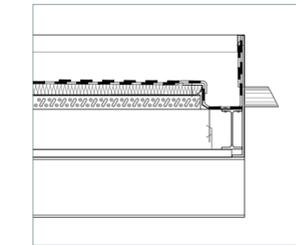
**ILUMINACIÓN**  
 -IL1: Luminaria doble suspendida con emisión difusa, modelo iSign de Guzzini. (int)  
 -FT2: Luminaria embebida en el falso techo metálico. (ext)



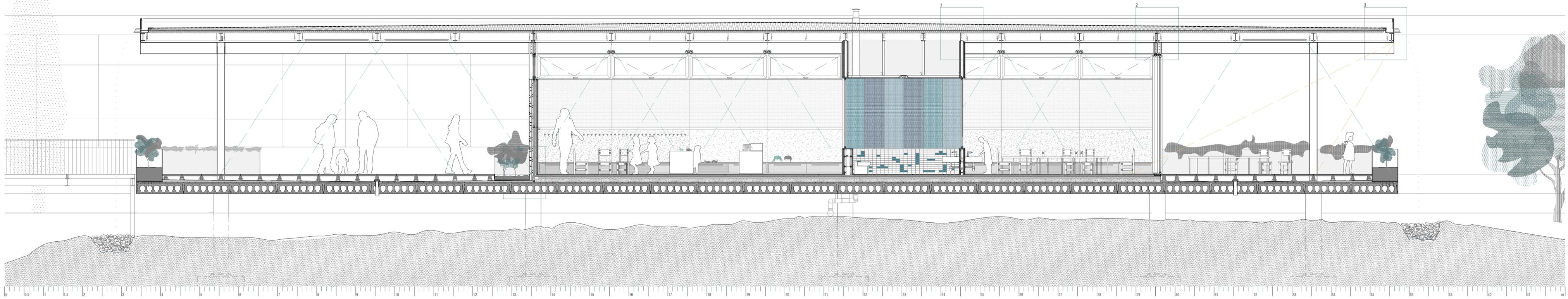
1. Encuentro paramento de baño con forjado de cubierta



2. Encuentro de paramento o carpintería con estructura.



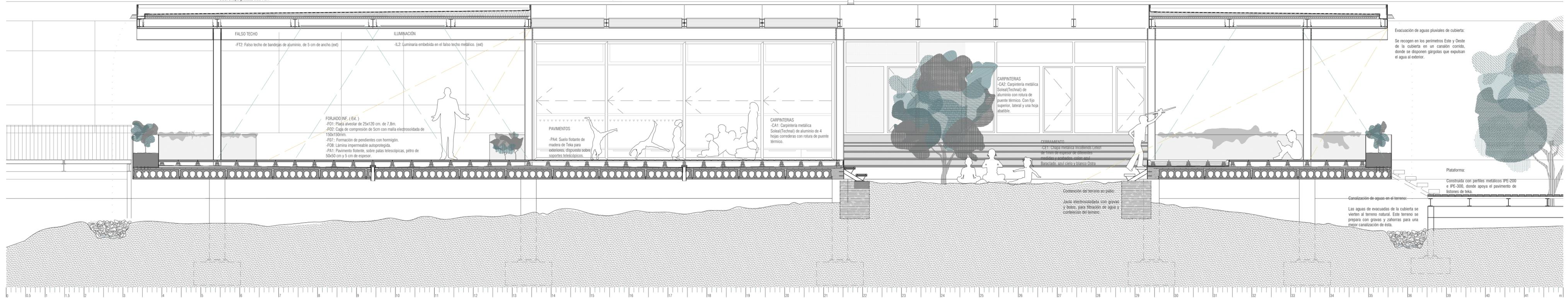
3. Canalón y vierteaguas en cubierta





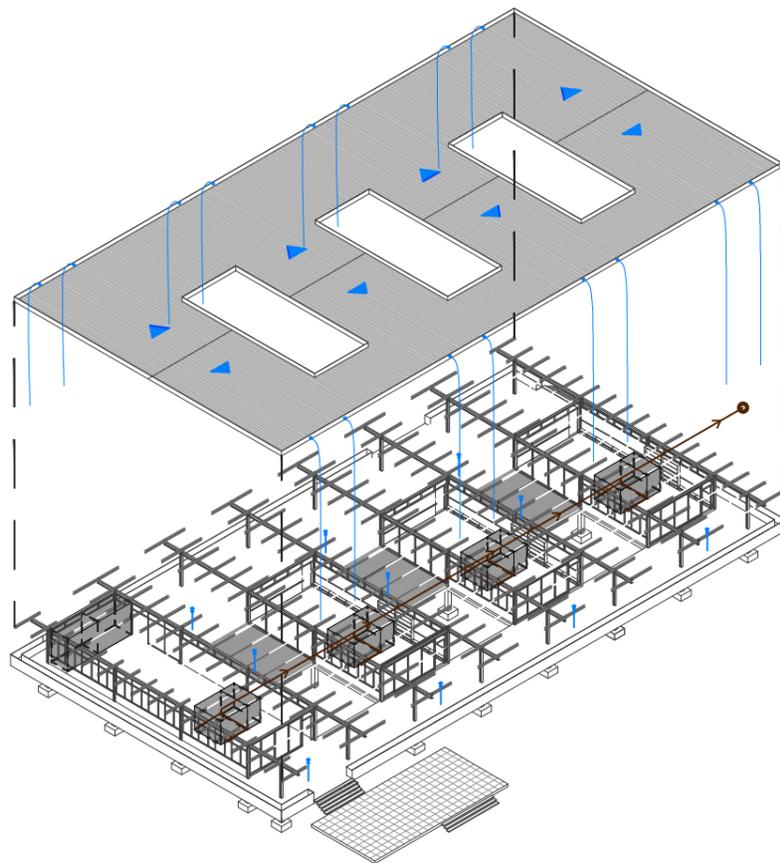
**CUBIERTA DECK**  
 -CU1: Lamina sintetica impermeabilizante con modulos fotovoltaicos integrados fijada mecanicamente (fijacion cada 25cm).  
 -CU2: Panel de doble densidad de lana de roca desnudo fijado mecanicamente 10cm.  
 -CU3: Barrera corta-vapor.  
 -CU4: Trapecio de doble densidad de lana de roca desnudo (absorcion acustica). Solo en zonas interiores.  
 -CU5: Chapa gredada Inco 70.4

**Protección Solar:**  
 Se disponen lamas de aluminio, de 2 metros de largo y 25 cm. de canto, para protección solar en la zona de aula exterior. Se colocan ancladas a los IPE-200 que atraviesan el patio.



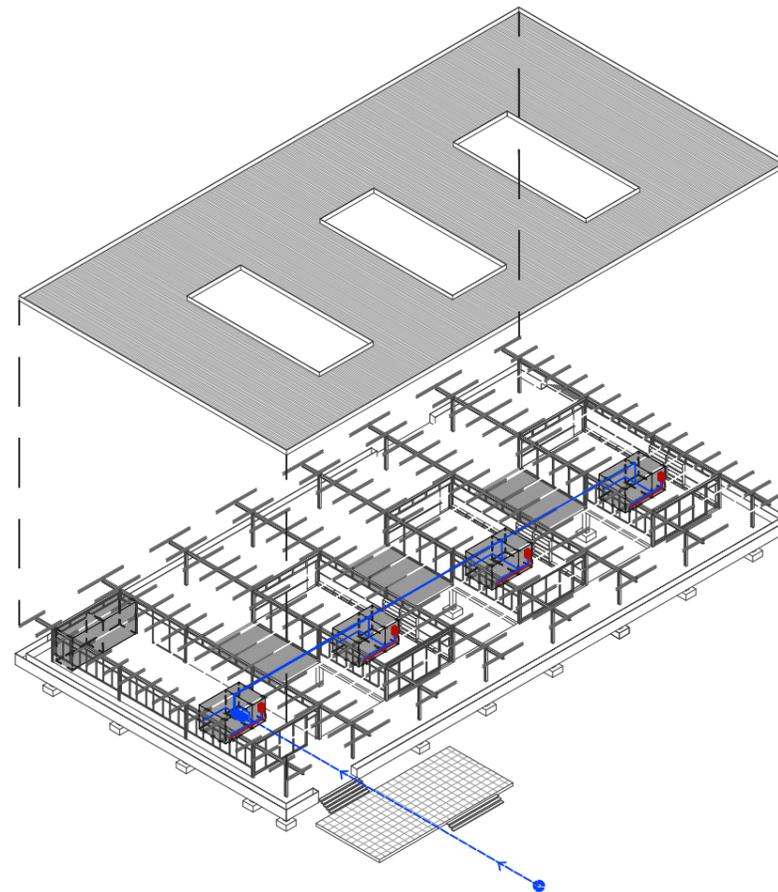


Saneamiento\_Pluviales+Residuales



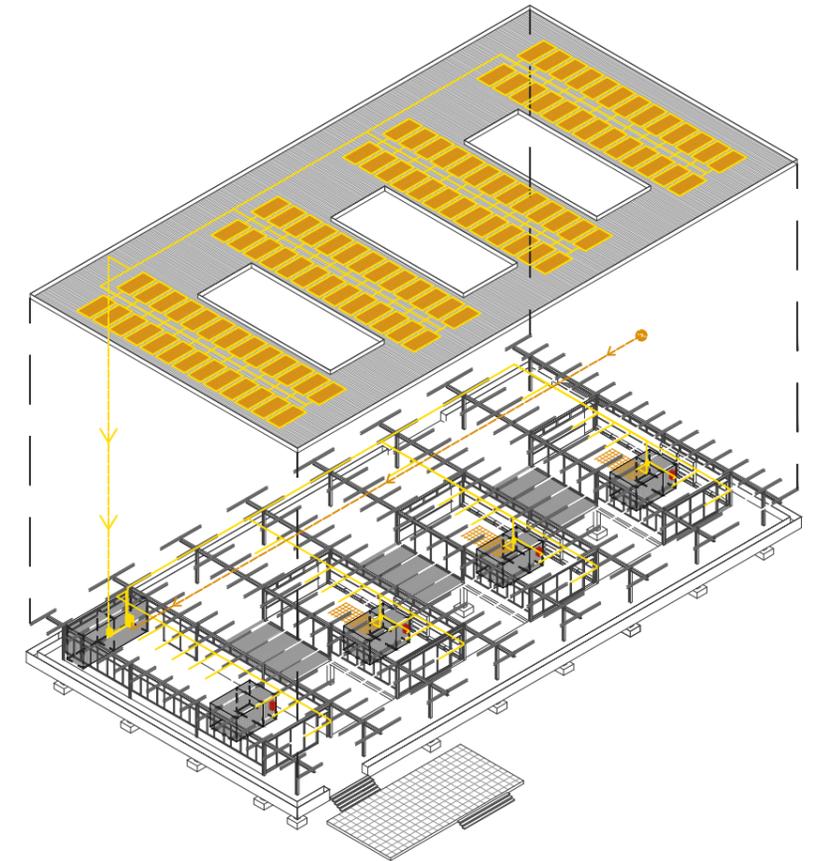
Las aguas pluviales del edificio no disponen de instalación de tuberías por el interior del edificio. En cubierta se recogen en un canal a ambos lados de la ésta y directamente mediante gárgolas el agua se evacua del edificio al terreno natural que le rodea. En el forjado se disponen unos sumideros, bajo el pavimento elevado, que desaguan directamente al terreno, la poca agua que puede caer en él.  
Las aguas residuales se canalizan por una tubería debajo del forjado hasta la plaza donde se dispone la tubería principal.

Agua fría + Agua Caliente Sanitaria

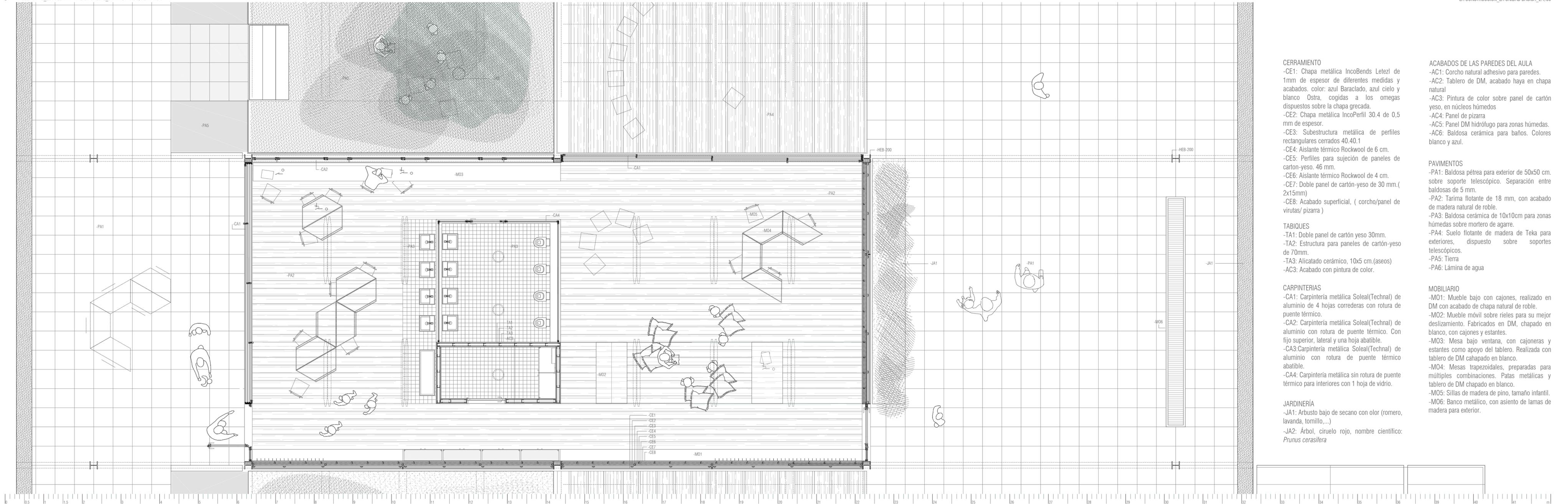


La instalación de AF se distribuye desde el núcleo de instalaciones de la sala multiusos, donde se disponen los accesorios principales de la misma, y se distribuye por la la vigueta de cubierta que recorre el edificio, pinchando en el núcleo de cada aula. El agua caliente sanitaria se genera de manera individualizada en cada clase, mediante un pequeño termo eléctrico, para así mejorar la eficiencia y no tener grandes pérdidas, puesto que, las tuberías serían de gran recorrido por lugares no climatizados. Los termos eléctricos están abastecidos totalmente mediante la energía renovable eléctrica que obtenemos de las láminas fotovoltaicas.

Electricidad



La instalación eléctrica se abastece de la red general y ,además, y en su mayor parte, por las láminas impermeables fotovoltaicas de la cubierta. El cuarto para la instalación eléctrica se dispone en el almacén de la sala multiusos, desde donde se distribuye por el falso techo del edificio. En dirección perpendicular a las viguetas discurre por las aberturas que deja la chapa grecada de 7 cm de altura, por donde llega hasta las aulas. La instalación eléctrica renovable abastece la demanda eléctrica del termo eléctrico y de la calefacción radiante eléctrica de hilos de carbono de cada clase, auto-abasteciéndose eléctricamente, en gran medida.



**CERRAMIENTO**

- CE1: Chapa metálica IncoBends Letezl de 1mm de espesor de diferentes medidas y acabados. color: azul Baraclado, azul cielo y blanco Ostra, cogidas a los omegas dispuestos sobre la chapa grecada.
- CE2: Chapa metálica IncoPerfil 30.4 de 0,5 mm de espesor.
- CE3: Subestructura metálica de perfiles rectangulares cerrados 40.40.1
- CE4: Aislante térmico Rockwool de 6 cm.
- CE5: Perfiles para sujeción de paneles de carton-yeso. 46 mm.
- CE6: Aislante térmico Rockwool de 4 cm.
- CE7: Doble panel de cartón-yeso de 30 mm. ( 2x15mm)
- CE8: Acabado superficial, ( corcho/panel de virutas/ pizarra )

**TABIQUEOS**

- TA1: Doble panel de cartón yeso 30mm.
- TA2: Estructura para paneles de cartón-yeso de 70mm.
- TA3: Alicatado cerámico, 10x5 cm.(aseos)
- AC3: Acabado con pintura de color.

**CARPINTERIAS**

- CA1: Carpintería metálica Soreal(Technal) de aluminio de 4 hojas correderas con rotura de puente térmico.
- CA2: Carpintería metálica Soreal(Technal) de aluminio con rotura de puente térmico. Con fijo superior, lateral y una hoja abatible.
- CA3: Carpintería metálica Soreal(Technal) de aluminio con rotura de puente térmico abatible.
- CA4: Carpintería metálica sin rotura de puente térmico para interiores con 1 hoja de vidrio.

**JARDINERÍA**

- JA1: Arbusto bajo de secoano con olor (romero, lavanda, tomillo,...)
- JA2: Árbol, ciruelo rojo, nombre científico: *Prunus cerasifera*

**ACABADOS DE LAS PAREDES DEL AULA**

- AC1: Corcho natural adhesivo para paredes.
- AC2: Tablero de DM, acabado haya en chapa natural
- AC3: Pintura de color sobre panel de cartón yeso, en núcleos húmedos
- AC4: Panel de pizarra
- AC5: Panel DM hidrófugo para zonas húmedas.
- AC6: Baldosa cerámica para baños. Colores blanco y azul.

**PAVIMENTOS**

- PA1: Baldosa pétreo para exterior de 50x50 cm. sobre soporte telescópico. Separación entre baldosas de 5 mm.
- PA2: Tarima flotante de 18 mm, con acabado de madera natural de roble.
- PA3: Baldosa cerámica de 10x10cm para zonas húmedas sobre mortero de agarre.
- PA4: Suelo flotante de madera de Teka para exteriores, dispuesto sobre soportes telescópicos.
- PA5: Tierra
- PA6: Lámina de agua

**MOBILIARIO**

- M01: Mueble bajo con cajones, realizado en DM con acabado de chapa natural de roble.
- M02: Mueble móvil sobre rieles para su mejor deslizamiento. Fabricados en DM, chapado en blanco, con cajones y estantes.
- M03: Mesa bajo ventana, con cajonera y estantes como apoyo del tablero. Realizada con tablero de DM chapado en blanco.
- M04: Mesas trapezoidales, preparadas para múltiples combinaciones. Patas metálicas y tablero de DM chapado en blanco.
- M05: Sillas de madera de pino, tamaño infantil.
- M06: Banco metálico, con asiento de lamas de madera para exterior.

**M**emoria **T**écnica

Cálculo Estructural\_DB-SE

Instalaciones

**C**álculo **E**structural \_ DB-SE

# 1. Memoria Constructiva

## 1.0 Introducción

En las siguientes líneas se va describir la estructura portante del edificio, la cual, adquiere una gran importancia en el proyecto del edificio.

Para proyectar la estructura se ha partido del edificio pre-existente de Fernando Moreno Barberá como punto inicial, al partir del cual, se genera la modulación y la geometría principal del edificio, un primer plano de suelo elevado y un plano de cubierta, los cuales se perforan creando diferentes ambientes y espacios, recordando edificios como el Crown Hall de IIT de Chicago o la Casa Farnsworth, de Mies Van der Rohe.

Manteniendo dichas premisas, se ha optado por construir el edificio de forma industrializada, con elementos industrializados de construcción en seco. Haciendo así más rápido el proceso constructivo y reduciendo la maquinaria utilizar en obra y obteniendo una mejor adaptación a la época actual de construcción.

## 1.1 Sustentación del edificio y elementos de adecuación del terreno

### 1.1.1 Movimiento de Tierras

Como proceso inicial para poder realizar el replanteo y ejecución de la cimentación, se preparará el terreno: eliminando matorrales, replantando árboles y nivelando el terreno.

El movimiento de tierras que se ha de efectuar no perjudica ninguna edificación existente, ya que, no existe ninguna edificación colindante. Los movimientos de tierra a efectuar serán: creación de pozos para alojar la cimentación con las cotas y medidas descritas en los planos de cimentación y elevación del terreno en los puntos marcados para la formación de los patios.

### 1.1.2 Cimentación

La cimentación del edificio se realiza mediante zapatas cuadradas de hormigón con un sistema de unión hiperestático, diseñado por Hormipresa, entre la zapata y el pilar de hormigón prefabricado mediante un cajón de encajamiento de chapa grecada, que racionaliza el empotramiento. Las zapatas irán arriostradas por una viga riostra en todo el perímetro del edificio.

Todas las zapatas irán con hormigón HA-25/B/20/IIa. Las dimensiones, armados y cotas se disponen en los planos de cimentación.

## 1.2 Sistema estructural

### 1.2.1 Estructura Vertical

La estructura vertical se divide en dos partes:

- A cota +0: Pilares de hormigón armado prefabricados de 40x40 cm. Los cuales llevan un grecado en la parte inferior para colaborar mejor en la unión con la zapata que dispone el cajón de chapa grecada.

- A cota +1: Pilares HEB-200, que sostienen la cubierta ligera del edificio, con anclaje mecánico a la viga mixta Deltabeam D-26 y al pilar de hormigón prefabricado.

Los parámetros que han determinado los aspectos técnicos han sido los relacionados con: su capacidad portante, la resistencia estructural de todos sus elementos, secciones, uniones y estabilidad global del edificio; y en relación a las condiciones de servicio, el control de deformaciones; determinados por los documentos básicos DB-SE, de Bases de Cálculo, DB-SI-6, de Resistencia al fuego de la estructura y la Norma EHE, de Hormigón Estructural.

Los pilares de hormigón prefabricado serán de hormigón HA-35/B/20/IIb. Las dimensiones y armados se disponen en los planos correspondientes

Los perfiles metálicos serán de acero S-275. Las dimensiones y direcciones se disponen en los planos correspondientes.

### 1.2.2 Estructura Horizontal

La estructura horizontal se divide en dos partes:

- Forjado 1:

La solución adoptada para el forjado donde van a discurrir la actividad docente y va a tener unas mayores cargas tanto permanentes como de uso es de vigas mixtas, de acero y hormigón, y losas alveolares dispuestas entre éstas, cubriendo una luz de 8 m.

Las vigas mixtas son una solución de Hormipresa, que las denomina Deltabeam. Ésta es una jácena de cajón de acero alveolada que se hormigona in situ durante la construcción, paralelamente a las uniones de las placas alveolares. Es una solución de viga mixta auto portante que no necesita ninguna protección adicional contra el fuego, ya que, las barras corrugadas colocadas de fábrica en el interior de la Deltabeam colaboran en la resistencia de la estructura en caso de incendio. Además, esta solución permite generar fácilmente vuelos fácilmente no solo en la dirección de las vigas, si no, también en la dirección perpendicular mediante una solución de losa semiprefabricada, permitiendo construir dichos vuelos y la lectura de plano horizontal.

La viga Deltabeam D-26 será de acero S-355 y la armadura de refuerzo en caso de ser necesaria del tipo B\_500-S. Las dimensiones, disposición y montaje se especifica en los planos correspondientes.

Las placas alveolares son de hormigón HP-50 de 25 cm. de canto con 5 cm. de capa de reparto de hormigón HA-25 con malla electrosoldada. Dimensión y disposición en planos de estructura.

- Cubierta:

La cubierta está formada por IPE-300 como elementos de primer orden, anclados por tornillos a los pilares HEB-200 con una unión rígida. Como elementos de segundo orden se disponen encima de los IPE-300 unos IPE-240 de 8 m. de longitud dispuestos cada 2 m. Los IPE-240 que se disponen en los patios del edificio y la ausencia de cubierta les hace estar más expuestos a los cambios de temperatura, la unión entre ellos se realiza dejando una holgura, para permitir la dilatación del perfil y evitar esfuerzos térmicos adicionales, con tornillos.

Los parámetros que han determinado los aspectos técnicos han sido los relacionados con: su capacidad portante, la resistencia estructural de todos sus elementos, secciones, uniones y estabilidad global del edificio; y en relación a las condiciones de servicio, el control de deformaciones; determinados por los documentos básicos DB-SE, de Bases de Cálculo, DB-SI-6, de Resistencia al fuego de la estructura y la Norma EFHE, instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados.

Las vigas IPE-300 y viguetas IPE-240 serán de acero S-275 y los tornillos de acero 10.9. La disposición, medidas, dirección y detalle de los nudos se especifican en planos.

### 1.2.3 Arriostramientos

En el sistema de arriostramientos frente a esfuerzos horizontales se disponen cruces de San Andrés materializadas por cable de acero. Éstos se disponen en la cubierta en el vano sur del edificio de Este a Oeste y verticalmente entre los pilares HEB-200 donde se dispone cerramiento opaco como se indica en el plano estructural. De esta manera reducimos notablemente los desplazamientos horizontales del edificio.

## 2. Cálculo de la Estructura y Cumplimiento del CTE

Vamos a proceder a la justificación del cumplimiento del CTE A continuación se enumeran los documentos básicos del Código Técnico de la Edificación que son aplicables al presente proyecto y se justifica su cumplimiento.

DB-SE: Bases de cálculo.

DB-SE-AE: Acciones en la edificación

DB-SE-C, Cimientos

DB-SE-A, Acero

EFHE, Forjados unidireccionales de hormigón prefabricado

DB-SI, Seguridad frente al fuego

### 2.1 Cumplimiento del DB-SE, Seguridad Estructural

Tal y como se establece en el DB, la estructura se ha analizado y dimensionado tanto frente a Estados Límite Últimos como frente a Estados Límite de Servicio. De esta forma se garantiza que el edificio cumple con todos los requisitos estructurales para los que ha sido concebido, no solo a nivel de estabilidad y seguridad, sino también de confort de los usuarios, funcionamiento y apariencia de la construcción.

#### 2.1.1.- SE-1. Resistencia y estabilidad.

Para asegurar el requisito básico de dotar de una resistencia y estabilidad adecuadas se ha calculado la estructura frente a Estados Límites Últimos que de ser superado suponen un riesgo para las personas ya sea porque el edificio queda fuera de servicio o porque se produce su colapso total o parcial.

Los Estados Límite Últimos que se han considerado de acuerdo con el DB-SE 3.2.1 son:

- Los debidos a una pérdida del equilibrio del edificio, o de una parte estructuralmente independiente, considerado como un cuerpo rígido;
- Los debidos a un fallo por deformación excesiva, transformación de la estructura o de parte de ella en un mecanismo, rotura de sus elementos estructurales (incluidos los apoyos y la cimentación) o de sus uniones, o inestabilidad de elementos estructurales incluyendo los originados por efectos dependientes del tiempo y agentes externos (corrosión, fatiga, etc.).

Las verificaciones de los ELU que se han realizado y que aseguran la capacidad portante de la estructura se establecen en el punto 4.2 del DB y son las siguientes:

- Se ha comprobado que el valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras ( $E_{d,dst}$ ) es inferior al valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras ( $E_{d,stab}$ ).
- Se ha comprobado que para todas las situaciones de dimensionado pertinentes el valor de cálculo del efecto de las acciones ( $E_d$ ) es inferior al valor de cálculo de la resistencia correspondiente ( $R_d$ ).

#### 2.1.2.- SE-2. Aptitud al servicio

Para asegurar el requisito básico de dotar al edificio de una estructura que permita su buen uso, esta se ha calculado frente a Estados Límites de Servicio que son los que, en caso de ser superados, afectan al confort y bienestar de los usuarios o terceras personas, al buen funcionamiento del edificio o a la apariencia de la construcción.

Los Estados Límite de Servicio que se han considerado de acuerdo con el DBSE 3.2.2 son:

- Las deformaciones (flechas, asientos o desplomes) que afecten a la apariencia de la obra, al confort de usuarios o al funcionamiento de equipos e instalaciones.
- Las vibraciones que causan una falta de confort de las personas, o que afectan a la funcionalidad de la obra.
- Los daños o el deterioro que pueden afectar desfavorablemente a la apariencia, a la durabilidad o a la funcionalidad de la obra.

Se ha comprobado que el comportamiento es el adecuado ya que para las situaciones de dimensionado pertinentes, el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido en el punto 4.3 del DB-SE.

### 2.1.3.- Hipótesis de cálculo

Las hipótesis consideradas para el cálculo de la estructura son las siguientes:

- HIP 01 -> Peso propio
- HIP 02 -> Sobrecarga de uso
- HIP 03 -> Sobrecarga de nieve
- HIP 04 -> Viento de presión
- HIP 05 -> Viento Sur – Norte
- HIP 06 -> Viento Este – Oeste
- HIP 07 -> Viento de succión
- HIP 08 -> Viento de marquesina (succión)

En cuanto a la dirección del viento se consideran sólo las direcciones Sur -> Norte y Este -> Oeste, ya que, sus opuestas darían información repetida por la geometría volumétrica del edificio.

### 2.1.4 Combinación de Hipótesis de cálculo

Para Estados Límites Últimos, según las distintas situaciones contempladas de proyecto, las combinaciones de acciones según el criterio que se define el CTE-DE-SE resultantes son:

Combinaciones con viento de presión sobre la cubierta y dirección Sur->Norte:

- ELU 1 (USO):  $(1,35 \times \text{Peso propio}) + (1,50 \times \text{Uso}) + (0,75 \times \text{Nieve}) + (0,90 \times \text{Viento}) + (0,90 \times \text{Viento NS})$
- ELU 3 (NIEVE):  $(1,35 \times \text{Peso propio}) + (1,05 \times \text{Uso}) + (1,50 \times \text{Nieve}) + (0,90 \times \text{Viento}) + (0,90 \times \text{Viento NS})$
- ELU 6 (VIENTO):  $(1,35 \times \text{Peso propio}) + (1,05 \times \text{Uso}) + (0,75 \times \text{Nieve}) + (1,50 \times \text{Viento}) + (1,50 \times \text{Viento NS})$

Combinaciones con viento de presión sobre la cubierta y dirección Este->Oeste:

- ELU 2 (USO):  $(1,35 \times \text{Peso propio}) + (1,50 \times \text{Uso}) + (0,75 \times \text{Nieve}) + (0,90 \times \text{Viento}) + (0,90 \times \text{Viento EO})$
- ELU 4 (NIEVE):  $(1,35 \times \text{Peso propio}) + (1,05 \times \text{Uso}) + (1,50 \times \text{Nieve}) + (0,90 \times \text{Viento}) + (0,90 \times \text{Viento EO})$
- ELU 5 (VIENTO):  $(1,35 \times \text{Peso propio}) + (1,05 \times \text{Uso}) + (0,75 \times \text{Nieve}) + (1,50 \times \text{Viento}) + (1,50 \times \text{Viento EO})$

Combinaciones con viento de succión sobre la cubierta y dirección Sur->Norte y Este->Oeste. Sólo para la comprobación de levantamiento de la cubierta ligera por succión del viento, en las que las cargas por pesos propios y sobrecargas de uso y nieve son favorables.

- ELU 7 (VIENTO SUR):  $(0,80 \times \text{Peso propio}) + (0,00 \times \text{Uso}) + (0,00 \times \text{Nieve}) + (1,50 \times \text{Viento NS}) + (1,50 \times \text{Viento SUC}) + (1,50 \times \text{Viento MARQUESINA})$
- ELU 8 (VIENTO ESTE):  $(0,80 \times \text{Peso propio}) + (0,00 \times \text{Uso}) + (0,00 \times \text{Nieve}) + (1,50 \times \text{Viento EO}) + (1,50 \times \text{Viento SUC}) + (1,50 \times \text{Viento MARQUESINA})$

Para Estados Límites de Servicio, según las distintas situaciones contempladas de proyecto, las combinaciones de acciones según el criterio que se define el CTE-DE-SE resultantes son:

-Características:

Combinaciones con viento de presión sobre la cubierta y dirección Sur->Norte:

- ELS 1 (USO):  $(1,00 \times \text{Peso propio}) + (1,00 \times \text{Uso}) + (0,50 \times \text{Nieve}) + (0,60 \times \text{Viento}) + (0,60 \times \text{Viento NS})$
- ELS 3 (NIEVE):  $(1,00 \times \text{Peso propio}) + (0,70 \times \text{Uso}) + (1,00 \times \text{Nieve}) + (0,60 \times \text{Viento}) + (0,60 \times \text{Viento NS})$
- ELS 6 (VIENTO):  $(1,00 \times \text{Peso propio}) + (0,70 \times \text{Uso}) + (0,50 \times \text{Nieve}) + (1,00 \times \text{Viento}) + (1,00 \times \text{Viento NS})$

Combinaciones con viento de presión sobre la cubierta y dirección Este->Oeste:

- ELS 2 (USO):  $(1,00 \times \text{Peso propio}) + (1,00 \times \text{Uso}) + (0,50 \times \text{Nieve}) + (0,60 \times \text{Viento}) + (0,60 \times \text{Viento EO})$
- ELS 4 (NIEVE):  $(1,00 \times \text{Peso propio}) + (0,70 \times \text{Uso}) + (1,00 \times \text{Nieve}) + (0,60 \times \text{Viento}) + (0,60 \times \text{Viento EO})$
- ELS 5 (VIENTO):  $(1,00 \times \text{Peso propio}) + (0,70 \times \text{Uso}) + (0,70 \times \text{Nieve}) + (1,00 \times \text{Viento}) + (1,00 \times \text{Viento EO})$

Combinaciones con viento de succión sobre la cubierta y dirección Sur->Norte y Este->Oeste. Sólo para la comprobación de levantamiento de la cubierta ligera por succión del viento, en las que las cargas por pesos propios y sobrecargas de uso y nieve son favorables.

- ELS 7 (VIENTO SUR):  $(0,90 \times \text{Peso propio}) + (0,00 \times \text{Uso}) + (0,00 \times \text{Nieve}) + (1,00 \times \text{Viento NS}) + (1,00 \times \text{Viento SUC}) + (1,00 \times \text{Viento MARQUESINA})$
- ELS 8 (VIENTO ESTE):  $(0,90 \times \text{Peso propio}) + (0,00 \times \text{Uso}) + (0,00 \times \text{Nieve}) + (1,00 \times \text{Viento EO}) + (1,00 \times \text{Viento SUC}) + (1,00 \times \text{Viento MARQUESINA})$

-Frecuentes:

Combinaciones con viento de presión sobre la cubierta y dirección Sur->Norte:

- ELS 9 (USO):  $(1,00 \times \text{Peso propio}) + (0,70 \times \text{Uso}) + (0,00 \times \text{Nieve}) + (0,00 \times \text{Viento NS}) + (0,00 \times \text{Viento})$
- ELS 15 (NIEVE):  $(1,00 \times \text{Peso propio}) + (0,60 \times \text{Uso}) + (0,20 \times \text{Nieve}) + (0,00 \times \text{Viento}) + (0,00 \times \text{Viento EO})$
- ELS 12 (VIENTO):  $(1,00 \times \text{Peso propio}) + (0,60 \times \text{Uso}) + (0,00 \times \text{Nieve}) + (0,50 \times \text{Viento}) + (0,50 \times \text{Viento NS})$

Combinaciones con viento de presión sobre la cubierta y dirección Este->Oeste:

- ELS 17 (USO):  $(1,00 \times \text{Peso propio}) + (0,70 \times \text{Uso}) + (0,00 \times \text{Nieve}) + (0,00 \times \text{Viento EO})$
- ELS 14 (NIEVE):  $(1,00 \times \text{Peso propio}) + (0,60 \times \text{Uso}) + (0,20 \times \text{Nieve}) + (0,00 \times \text{Viento}) + (0,00 \times \text{Viento EO})$
- ELS 13 (VIENTO):  $(1,00 \times \text{Peso propio}) + (0,60 \times \text{Uso}) + (0,00 \times \text{Nieve}) + (0,50 \times \text{Viento}) + (0,50 \times \text{Viento EO})$

Combinaciones con viento de succión sobre la cubierta y dirección Sur->Norte y Este->Oeste. Sólo para la comprobación de levantamiento de la cubierta ligera por succión del viento, en las que las cargas por pesos propios y sobrecargas de uso y nieve son favorables.

- ELS 11 (VIENTO SUR):  $(0,90 \times \text{Peso propio}) + (0,00 \times \text{Uso}) + (0,00 \times \text{Nieve}) + (0,50 \times \text{Viento NS}) + (0,50 \times \text{Viento SUC}) + (0,50 \times \text{Viento MARQUESINA})$
- ELS 10 (VIENTO ESTE):  $(0,90 \times \text{Peso propio}) + (0,00 \times \text{Uso}) + (0,00 \times \text{Nieve}) + (0,50 \times \text{Viento EO}) + (0,50 \times \text{Viento SUC}) + (0,50 \times \text{Viento MARQUESINA})$

- Casi permanente:

- ELS 16:  $(1,00 \times \text{Peso propio}) + (0,60 \times \text{Uso}) + (0,00 \times \text{Nieve}) + (0,00 \times \text{Viento})$

### 2.1.5 Coeficientes de Seguridad

A la hora de establecer los coeficientes de seguridad adoptados en el cálculo se han tenido en cuenta, además de los que establece el DB-SE, los especificados en la norma EHE-08.

-Relativo a las acciones:

Coeficiente de mayoración de acciones permanentes: 1,5

Coeficiente de mayoración de acciones variables: 1,5

-Relativo a los materiales:

Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón: 1,5

Coeficiente de minoración de la resistencia del acero: 1,15

## 2.2 Cumplimiento del DB-SE-AE, Acciones en la Edificación

Las acciones sobre la estructura para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural, capacidad portante y aptitud de servicio, establecidas en el DB-SE. Se han determinado con los valores dados por las tablas del mismo y fichas técnicas de los propios materiales.

### 2.2.1 Cargas Permanentes

<b>FORJADO HP</b>		
MATERIAL	ESPEJOR (CM)	PESO (KN/M2)
LOSA ALVEOLAR	25	3,41
HORMIGÓN DE REPARTO	5	1,25
PARTICIONES		1
PAVIMENTO INTERIOR	20	2,13
	<b>TOTAL</b>	<b>7,79</b>

<b>CUBIERTA DECK</b>		
MATERIAL	ESPEJOR (CM)	PESO (KN/M2)
CHAPA GRECADA INCO 70.4	0,08	0,1
BARRERA CORTA VAPOR	0,02	0,01
AISLAMIENTO	20	0,4
L. IMPERMEABLE FOTOVOLTAICA	0,05	0,09
	<b>TOTAL</b>	<b>0,60</b>

### 2.2.2 Sobrecargas

<b>FORJADO HP</b>	CARGA (KN/M2)
USO ESCOLAR	3
	<b>TOTAL</b>
	<b>3</b>

<b>CUBIERTA DECK</b>	CARGA (KN/M2)
USO NO TRANSITABLE	1
NIEVE	0,2
	<b>TOTAL</b>
	<b>1,2</b>

### 2.2.3 Acciones del viento

### 2.2.4 Acciones térmicas y reológicas

<b>CUBIERTA DECK</b>	CARGA (KN/M2)	
VIENTO	Cp	Qe
F	-1,8	-1,5
G	-1,2	-1,0
H	-0,7	-0,6
I	0,2	0,2
I	-0,2	-0,2
<b>A OBST. 0</b>	-0,6	<b>-0,5</b>
<b>A OBST. 1</b>	-1,5	<b>-1,3</b>

<b>PARAMENTOS VERTICALES E+0</b>	CARGA (KN/M2)	
VIENTO h/d=0,28	Cp	Qe
(A)	-1,2	-1,0
B	-0,8	-0,7
C	-0,5	-0,4
<b>D</b>	0,8	<b>0,7</b>
<b>E</b>	-0,5	<b>-0,4</b>

<b>PARAMENTOS VERTICALES S+N</b>	CARGA (KN/M2)	
VIENTO h/d=0,56	Cp	Qe
A	-1,2	-1,0
B	-0,8	-0,7
<b>D</b>	0,8	<b>0,7</b>
<b>E</b>	-0,5	<b>-0,4</b>

No se contemplan por no existir en el edificio elementos estructurales continuos de más de 40 metros y habiendo efectuado juntas de dilatación en los elementos más afectados por las acciones térmicas, como son: las viguetas de cubierta, HEB-200, dispuestas en los patios y expuestas a la radiación directa del sol.

### 2.2.5 Acciones sísmicas

La Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, es de aplicación por tratarse de una construcción de nueva planta.

El edificio del presente proyecto constituye una construcción de Normal importancia según la Norma de Construcción Sismorresistente.

Debemos indicar que la aceleración básica de Cheste es  $a_b=0,05$  g (siendo g la aceleración de la gravedad) y el coeficiente de contribución es  $K = 1$ .

Otros datos son los siguientes:

- Coeficiente adimensional de riesgo ( $\rho$ ): 1
- Coeficiente según el tipo de terreno (C): 1.60 (Tipo III).
- Coeficiente de amplificación del terreno (S): 1,28
- Aceleración sísmica de cálculo ( $a_c = S \times r \times a_b$ )

El método de cálculo que usaremos será el llamado Análisis Modal Espectral.

## 2.3 Cumplimiento del DB-SE-C, Cimientos

El comportamiento de la cimentación en relación a la capacidad portante (resistencia y estabilidad) se ha comprobado frente a ELU asociados con el colapso total o parcial del terreno o con la rotura estructural de los cimientos. En general, se han considerado los siguientes:

- Pérdida de la capacidad portante del terreno de apoyo de las zapatas por hundimiento, deslizamiento o vuelco.
- Pérdida de la estabilidad global del terreno cercano a los cimientos.
- Pérdida de la capacidad resistente de la cimentación por fallo estructural.
- Fallos originados por efectos que dependen del tiempo, durabilidad del material de la cimentación y fatiga del terreno sometido a cargas variables repetidas.

Las verificaciones de los ELU que aseguran la capacidad portante de la cimentación son las siguientes:

En la comprobación de estabilidad, el equilibrio de la zapata se ha verificado, por las situaciones de dimensionado pertinentes, cumpliendo la condición:  $E_d, dst \leq E_d, stb$  siendo  $E_d, dst$  el valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras,  $E_d, stb$  el valor de cálculo de las acciones estabilizadoras.

En la comprobación de resistencia, la resistencia local y global del terreno se ha verificado, por las situaciones de dimensionado pertinentes, cumpliendo la condición:  $E_d \leq R_d$ , siendo  $E_d$  el valor de cálculo del efecto de las acciones,  $R_d$  el valor de cálculo de la resistencia correspondiente.

La comprobación de la resistencia del cimiento como elemento estructural se ha verificado cumpliendo que el valor de cálculo del efecto de las acciones del edificio y del terreno sobre los cimientos no supera el valor de cálculo de la resistencia de los cimientos como elemento estructural.

El comportamiento de la cimentación en relación a la aptitud al servicio se ha comprobado frente a los relacionados con determinados requisitos impuestos a las deformaciones del terreno por razones estéticas y de servicio. En general, se han considerado las siguientes:

- Los movimientos excesivos de la cimentación pueden inducir esfuerzos y deformaciones anormales en el resto de la estructura que se apoya en ellos, y, aunque no llegan a romperla, afectan a la semejanza de la obra, al confort de los usuarios, o el funcionamiento de los equipos e instalaciones.
- Las vibraciones que al transmitirse a la estructura pueden producir falta de confort en las personas o reducir su eficacia funcional.
- Los daños o el deterioro que pueden afectar negativamente a la semejanza, la durabilidad o su funcionalidad.

La verificación de los E.L.S. que aseguran la aptitud al servicio de los cimientos, es la siguiente: el comportamiento adecuado de la cimentación se ha verificado, por las situaciones de dimensionado pertinentes, cumpliendo la condición:  $E_{ser} \leq C_{lim}$ , siendo  $E_{ser}$  el efecto de las acciones y  $C_{lim}$  el valor límite para dicho efecto.

Se han seguido las siguientes comprobaciones y criterios de verificación, relacionados con los materiales y procedimientos de construcción empleados para las zapatas aisladas:

En el comportamiento de las zapatas aisladas se ha comprobado que el coeficiente de seguridad disponible con relación a las cargas que producirían el agotamiento resistencia del terreno para cualquier mecanismo de rotura, es adecuado. Se han considerado los E.L.U. siguientes: hundimiento, desprendimiento, giro, estabilidad global y capacidad estructural del cimiento, verificando las comprobaciones generales expuestas.

En el comportamiento de las zapatas aisladas se ha comprobado que las tensiones transmitidas por los cimientos da lugar a deformaciones del terreno que se traducen en asentamientos, desplazamientos horizontales y giros de la estructura que no resultan excesivos y que no podrán originar una pérdida de funcionalidad, producir fisuras, grietas u otros daños.

Se han considerado los E.L.S.: los movimientos del terreno son admisibles para el edificio a construir, y los movimientos inducidos en los alrededores no afectan a los edificios colindantes; verificando las comprobaciones generales expuestas y las comprobaciones adicionales del DB- SE- C.

## 2.4 Cumplimiento del DB-SE-A, Acero

En relación a los estados límite se han verificado los definidos con carácter general en el DB -SE 3.2.: Estabilidad y resistencia (ELU) y aptitud al servicio (ELS).

En la comprobación frente a E.L.U. se ha analizado y verificado ordenadamente la resistencia de las secciones, de las barras y de las uniones, de acuerdo con la exigencia básica SE- 1, en concreto, de acuerdo a los estados límite generales del DB-SE 4.2.

El comportamiento de las secciones en relación a la resistencia se ha comprobado frente a los ELU siguientes: tracción, corte, compresión, flexión, torsión, flexión compuesta sin cortante, flexión y cortante, flexión con axil y cortante, cortante con torsión y flexión con torsión.

El comportamiento de las barras en relación a la resistencia se ha comprobado frente a los ELU siguientes: tracción, compresión, flexión, flexión con tracción y flexión con compresión.

En el comportamiento de las uniones en relación a la resistencia se han comprobado las resistencias de los elementos que componen cada unión de acuerdo con la SE- A 8.5 y 8.6 y en relación a la capacidad de rotación se han seguido las consideraciones de la SE- A 8.7.

La comprobación frente a los E.L.S. se ha analizado y verificado de acuerdo con la exigencia básica SE- 2, en concreto de acuerdo con los estados y valores límite establecidos en el DB-SE 4.3.

## 2.5. Cumplimiento EFHE, Forjados unidireccionales de hormigón prefabricado

En relación a los estados límite se han verificado los definidos con carácter general en el EFHE Capítulo 4: Cálculos relativos a Estados Límite.

En la comprobación frente a ELU se han efectuado mediante el artículo 14 las siguientes comprobaciones en lo referido a placas alveolares: cortante, torsión y flexión.

En la comprobación frente a ELS se han efectuado mediante el artículo 15 las siguientes comprobaciones: fisuración, deformación.

## 2.6 Características Resistentes de los Materiales

Las características especiales adoptadas en el cálculo de los elementos estructurales, se han reflejado en los planos acompañando al diseño de la estructura, quedando así cifrados los coeficientes de ponderación adoptados por los diversos materiales resistentes, y especificaciones especiales para los hormigones a emplear.

-Hormigón:

El hormigón a emplear en las zapatas será del tipo HA-25/B/20/IIa, es decir, que deberá abarcar a los 28 días una resistencia característica de 25 N/mm<sup>2</sup>. Sus características serán:

Cemento clase: CEM II 32,5 UNE 80301:96  
 Consistencia blanda: Asentamiento en el cono de Abrams: 6-9 cm  
 Relación Agua / Cemento < 0,60  
 Tamaño máximo de árido: 20 mm  
 Recubrimiento nominal mínimo: 50 mm

Paralelamente, el hormigón a emplear en los pilares de la cimentación al Forjado +0, será del tipo HP-35/B/20/IIb, es decir, que deberá abarcar a los 28 días una resistencia característica de 35 N/mm<sup>2</sup>. Sus características serán:

Cemento clase: CEM II 32,5 UNE 80301:96  
 Consistencia blanda: Asentamiento en el cono de Abrams: 6-9 cm  
 Relación Agua / Cemento < 0,55

Tamaño máximo de árido: 20 mm  
 Recubrimiento mínimo: 35 mm

-Acero

Tanto para los cimientos como por la estructura aérea, el acero para el armado de hormigones será del tipo B 500 S, con un límite elástico no inferior a 500 N/mm<sup>2</sup>.

-Forjados

El presente Proyecto presenta la construcción de dos forjados:

El Forjado +0 con placas alveolares prefabricadas de 25 cm. de canto y 120 cm. de ancho con una capa de compresión de 5 cm. y el Forjado de Cubierta con una chapa colaborante metálica INCO 70.4, con una altura de greca de 7 cm. y un grosor de chapa de 8 mm.

-Perfiles Metálicos

En el Proyecto encontramos dos tipos de soportes metálicos:

- HEB-200, para los pilares
- IPE-300, para vigas
- IPE-200, para viguetas

El acero empleado por perfiles y por sus placas de anclaje será del tipo S -275, presentando un límite elástico de 275 N/mm<sup>2</sup>.

-Tensores

Para los tensores que materializan las cruces de San Andrés se ha empleado un acero Y1860 de diámetro 1,5 cm.

-Tornillos

Para los tornillos que materializan las uniones entre los perfiles metálicos, ya sean uniones rígidas o articuladas, se ha utilizado acero para tornillos de clase 10.9.

## 2.7 Sistema de Cálculo

- Cimentaciones:

El cálculo de las zapatas se ha realizado mediante la modelización tipo zapatas de HA-25 con ejes que coinciden con los ejes de los pilares, especificando, ciertas restricciones geométricas, como el canto máximo y mínimo, a partir de los cuales el programa obtendrá el dimensionado definitivo (medidas y armado) tras asignarle unos coeficientes de seguridad, unos parámetros de armado y de suelo.

El módulo de cálculo, del programa empleado Architrave 2011 para el cálculo de la estructura, considera las zapatas como empotramientos perfectos para el resto de la estructura, lo cual es una suposición suficientemente aproximada.

Además se han modelizado vigas riostras en todo el perímetro de la cimentación tendidas entre zapatas y definida su dimensión, para que el módulo de cálculo del programa las calcule.

-Pórticos Estructurales:

Los pilares, vigas, viguetas y tensores se han modelizado espacialmente como ejes que pasan por el centro de gravedad de la sección.

Cabe destacar la modelización de la viga mixta Deltabem de la casa Hormipresa, que se utiliza en el Forjado +0 de placas alveolares. Para tener una aproximación a dicha viga se ha modelizado siguiendo los pasos que nos da el manual de Architrave para modelización de secciones mixtas. Obtenidas las solicitaciones se a dimensionado con las tablas del producto.

Las placas alveolares para el Forjado +0 y la chapa colaborante para el Forjado de Cubierta se han dimensionado mirando las tablas del producto y se han incluido en el modelo general como áreas de reparto a las que después se le ha añadido su peso propio.

Las cargas de carácter superficial, se introducen al programa de cálculo en su posición espacial sobre las zonas de forjado con el valor indicado en el apartado de acciones, el programa distribuye automáticamente la acción de las cargas sobre las barras estructurales correspondientes.

Las solicitaciones de la estructura y el dimensionado de los elementos se han obtenido mediante el programa antes nombrado, Architrave 2011.

## 2.8 El Programa de Cálculo Architrave 2011

El cálculo de la estructura se ha realizado, como ya se ha comentado, con el programa Architrave 2011, las características del programa y su sistema de cálculo son las siguientes:

Cualquier estructura de edificación está sometida a la acción de una serie de cargas y se encuentra sujeta al suelo de tal modo que puede decirse de ella que es el esqueleto de un inmueble (objeto inmóvil). La estructura, para soportar dichas cargas, se deforma hasta alcanzar una configuración estable. En ese estado de equilibrio, cada uno de los infinitos puntos analizables de la estructura ha experimentado un determinado movimiento.

Para hacer viable numéricamente el análisis del problema el programa simplifica reduciendo, hasta un límite razonable, el número de puntos en los que se analiza el movimiento de la estructura. Estos puntos se denominan nudos.

Los elementos estructurales son las porciones de material existentes entre nudos. Cada elemento soporta una parte de las cargas y la conduce hasta los apoyos a costa de deformarse, en mayor o menor medida, dependiendo de sus características mecánicas y de rigidez. El programa Architrave calcular y analizar los esfuerzos a los que están sometidos los elementos de una estructura de edificación y obtener los movimientos de sus nudos.

En general, el cálculo consiste en determinar estos movimientos U conociendo la rigidez Kde la estructura y las acciones F aplicadas. Esto da como resultado un sistema de ecuaciones lineales simultáneas.

El cálculo de los movimientos (desplazamientos y giros) y de las deformaciones de la estructura debidos a un sistema de acciones externas se lleva a cabo siguiendo el denominado Método Matricial de las Rigideces para el caso de cálculo estático.

### 2.8.1 Sistema Estático

El sistema de ecuaciones formado por la matriz de rigidez global de la estructura y por el vector de cargas,

$$\vec{F} = |K| \cdot \vec{U}$$

Se resuelve factorizando la matriz de rigidez por el método compacto de Crout.

La matriz de rigidez local de los elementos tipo barra se forma mediante una formulación explícita, teniendo en cuenta el grado de empotramiento de cada extremo de la barra al nudo correspondiente.

Para obtener la matriz de rigidez local de los elementos finitos superficiales y volumétricos se utiliza la formulación isoparamétrica. El proceso que sigue el programa para la obtención de esta matriz, de modo resumido, es el siguiente:

Obtención de las funciones de forma  $\vec{N}$  del elemento isoparamétrica que relacionan el movimiento  $\vec{u}$  de un punto cualquiera del interior del elemento con los movimientos  $\vec{a}$  de los nudos extremos de dicho elemento.

$$\vec{u} = \vec{N}\vec{a} = \sum N a$$

Cálculo de las deformaciones unitarias del material en función de los movimientos de cualquier punto del elemento.

$$\vec{\varepsilon} = \vec{L}\vec{u} = \sum B a = \vec{B}\vec{a} \quad \text{siendo,} \quad \vec{B} = \vec{L}\vec{N}$$

Expresión de la relación entre tensiones y deformaciones a través de la matriz de elasticidad o de flexión D.

$$\vec{\sigma} = \vec{D}\vec{\varepsilon} = \vec{D}\vec{B}\vec{a}$$

Aplicación del principio de los Trabajos Virtuales a un desplazamiento virtual de los nudos. Integrando se obtiene la matriz de rigidez local del elemento.

$$k = \partial B_i^T D B_i dV$$

Esta expresión se resuelve por integración numérica utilizando la cuadratura de Gauss-Legendre. Para ello, en los elementos triangulares se toman los tres puntos localizados en el punto medio de los lados; cuatro puntos para los tetraedros se toman los cuatro puntos ubicados en el punto medio de las aristas; finalmente, para los hexaedros se toma una cuadratura de  $2 \times 2 \times 2$ .

Obteniendo la matriz de rigidez en ejes locales

$$\vec{f} = |k|\vec{a}$$

Se hace la transformación

$$K = R^T |K| \vec{U}$$

Para referirla a ejes globales de la estructura

$$\vec{F} = |K| \vec{U}$$

y se procede, a continuación, a ensamblar cada elemento en la matriz global.

De la resolución de este sistema de ecuaciones se obtienen los movimientos (desplazamientos y giros) de los nudos de la estructura, y conocidos éstos se calculan, a través de la matriz de rigidez de cada barra, los esfuerzos que solicitan sus extremos, siendo  $\vec{a}$  el vector de los movimientos de los nudos extremos.

$$\vec{f} = |k|\vec{a} - \vec{f}_{emp}$$

En el caso de los elementos finitos superficiales y volumétricos se calculan las tensiones en los puntos de Gauss utilizados para la cuadratura de cada elemento y se pasan a los nudos, dichas solicitaciones se promedian entre los correspondientes a cada elemento que incide en dicho nudo.

Las tensiones en los puntos  $p$  de Gauss de los elementos con  $n$  nudos se resuelven con la expresión:

$$(\sigma)_p = \sum_{i=1}^n (DB_i)_p \vec{a}$$

### 3. Comprobación y Dimensionado de Secciones

Después del cálculo de esfuerzos, el programa dispone de un módulo de comprobación de tensiones en las barras de la estructura metálica y de hormigón, además de otro módulo de comprobación para las cimentaciones.

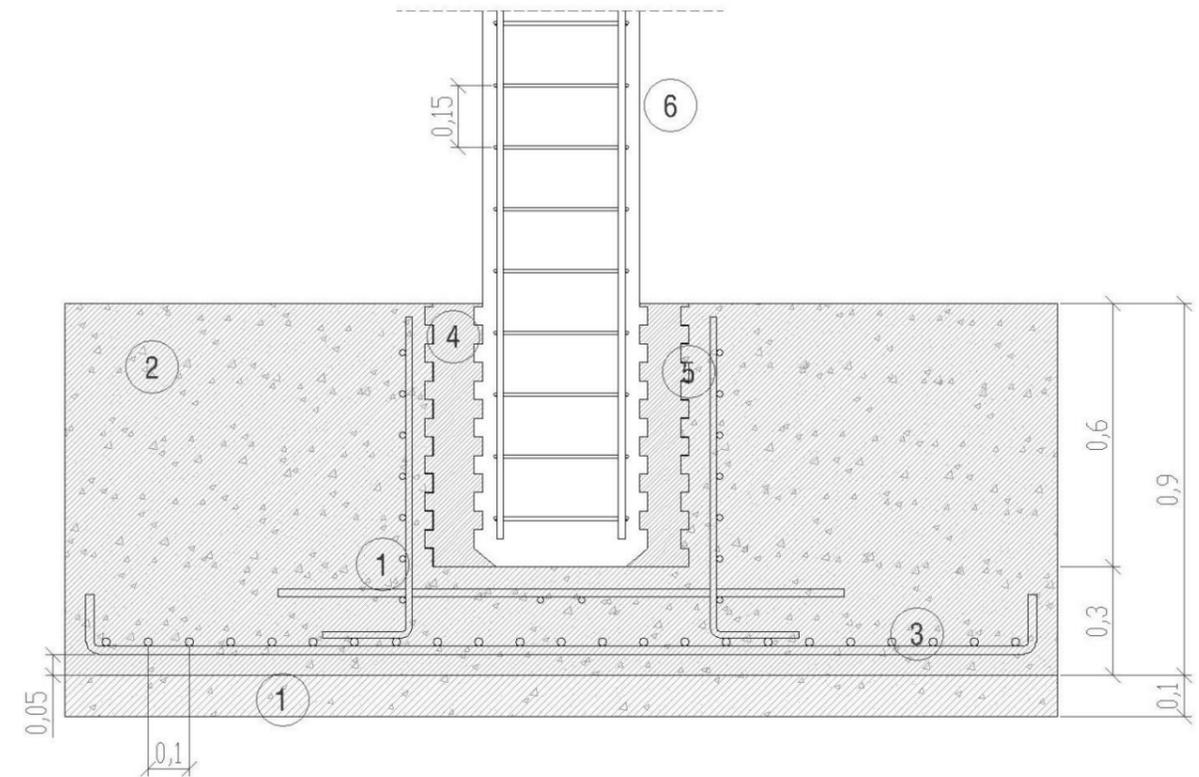
#### 3.1 Cimentaciones

Para el cálculo de las zapatas de cimentación se han seguido los criterios de la Norma EHE-08, se han definido unos valores máximos y mínimos en el programa, tanto para el diámetro de la armadura de flexión como para de cortante, una separación mínima de 10 cm. y máxima de 20 cm y tipo de hormigón HA-25 y de acero B-500-S. Además se ha restringido un canto mínimo (90 cm.) de zapata que permita anclar en buenas condiciones el pilar prefabricado mediante el cajón grecado que se dispone en la zapata para generar un empotramiento entre la zapata y el pilar como indican los detalles.

Independientemente de las dimensiones finales de la zapata, que se pueden observar en la documentación gráfica, cada zapata se arma con una barra  $\varnothing 20$  cada 10 cm. en cada una de las direcciones.

Las vigas riostras de atado se han dimensionado para unos lados de 30x40 cm. El cálculo de éstas dispone un armado superior de 2  $\varnothing 12$  y un armado inferior de 2  $\varnothing 12$ , con cercos  $\varnothing 8$  cada 25 cm.

Detalle de zapata de cimentación con la solución de empotramiento de Hormipresa (Canto y anclaje con el pilar prefabricado igual en todas las zapatas del proyecto)



1. Hormigón de limpieza, 10 cm
2. Zapata, HA-25
3. Parrilla de la zapata  $\varnothing 20 / 10$  en cada dirección
4. Unión zapata – pilar con mortero fluido sin retracción
5. Cajón metálico grecado de anclaje
6. Pilar HP-35 de 40x40 cm.

### 3.2 Pilares de Hormigón

Para el cálculo de los pilares de hormigón prefabricado de 40x40 se han seguido los criterios de la Norma EHE-08.

Tras el armado que nos proporciona el programa, se ha intentado modificar los resultados para homogeneizar el armado de los pilares a cuatro barras, una por esquina de pilar, evitando las barras adicionales intermedias.

Los pilares dispuestos en la parte Norte del edificio (1, 6, 11, 16, 21, 26, 31, 36), al tener un momento mayor que el resto y un axil similar, incluso menor, necesitan más armadura, por lo que, dichos pilares se armará, con 4 Ø20, uno por esquina y además 4Ø20 en la mitad de cada una de las caras.

El resto de pilares del edificio, se dimensionan con 4 Ø16, uno en cada esquina.

Cuadro de dimensionado de los pilares: 1, 6, 11, 16, 21, 26, 31, 36 (Se toma como ejemplo el nº 26)

**Geometría**  
 Longitud Pilar: 200,00 cm  
 L Pandeo Y: 102,49 cm  
 Esbeltez Y: 8,88  
 L Pandeo Z: 111,72 cm  
 Esbeltez Z: 9,68

**Columna de pilares**  
 Nombre de la columna: 26  
 Nº de pilares: 1  
 Pilar actual: 26.1

**Sección**  
 Base: 40,00 cm  
 Altura: 40,00 cm  
 Área: 1.600,00 cm<sup>2</sup>  
 Ix: 360.960,03 cm<sup>4</sup>  
 Iy: 213.333,33 cm<sup>4</sup>  
 Iz: 213.333,33 cm<sup>4</sup>

**Cumplimiento**  
 Cap. mecánica U. tot: 1.005,31 kN  
 Cuantía mecánica ω: 0,31  
 Cortante máx. Vrd: 175,64 kN  
 Cortante agot. Vu1: 852,00 kN  
 FlexoComp: Cumple  
 Armadura mín: Cumple  
 Armadura máx: Cumple  
 Pandeo: Cumple  
 Cortante: Cumple  
 Separación cercos: Cumple  
 Torsión: Cumple

ELU	Posición	Nd (kN)	Myd (mkN)	Mzd (mkN)	Nu (kN)	Myu (mkN)	Mzu (mkN)	Coficiente
1	Superior	936,38	-18,73	241,66	996,69	-19,09	256,93	<b>0,94</b>
1	Inferior	947,18	-18,94	-105,47	2089,82	-41,26	-230,28	<b>0,45</b>
2	Superior	937,39	18,75	242,44	996,79	19,06	256,94	<b>0,94</b>
2	Inferior	948,19	18,96	-108,84	2030,83	40,69	-233,88	<b>0,47</b>
3	Superior	859,98	-17,20	221,79	996,66	-19,11	256,92	<b>0,86</b>
3	Inferior	870,78	-17,42	-96,73	2089,98	-41,32	-230,24	<b>0,42</b>
4	Superior	860,99	17,22	222,57	996,77	19,06	256,94	<b>0,86</b>
4	Inferior	871,79	17,44	-100,10	2027,55	40,70	-234,06	<b>0,43</b>
5	Superior	860,31	17,21	223,49	987,25	19,09	256,47	<b>0,87</b>

Modifique las dimensiones de la sección o su armado hasta que todos los coeficientes de resistencia, correspondientes al conjunto de ELU, sean menores que 1,00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.



Estribos Base: 3  
 Estribos Altura: 3

Cuadro de dimensionado del resto de pilares: (se toma como ejemplo el nº 33)

**Geometría**  
 Longitud Pilar: 200,00 cm  
 L Pandeo Y: 102,49 cm  
 Esbeltez Y: 8,88  
 L Pandeo Z: 111,67 cm  
 Esbeltez Z: 9,67

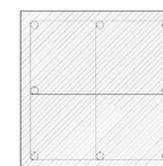
**Columna de pilares**  
 Nombre de la columna: 33  
 Nº de pilares: 1  
 Pilar actual: 33.1

**Sección**  
 Base: 40,00 cm  
 Altura: 40,00 cm  
 Área: 1.600,00 cm<sup>2</sup>  
 Ix: 360.960,03 cm<sup>4</sup>  
 Iy: 213.333,33 cm<sup>4</sup>  
 Iz: 213.333,33 cm<sup>4</sup>

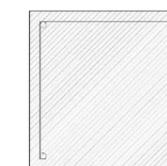
**Cumplimiento**  
 Cap. mecánica U. tot: 321,70 kN  
 Cuantía mecánica ω: 0,10  
 Cortante máx. Vrd: 116,69 kN  
 Cortante agot. Vu1: 852,00 kN  
 FlexoComp: Cumple  
 Armadura mín: Cumple  
 Armadura máx: Cumple  
 Pandeo: Cumple  
 Cortante: Cumple  
 Separación cercos: Cumple  
 Torsión: Cumple

ELU	Posición	Nd (kN)	Myd (mkN)	Mzd (mkN)	Nu (kN)	Myu (mkN)	Mzu (mkN)	Coficiente
1	Superior	1016,17	-20,32	-148,66	1317,68	-26,90	-194,02	<b>0,77</b>
1	Inferior	1026,97	-22,08	84,72	2038,48	-43,12	167,48	<b>0,50</b>
2	Superior	1014,89	-20,30	-145,63	1352,39	-27,69	-194,28	<b>0,75</b>
2	Inferior	1025,69	-36,49	80,24	1977,98	-70,59	153,28	<b>0,52</b>
3	Superior	941,82	-18,84	-135,11	1352,38	-27,70	-194,27	<b>0,70</b>
3	Inferior	952,62	-20,03	77,19	2038,17	-42,96	167,57	<b>0,47</b>
4	Superior	940,53	-18,81	-132,07	1391,61	-28,56	-194,45	<b>0,68</b>
4	Inferior	951,33	-34,45	72,71	1981,39	-73,08	151,31	<b>0,48</b>
5	Superior	938,80	-18,78	-130,09	1391,22	-28,83	-194,27	<b>0,67</b>

Modifique las dimensiones de la sección o su armado hasta que todos los coeficientes de resistencia, correspondientes al conjunto de ELU, sean menores que 1,00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.



BxH 40x40  
8Ø20  
cØ8/20



BxH 40x40  
4Ø16  
cØ8/15

Detalle de los dos tipos de pilares de hormigón armado.

### 3.3 Pilares HEB-200

Para el cálculo de los pilares HEB-200 se han seguido los criterios de la Norma DB-SE-A.

Para los pilares dispuestos a partir del primer forjado, se ha optado por perfiles metálicos HEB-200, anclados con una placa de acero al pilar de hormigón prefabricado, atravesando la viga mixta Deltabeam, solución de Hormipresa para dicho encuentro.

Los perfiles HEB-200 han sido peritados satisfactoriamente por el programa de cálculo en las comprobaciones de resistencia y pandeo. Con un factor de resistencia máximo de 0,57 y de pandeo 0,40.

Ejemplo de peritación, soporte nº 38.

Para la exigencia del DB-SI-6, resistencia al fuego, los pilares se revestirán con pintura intumescente para alcanzar un RI-60, que es la resistencia exigida para edificios docentes con altura < 15m.

La reacción de intumescencia protegerá al perfil metálico ya que se creará una masa carbonosa de baja conductividad térmica que aislará a la estructura de los efectos del calor una serie de minutos. La pintura deberá acreditarse mediante un informe del ensayo UNE ENV 13381-4:2005 en el que se describan los espesores de pintura intumescente que deben aplicarse para conseguir una determinada resistencia al fuego en función de la masividad de un perfil.

Para el cálculo de las micras necesarias de recubrimiento del pilar con pintura se tendrá en cuenta el factor de forma y la disposición del pilar en la obra. Así conseguiremos la resistencia RI-60 exigida por la Norma.

Factor de forma = (Perímetro expuesto al fuego / Área de la sección transversal)

Factor de forma HEB-200:

$$\frac{1,15m}{0,00781m^2} = 147,2m^{-1}$$

Sabiendo que necesitamos una RI-60, y un factor de forma de  $147,2m^{-1}$  para el HEB-200 expuesto las 4 caras, podemos sacar de la siguiente tabla, las micras de revestimiento necesarias para alcanzar dicha protección.

Tabla de pintura intumescente Protecflam:

VILLATHERM D PRIMER + PROTECFLAM							
VIGAS Y PILARES							
MASIVIDAD	INFOME DE CLASIFICACIÓN Nº IC 100026		INFOME DE CLASIFICACIÓN Nº IC080021				
	(m-1)	R - 15	R - 30	R - 45	R - 60	R - 90	R - 120
63	293	293		510	569	1314	2058
70	293	293		510	669	1486	2303
80	293	293		510	808	1725	2642
90	293	304		510	942	1956	2970
100	293	348		518	1072	2180	
110	293	382		597	1197	2395	
120	293	409		675	1318	2604	
130	293	432		750	1435	2807	
140	293	450		822	1549	3003	
150	293	466		892	1659		
160	293	479		960	1766		
170	293	491		1026	1869		
180	293	501		1090	1970		
190	293	510		1153	2067		
200	293		510	1213	2162		
210	293		510	1272	2254		
220	293		510	1329	2343		
230	293		510	1384	2431		
240	293		510	1438	2515		
250	293		510	1491	2598		
260	293		510	1542	2678		
270	293		510	1592	2756		
280	293		510	1640	2832		
290	293		510	1688	2906		
300	293		510	1734	2979		
310	293		510	1779	3049		
320	293		528	1823			
330	293		546	1866			
340	293		564	1907			

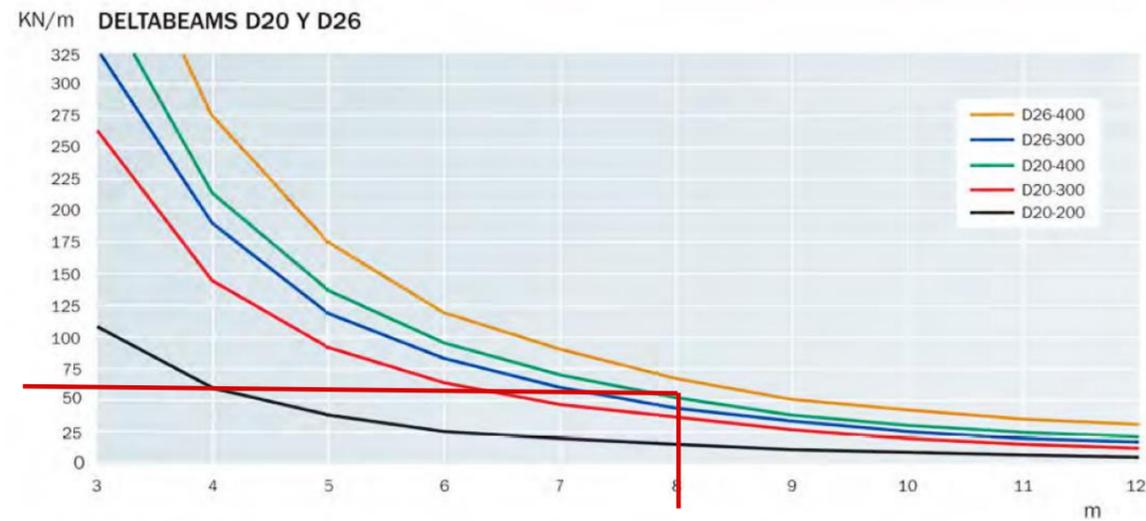
Por lo que necesitamos revestir con 1659  $\mu m$  los soportes HEB-200 para alcanzar la resistencia RI-60, exigida por el DB-SI-6.

### 3.4 Vigas Deltabeam D-26-400

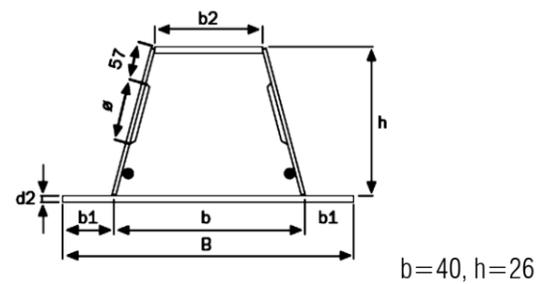
Para el dimensionado de la viga mixta Deltabeam, dispuesta en el Forjado 0, se han utilizado las tablas que ofrece Hormipresa para dimensionado aproximado de la viga.

Las tablas para dimensionado de dichas vigas, que nos ofrece la empresa suministradora, están en función de la luz de la luz a salvar y la carga lineal que tiene que soportar en KN/m.

De la siguiente tabla podemos obtener el dimensionado de la viga prefabricada Deltabeam, sabiendo que la carga lineal que tiene que soportar es de 62,36 KN/m:



Sección de la viga Deltabeam:



Las Deltabeam se disponen tal y como se muestra en la información gráfica. Para el transporte y construcción de las vigas vienen divididas en partes, 6 de 4 m. y 1 de 8 m., por cada pórtico de la estructura. Esta disposición permite hacer la junta, entre parte y parte de viga, en la zona de momento nulo, por lo que, la unión articulada que se crea trabaja mejor, siendo el esfuerzo más representativo el cortante. Dicha conexión es denominada por Hormipresa como Gerber. Abajo se muestra el detalle de la unión entre viga y viga.

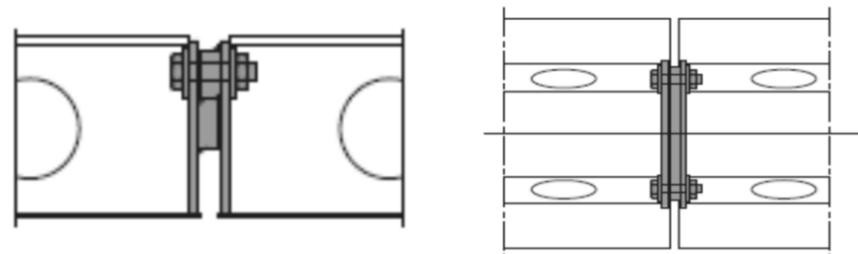
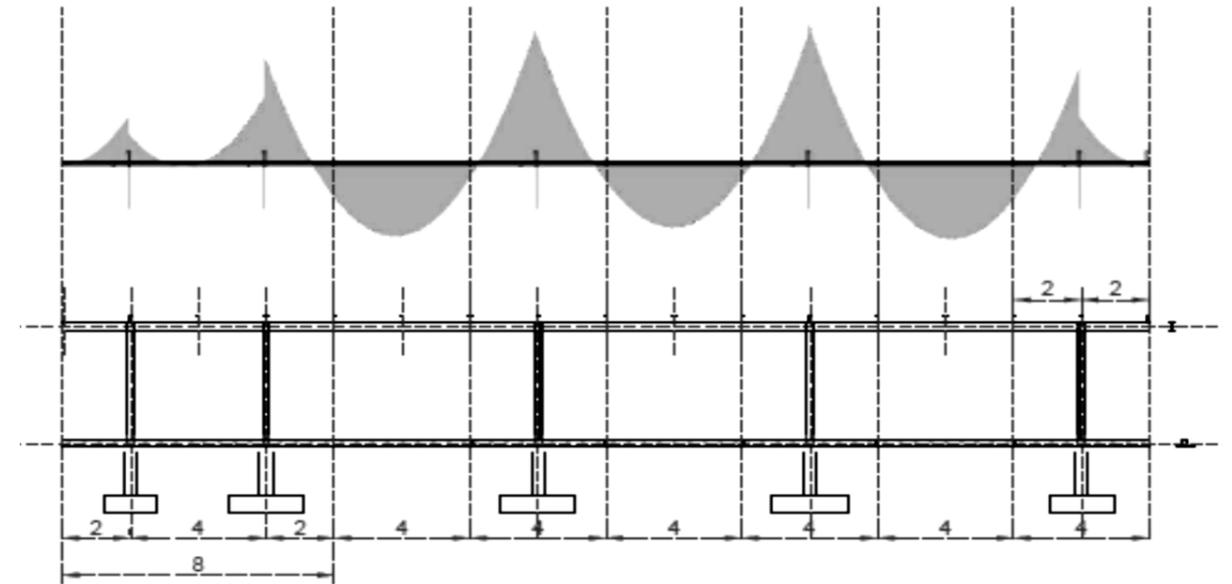


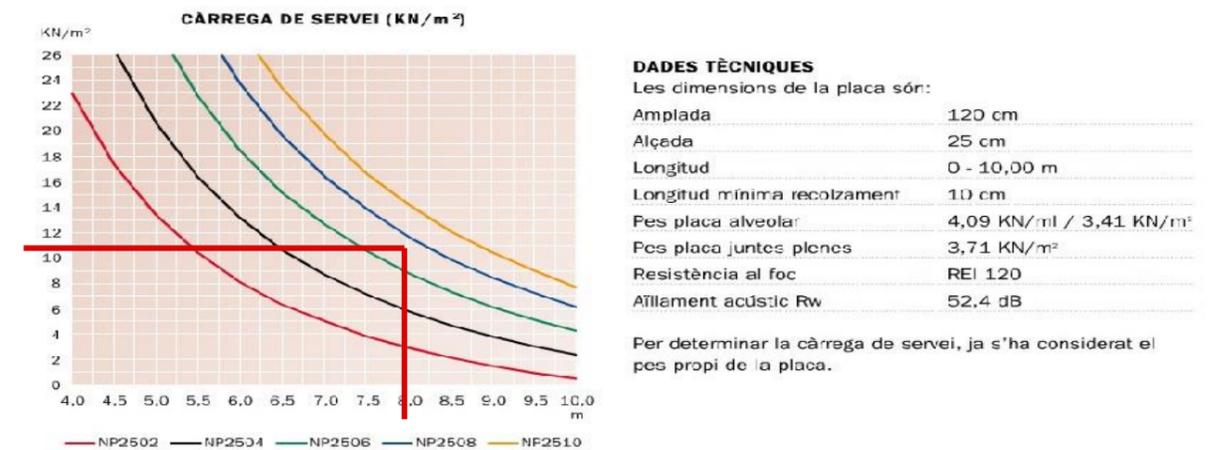
Gráfico del diagrama de flectores de la viga dividida en 7 partes, seis de 4 m. y una de 8 m., por los puntos de momentos nulos.



### 3.5 Placa Alveolar 25 CM.

Para el cálculo aproximado de la placa alveolar de Hormipresa se ha utilizado la tabla de dimensionado que proporciona la empresa.

Las características que debe cumplir son: 7,8 m. de longitud y una carga mayorada de pesos muertos y sobrecarga de 10,5 KN/m<sup>2</sup>



**DADES TÈCNiques**

Les dimensions de la placa són:

Amplada	120 cm
Alçada	25 cm
Longitud	0 - 10,00 m
Longitud mínima recolzament	10 cm
Pes placa alveolar	4,09 KN/ml / 3,41 KN/m <sup>2</sup>
Pes placa juntes planes	3,71 KN/m <sup>2</sup>
Resistència al foc	REI 120
Aïllament acústic Rw	52,4 dB

Per determinar la càrrega de servei, ja s'ha considerat el pes propi de la placa.

Por lo que la placa a disponer en el proyecto será de 25 cm. de canto, de identificación NP2508.

### 3.6 Vigas IPE-300

Para el cálculo de las vigas IPE-300 se han seguido los criterios de la Norma DB-SE-A. En las vigas que sustentan el forjado de cubierta, se han dispuesto unos IPE-300, anclados a los pilares HEB-200 mediante una unión rígida con tornillos. Los perfiles IPE-300 han sido peritados satisfactoriamente por el programa de cálculo en las comprobaciones de resistencia, pandeo y flexión. Con un factor de resistencia máximo de 0,83, de pandeo 0,65 y de flecha 0,5.

Ejemplo de peritación, viga nº 6.

Para la exigencia del DB-SI-6, resistencia al fuego, las vigas se revestirán con pintura intumescente para alcanzar un RI-60, que es la resistencia exigida para edificios docentes con altura < 15m.

La reacción de intumescencia protegerá al perfil metálico ya que se creará una masa carbonosa de baja conductividad térmica que aislará a la estructura de los efectos del calor una serie de minutos. La pintura deberá acreditarse mediante un informe del ensayo UNE ENV 13381-4:2005 en el que se describan los espesores de pintura intumescente que deben aplicarse para conseguir una determinada resistencia al fuego en función de la masividad de un perfil.

Para el cálculo de las micras necesarias de recubrimiento de la viga con pintura se tendrá en cuenta el factor de forma y la disposición de la viga en la obra, que en nuestro caso, el perfil tiene 4 caras expuestas. Así conseguiremos la resistencia RI-60 exigida por la Norma.

$$\text{Factor de forma} = (\text{Perímetro expuesto al fuego} / \text{Área de la sección transversal})$$

Factor de forma IPE-300, con 4 caras expuestas:

$$\frac{1,16m}{0,00538m^2} = 215,6 m^{-1}$$

Sabiendo que necesitamos una RI-60, y con un factor de forma de  $215,6 m^{-1}$  para el IPE-300 expuesto 4 caras, podemos sacar de la siguiente tabla, las micras de revestimiento necesarias para alcanzar dicha protección.

Tabla de pintura intumescente Protrecflam:

VIGAS Y PILARES							
MASIVIDAD	INFOME DE CLASIFICACIÓN Nº IC 100026		INFOME DE CLASIFICACIÓN Nº IC080021				
	(m-1)	R - 15	R - 30	R - 45	R - 60	R - 90	R - 120
63	293	293		510	569	1314	2058
70	293	293		510	669	1486	2303
80	293	293		510	808	1725	2642
90	293	304		510	942	1956	2970
100	293	348		518	1072	2180	
110	293	382		597	1197	2395	
120	293	409		675	1318	2604	
130	293	432		750	1435	2807	
140	293	450		822	1549	3003	
150	293	466		892	1659		
160	293	479		960	1766		
170	293	491		1026	1869		
180	293	501		1090	1970		
190	293	510		1153	2067		
200	293		510	1213	2162		
210	293		510	1272	2254		
220	293		510	1329	2343		
230	293		510	1384	2431		
240	293		510	1438	2515		

Por lo que necesitamos revestir con 2343  $\mu m$  las vigas IPE-300 para alcanzar la resistencia RI-60, exigida por el DB-SI-6.

### 3.7 Viguetas IPE-200

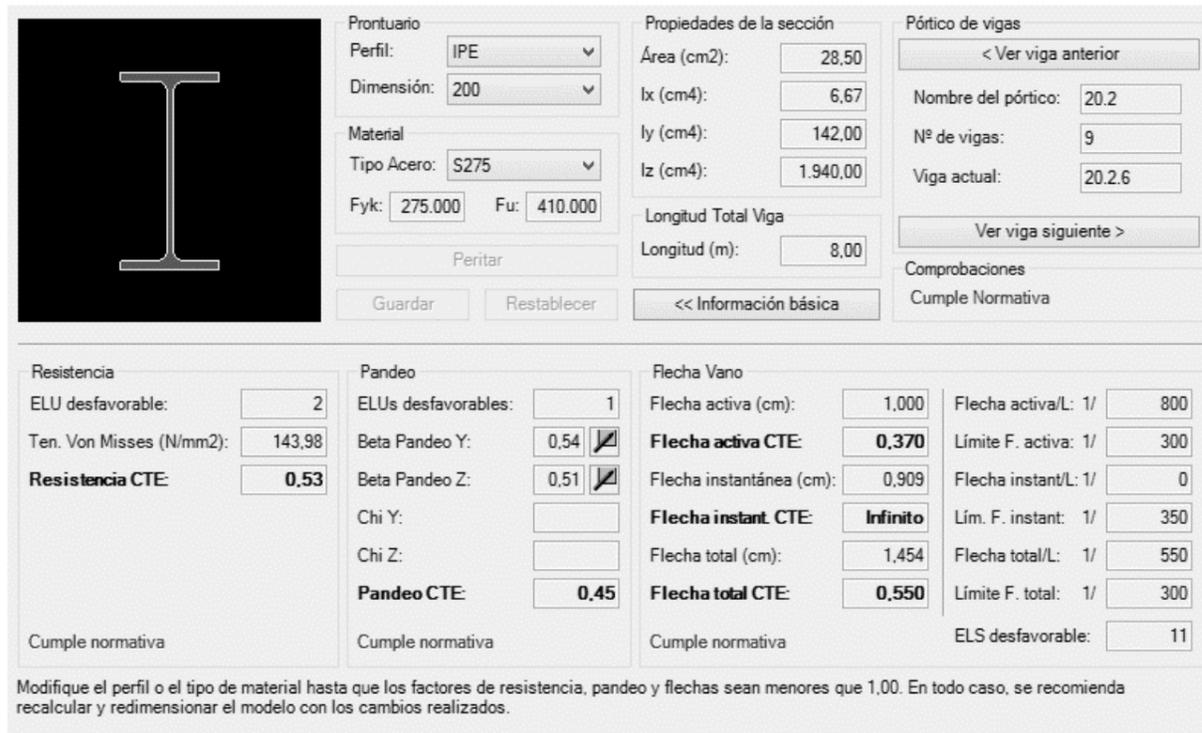
Para el cálculo de las viguetas IPE-200 se han seguido los criterios de la Norma DB-SE-A.

En las viguetas que sustentan la solución de cubierta ligera deck, se han dispuesto unos IPE-200, dispuesto sobre las los perfiles IPE-300. Las viguetas, en su mayoría, se unen mediante uniones rígidas para mejorar su respuesta a las solicitaciones.

Los perfiles que atraviesan los 3 patios generados en el edificio, estarán unidos mediante un nudo articulado que permita el movimiento en el eje de la vigueta, para que las dilataciones del material, al estar más expuesto al medio que las demás viguetas no afecten al edificio.

Los perfiles IPE-200 han sido peritados satisfactoriamente por el programa de cálculo en las comprobaciones de resistencia, pandeo y flexión. Con un factor de resistencia máximo de 0,8, de pandeo 0,45 y de flecha 0,6.

Ejemplo de peritaje barra nº 20.2.6.



Para la exigencia del DB-SI-6, resistencia al fuego, las viguetas se revestirán con mortero de proyección intumescente en base de yeso, aditivado con áridos ligeros de vermiculita, Igniver para alcanzar un RI-60, que es la resistencia exigida para edificios docentes con altura < 15m.

El mortero deberá acreditarse mediante un informe del ensayo UNE ENV 13381-4:2005 en el que se describan los espesores de mortero intumescente que deben aplicarse para conseguir una determinada resistencia al fuego en función de la masividad de un perfil.

La razón, en este caso, de utilizar mortero proyectado y no pintura intumescente, como hemos hecho en los pilares HEB-200 y en las vigas IPE-300, es porque, las viguetas IPE-200 y la chapa grecada, quedan ocultas por el falso techo que se dispone por encima de las vigas IPE-300, siendo más complicado su mantenimiento. Por lo tanto, por no verse las viguetas y no ser necesaria visualmente la pintura intumescente, y puesto que, el mortero no requiere el mismo mantenimiento que una pintura, se ha decidido utilizar mortero proyectado para cumplir la Norma de Protección Frente al Fuego en dichos perfiles IPE-200 y la chapa grecada INCO 70.4.

Para el cálculo de los milímetros necesarios de recubrimiento de la vigueta con mortero se tendrá en cuenta el factor de forma y la disposición de la viga en la obra, que en nuestro caso, el perfil tiene 3 caras expuestas, ya que, encima de este está la chapa grecada que también se protegerá con el mismo mortero de Igniver. Así conseguiremos la resistencia RI-60 exigida por la Norma.

Factor de forma = (Perímetro expuesto al fuego / Área de la sección transversal)

Factor de forma IPE-200, con 3 caras expuestas:

$$\frac{0,77m - 0,1m}{0,00285m^2} = 235,1 m^{-1}$$

Sabiendo que necesitamos una RI-60, y con un factor de forma de 235,1 m<sup>-1</sup> para el IPE-200 expuesto a 3 caras, podemos sacar de la siguiente tabla, los milímetros de revestimiento necesarios para alcanzar dicha protección.

Tabla de mortero Igniver para protección de vigas y pilares según Norma UNE-ENV 13381-4:2005:

Factor de Forma (m <sup>-1</sup> )	Resistencia al fuego (minutos)						
	R 15	R 30	R 45	R 60	R 90	R 120	R 180
60	10	10	10	12	17	23	33
65	10	10	10	13	18	23	34
70	10	10	10	13	19	24	35
75	10	10	11	14	19	24	35
80	10	10	11	14	19	25	36
85	10	10	11	14	20	25	36
90	10	10	12	15	20	26	37
95	10	10	12	15	20	26	37
100	10	10	12	15	21	26	38
110	10	10	13	16	21	27	39
120	10	10	13	16	22	28	39
130	10	10	13	16	22	28	40
140	10	11	13	16	22	28	40
150	10	11	14	17	23	29	41
160	10	11	14	17	23	29	41
170	10	11	14	17	23	29	41
180	10	11	14	17	23	30	42
190	10	11	14	17	24	30	42
200	10	11	15	18	24	30	42
210	10	12	15	18	24	30	43
220	10	12	15	18	24	30	43
230	10	12	15	18	24	30	43
240	10	12	15	18	24	31	43
250	10	12	15	18	24	31	43
260	10	12	15	18	25	31	43
270	10	12	15	18	25	31	44
280	10	12	15	18	25	31	44
290	10	12	15	18	25	31	44
300	10	12	15	19	25	31	44
310	10	12	15	19	25	31	44
320	10	12	15	19	25	31	44
330	10	12	16	19	25	31	44
340	10	12	16	19	25	32	44

Por lo que necesitamos revestir con 18 mm las viguetas IPE-200 para alcanzar la resistencia RI-60, exigida por el DB-SI-6.

### 3.8 Chapa Grecada INCO 70.4

En la solución de cubierta se ha proyectado una cubierta ligera deck, como ya se ha comentado. La chapa grecada de la misma se ha dimensionado con las tablas que nos facilita la empresa IncoPerfil de su producto INCO 70.4.

e=0,75 mm

CÁLCULO CHAPA INCO 70.4. CUBIERTA DECK		
Coef.	Carga	
1,35	0,60	0,81
1,50	1,00	1,50
		2,31
		KN/M2
		<b>231</b>
		<b>Kp/m2</b>
		<b>&lt; 288 Kp/m2</b>

2 VAMOS		Luces (m)									
		2,80	3,00	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40	4,60
Espesor (mm)	0,60	175	159	144	132	121	112	103	96	89	83
	0,70	233	212	192	176	161	149	137	128	118	111
	0,75	261	237	215	197	180	166	153	142	132	123
	0,80	288	261	237	216	198	183	168	156	145	135
	1,00	403	363	329	300	274	252	231	215	199	185
	1,20	525	472	427	387	354	324	285	275	255	237

Por lo que el espesor escogido de 0,8 mm. Es suficiente para las cargas de nuestra cubierta. Los anclajes a las viguetas IPE-200, serán suministrados para que cumplan las solicitaciones de cálculo, teniendo gran relevancia las de succión (-1,5 KN/m2), por el poco peso propio que tiene la cubierta del edificio (0,6 KN/m2).

La chapa INCO 70.4 se protegerá frente al fuego con la protección con mortero de Igniver para este tipo de forjados. Según la tabla del fabricante necesitamos un recubrimiento de 20 mm. Para una Resistencia al Fuego de 60 min.

PROTECCIÓN DE FORJADOS DE CHAPA COLABORANTE CON MORTERO IGNIVER	
Resistencia al fuego. Criterio "R"	Espesor de aplicación (mm)
60	20
90	27
120	34

### 3.9 Nudo (Pilar – Viga)

Para la unión entre las vigas IPE-300 y los pilares HEB-200 se realizara una unión atornillada con chapa frontal, para así evitar realizar soldaduras en obra. La viga se presenta con una chapa frontal de 10 mm soldada en taller con penetración completa que se atornilla al soporte en obra; con tornillos pretensados se dimensionarán para soportar el esfuerzo cortante y momento flector que transmite la unión. Para garantizar que la unión presenta coacción al giro, y por lo tanto, es un nudo rígido, los tornillos extremos deberán estar separados más de 2/3 del canto de la viga.

El esfuerzo cortante se repartirá entre todos los tornillos de la unión como si no existiese momento; la resistencia a momento flector será igual a la suma de las resistencias de cada fila de tornillos traccionados, por su distancia al centro de la zona de compresión.

Las solicitaciones con las que se va a calcular la unión son las de la unión viga-pilar más elevadas de la estructura del edificio, para así, saber que con la solución del dimensionado del nudo específico a calcular, será suficiente para el mismo tipo de nudo en cualquier parte de la estructura.

-Las solicitaciones de trabajo son:

La unión se diseñará para la mayor de los siguientes esfuerzos:

$$V_{Ed} = 75 \text{ KN} \quad \text{ó} \quad 0,5 * V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot \frac{2570 \cdot \frac{275}{\sqrt{3}}}{1,05} = 195.000 \text{ N} \rightarrow \mathbf{195 \text{ KN}}$$

$$M_{Ed1} = \mathbf{120 \text{ KNm}} \quad \text{ó} \quad 0,5 * M_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 628.000 \cdot \frac{275}{1,05} = 82.238.095 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{83 \text{ KN}}$$

$$M_{Ed2} = 90 \text{ KNm}$$

De modo que se considerará el momento flector en la unión, y la mitad de la resistencia plástica a cortante en la viga unida.

#### -DISEÑO DE LA UNIÓN

Para diseñar la unión tendremos en cuenta la disposición constructiva:

Se dispondrán tornillos M20 de 20 mm, con una holgura nominal de 2 mm, por lo que, el diámetro del taladro  $d_0 = 20 + 2 = 22 \text{ mm}$

Los espesores de las chapas a unir son:

$$T_{fc} = 15 \text{ mm}$$

$$e_p = 10 \text{ mm}$$

Por lo que  $t$ , el menor espesor de las chapas a unir es 10 mm

Las distancias de los tronillos a borde frontal,  $e_1$  deben cumplir las siguientes condiciones:

$$1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = \mathbf{26,4 \text{ mm}} < e_1 < \begin{cases} 40 + 4 \cdot t = \mathbf{80 \text{ mm}} \\ 12 \cdot t = 120 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} \end{cases}$$

Las distancias de los tronillos a borde lateral,  $e_2$  deben cumplir las siguientes condiciones:

$$1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{ mm} < e_2 < \begin{cases} 40 + 4 \cdot t = 80 \text{ mm} \\ 12 \cdot t = 120 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} \end{cases}$$

Las distancias entre los ejes de los taladros deben cumplir:

Dirección paralela al esfuerzo:

$$2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 22 = 48,4 \text{ mm} < p_1 < \begin{cases} 14 \cdot t = 140 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{cases}$$

Dirección perpendicular al esfuerzo:

$$3 \cdot d_0 = 3 \cdot 22 = 66 \text{ mm} < p_2 < \begin{cases} 14 \cdot t = 140 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{cases}$$

La disposición adoptada es:

$$\begin{aligned} e_1 &= 45 \text{ mm} \\ e_2 &= 50 \text{ mm} \\ p_1 &= 70 \text{ mm} \\ p_2 &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

Se comprueba que la distancia entre el eje del taladro al alma de la viga permite atornillar:

$$\frac{100 - 7,1}{2} = 46,45 \text{ mm} > 2 \cdot d = 2 \cdot 20 = 40 \text{ mm}$$

Se comprueba que la distancia entre el eje del taladro al alma del soporte permite atornillar:

$$\frac{100 - 9}{2} = 45,50 \text{ mm} > 2 \cdot d = 2 \cdot 20 = 40 \text{ mm}$$

Debemos comprobar que la distancia entre taladros extremos cumple con la exigencia de unión rígida:

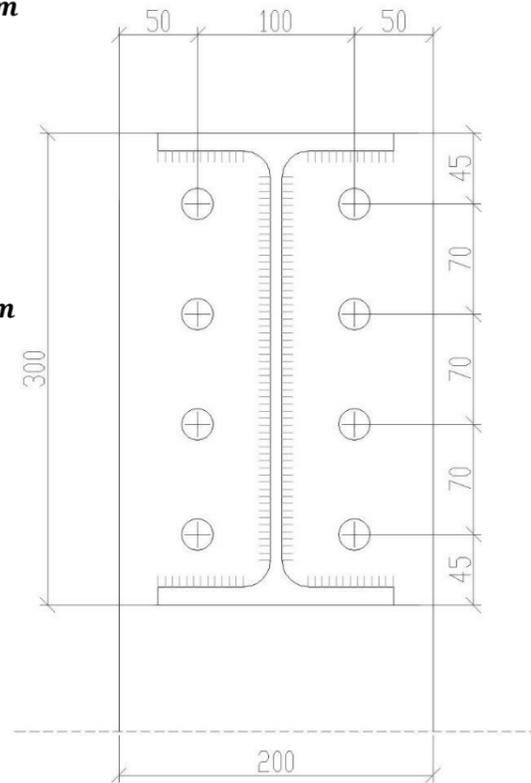
$$70 \cdot 3 = 210 \text{ mm} > \frac{2}{3} \cdot 300 = 200 \text{ mm} \rightarrow \text{unión rígida.}$$

### 1) SOLICITACIONES EN EL TORNILLO MÁS TRACCIONADO:

Cálculo del esfuerzo cortante que solicita cada tornillo:

$$F_{v,Ed} = \frac{195000}{8} = 24375 \text{ N} \rightarrow 24,375 \text{ KN}$$

Cálculo del axil de tracción del tornillo más solicitado:



$$F_{Ed} = \frac{120.000.000}{300 - 10,7} = 414.794 \text{ N} \rightarrow 414,8 \text{ KN}$$

La fuerza de tracción se distribuye entre los 4 tornillos superiores, pero hay que tener en cuenta que, los dos tornillos del extremo superior se van a estar más solicitados, en cuanto a tracción que los dos inmediatamente inferiores, de modo que, vamos a calcular la proporción de esfuerzos que hace cada par de tornillos mediante equivalencia de triángulos:

$$\frac{1}{105} = \frac{x}{35} \rightarrow x = 0,33$$

Por lo que los 4 tornillos superiores sumarán:

$$1 + 1 + 0,33 + 0,33 = 2,66$$

Por lo que cada tornillo superior tendrá que resistir

$$F_{t,Ed} = \frac{414.794}{2,66} = 155,9 \text{ KN}$$

Por lo que el tornillo más solicitado debe transmitir:

$$F_{v,Ed} = 24,375 \text{ KN}$$

$$F_{t,Ed} = 155,9 \text{ KN}$$

Comprobaciones a realizar: tracción, punzonamiento, deslizamiento y aplastamiento para tornillo M20 acero 10.9

-CONDICIÓN DE RESISTENCIA A TRACCIÓN  $F_{t,Ed} < F_{t,Rd}$

$$F_{t,Ed} = 155,9 \text{ KN} < F_{t,Rd} = F_{p,c,d} = 172 \text{ KN} \rightarrow \text{CUMPLE!}$$

-CONDICIÓN DE RESISTENCIA A PUNZONAMIENTO  $F_{t,Ed} < B_{p,Rd}$

No será necesario comprobar el valor de  $B_{p,Rd}$  cuando el espesor de la chapa cumpla la condición:

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \geq \frac{d}{6} \cdot \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{16}{6} \cdot \frac{1000}{410} = 6,5 \text{ mm} \rightarrow \text{No es necesaria la comprobación!}$$

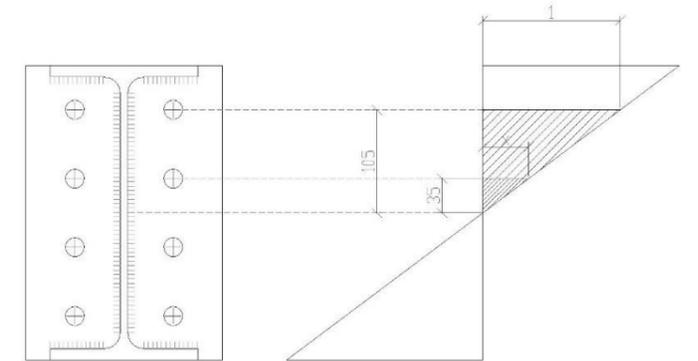
-CONDICIÓN DE RESISTENCIA A DESLIZAMIENTO PARA ELU  $F_{v,Ed} < F_{s,Rd}$

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} \cdot F_{p,c,d} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 0,2}{1,25} \cdot 172 = 27,5 \text{ KN} < F_{v,Ed} = 24,375 \text{ KN} \rightarrow \text{Cumple}$$

-CONDICIÓN DE RESISTENCIA A APLASTAMIENTO  $F_{v,Ed} < F_{b,Rd}$

$$F_{v,Ed} = 24,375 \text{ KN}$$

Siendo la resistencia a aplastamiento de cálculo por tornillo



$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}} = \frac{2,5 \cdot 0,68 \cdot 410 \cdot 20 \cdot 10}{1,25} = 111.520KN > F_{v,Ed} = 24,4 KN \rightarrow \text{Cumple!}$$

$$\alpha, \text{ el menor de } \left\{ \frac{45}{3 \cdot 22}; \frac{70}{3 \cdot 22} - \frac{1}{4}; \frac{1000}{410}; 1 \right\} \rightarrow \alpha = \frac{45}{3 \cdot 22} = 0,83$$

SON SUFICIENTES LOS 8 M20 DE ACERO 10.9 DISPUESTOS

## 2) COMPROBACIÓN DE LA RIGIDEZ DE LA UNIÓN

- ZONA DE CORTANTE

La sollicitación en esta zona es igual a

$$V_{wp,Ed} = \frac{120 \cdot 10^6 - 90 \cdot 10^6}{300 - 10,7} - \frac{13.716 - (-23.384)}{2} = 85148N \rightarrow 85,15KN$$

Siendo la resistencia del alma del soporte

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \cdot 275 \cdot 2490}{\sqrt{3} \cdot 1,05} = 338.863N \rightarrow 338,8KN > V_{wp,Ed} = 85,15KN \rightarrow \text{No se necesita rigidizar}$$

-APLASTAMIENTO DEL ALMA DEL SOPORTE  $F_{t,Ed} < F_{t,Rd}$

La cabeza inferior de la viga transmite un esfuerzo de compresión que puede originar aplastamiento del alma del soporte.

La resistencia del alma del soporte viene dada por:

$$F_{t,Rd} < \frac{275 \cdot 9 \cdot 224}{1,05} = 528KN$$

Siendo

$$b_{ef} = 10,7 + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 10 + 2 \cdot 10 + 5 \cdot (15 + 18) = 224 mm$$

$$\sigma_n = \frac{75000}{7810} + \frac{120 \cdot 10^6}{57 \cdot 10^6} \cdot 67 + \frac{90 \cdot 10^6}{57 \cdot 10^6} \cdot 67 = 256,44 N/mm^2$$

$$Z_{wc} = \frac{200 - 2 \cdot 15 - 2 \cdot 18}{2} = 67$$

$$F_{t,Rd} = \frac{275 \cdot 9 \cdot \left(1,25 - 0,5 \cdot 1,05 \cdot \frac{256,44}{275}\right) \cdot 224}{1,05} = 401.508 \rightarrow 401,5 KN$$

$$F_{t,Ed} = \frac{120.000.000}{300 - 10,7} + \frac{90.000.000}{300 - 10,7} = 725,9 KN > F_{t,Rd} = 401,5 KN \rightarrow \text{Es necesario rigidizar}$$

Se dispondrán rigidizadores horizontales incrementando el área que transmite este esfuerzo, en concreto un rigidizador horizontal a cada lado del alma del soporte de 10 mm de espesor y 95 mm de ancho, (ver detalle de nudo al final del punto) que aporta un área de:  $A_r = 2 \cdot 10 \cdot 95 = 1.900 mm^2$

La nueva resistencia del alma del soporte con los rigidizadores, con la que cumplimos la exigencia, será de:

$$F_{t,Rd} = 401.508 + \frac{275 \cdot 1900}{1,05} = 401.508 + 497.619 = 899.127 \rightarrow 899,1 KN > F_{t,Ed} = 726 KN$$

-RESISTENCIA A TRACCIÓN DEL ALMA DEL SOPORTE

La tracción transmitida por el ala de la viga puede producir fluencia en el alma del soporte, y como en nuestro caso el soporte no continua en una planta de arriba, hay que considerar el ancho eficaz del que realmente se dispone.

$$b_{ef,t} = 10,7 + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 10 + \frac{1}{2} [5 \cdot (15 + 18)] = 121,5 mm$$

La resistencia del alma del soporte a tracción es

$$F_{t,Rd} = \frac{275 \cdot (9 \cdot 121,5)}{1,05} = 286.392N \rightarrow 286,4 KN$$

$$F_{t,Ed} = \frac{120.000.000}{300 - 10,7} + \frac{90.000.000}{300 - 10,7} = 725,9 KN > F_{t,Rd} = 286.392N$$

Se dispondrán en la parte traccionada los mismos rigidizadores que en la parte comprimida del alma del soporte, por lo que la resistencia a tracción con los rigidizadores será:

$$F_{t,Rd} = \frac{275 \cdot (9 \cdot 121,5 + 1.900)}{1,05} = 784.011N \rightarrow 784KN > F_{t,Ed} = 725,9 KN \rightarrow \text{Cumple!}$$

-RESISTENCIA A TRACCIÓN DEL ALA DEL SOPORTE

Si el fallo se produce por rotura a tracción de los tornillos y formación simultanea de líneas de rotura en la unión ala-alma

$$F_{d,max} = \frac{2 \cdot b \cdot M_p + e \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + e}$$

Siendo b igual a la suma de las longitudes eficaces  $l_{ef}$  para cada fila de tornillos, definidas como la menor de:

$$I_{ef} \leq 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{100 - 9}{2} - 0,8 \cdot 18\right) = 195,4mm$$

$$I_{ef} \leq 4 \cdot m + 1,25 \cdot e = 4 \cdot 31,1 + 1,25 \cdot 50 = 186,9mm$$

La longitud a considerar para cada taladro es de 186,9mm, como en cada fila hay dos tornillos,  $b = 2 \cdot 186,9 = 373,8mm$

$$F_{t,Rd} = 172.000N \text{ para tornillos M20 acero 10.9}$$

$$M_p = \frac{15^2 \cdot 275}{4 \cdot 1,05} = 14.732 N \cdot mm \rightarrow 14,7 KN$$

$$F_{d,max} = \frac{2 \cdot 373,8 \cdot 14732 + 50 \cdot 4 \cdot 172000}{31,1 + 50} = 559.970 N \rightarrow 560 KN$$

Si el fallo se produce por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T

$$F_{d,max} = \frac{4 \cdot 373,8 \cdot 14732}{31,1} = 708.272 N \rightarrow 708,3 KN$$

Siendo el valor de  $F_{d,max}$  igual al menor de ellos:  $F_{d,max} = 560 KN$

$$F_{t,Ed} = \frac{120.000.000}{300-10,7} = 414.794 N < F_{d,max} = 560 KN \rightarrow \text{No es necesario rigidizar}$$

-RESISTENCIA A TRACCIÓN DE LA PLACA FRONTAL

Si el fallo se produce por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de líneas de rotura en la unión chapa-alma

$$F_{d,max} = \frac{2 \cdot b \cdot M_p + e \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + e}$$

$$m = 70 - 0,8 \cdot 10 \cdot \sqrt{2} = 58,7 mm$$

$$F_{t,Rd} = 172.000 N \text{ para tornillos M20 acero 10.9}$$

$$M_p = \frac{10^2 \cdot 275}{4 \cdot 1,05} = 6547,62 N \cdot mm/mm$$

$$F_{d,max} = \frac{2 \cdot 150 \cdot 6547,62 + 45 \cdot 4 \cdot 172000}{58,7 + 45} = 317.495 N \rightarrow 317,5 KN$$

Si el fallo se produce por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T

$$F_{d,max} = \frac{4 \cdot 150 \cdot 6547,62}{58,7} = 66926 N \rightarrow 66,9 KN$$

Siendo el valor de  $F_{d,max}$  igual al menor de ellos:  $F_{d,max} = 66,9 KN$

$$F_{t,Ed} = \frac{120.000.000}{300-10,7} = 414.794 N < F_{d,max} = 66,9 KN \rightarrow \text{No es suficiente}$$

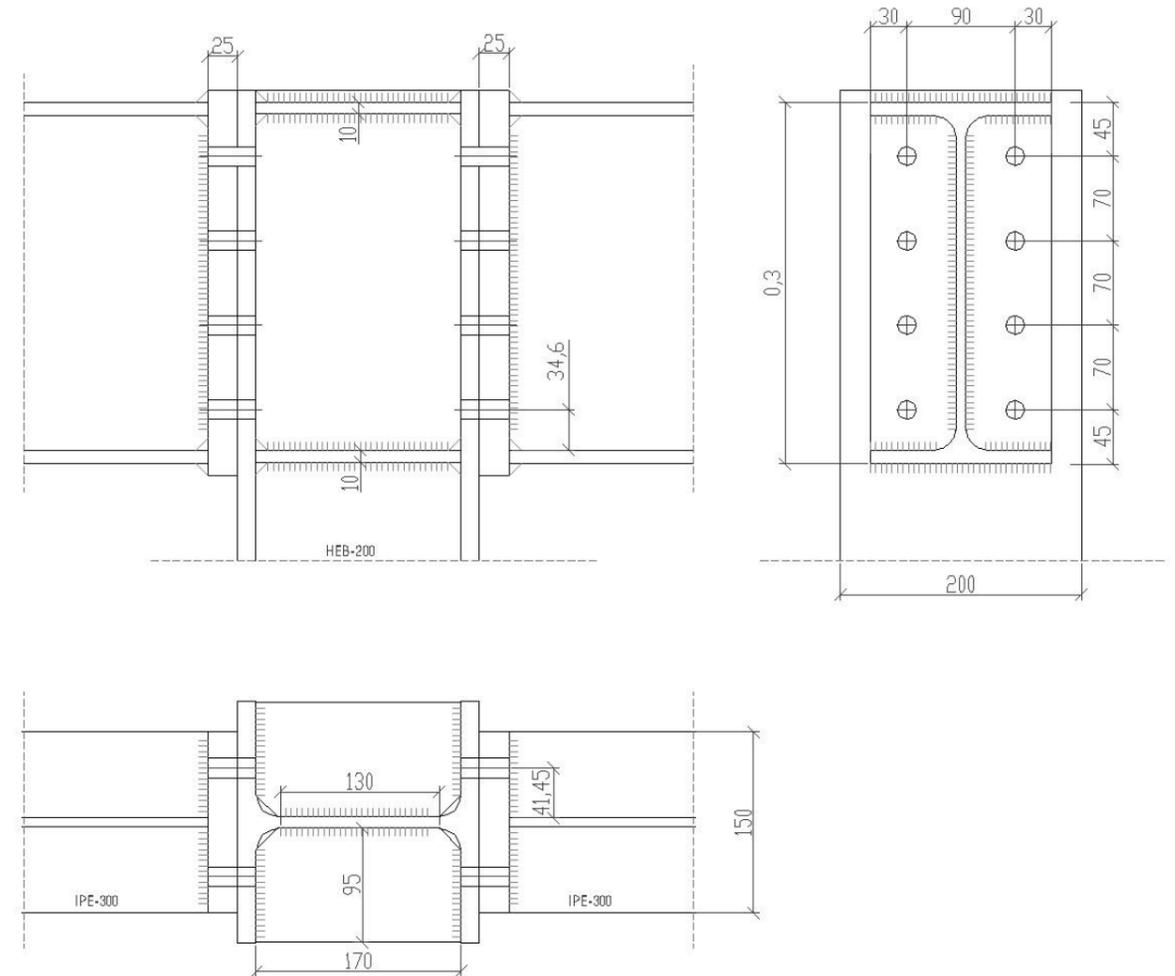
Procederemos a aumentar el espesor de la chapa a 25 mm

$$M_p = \frac{25^2 \cdot 275}{4 \cdot 1,05} = 40.922 N \cdot mm/mm$$

$$F_{d,max} = \frac{4 \cdot 150 \cdot 40.922}{58,7} = 418282 N \rightarrow 418,3 KN > F_{t,Ed} = 414,8 KN \rightarrow \text{El espesor de 25mm es suficiente}$$

#### DETALLE DEL NUDO

Tras las comprobaciones realizadas, se concluye que solo es necesario rigidizar el alma del soporte a tracción y compresión, por lo que se disponen dos rigidizadores a cada lado del soporte de 10 mm de espesor y 95 mm de ancho. Además se debe disponer una chapa frontal de 25 mm de espesor, y no de 10 mm como se había pre-diseñado.



## 4. Documentación gráfica

En las próximas páginas se expone la documentación gráfica referida a los puntos anteriormente tratados. En ella se especificarán los siguientes puntos:

### 4.1 Modelización de la estructura

### 4.2 Diagramas de solicitaciones

#### 4.2.1 Esfuerzos Axiales

#### 4.2.2 Esfuerzos Cortantes

#### 4.2.3 Esfuerzos Flectores

### 4.3 Deformada

### 4.4 Planos de la Estructura calculada

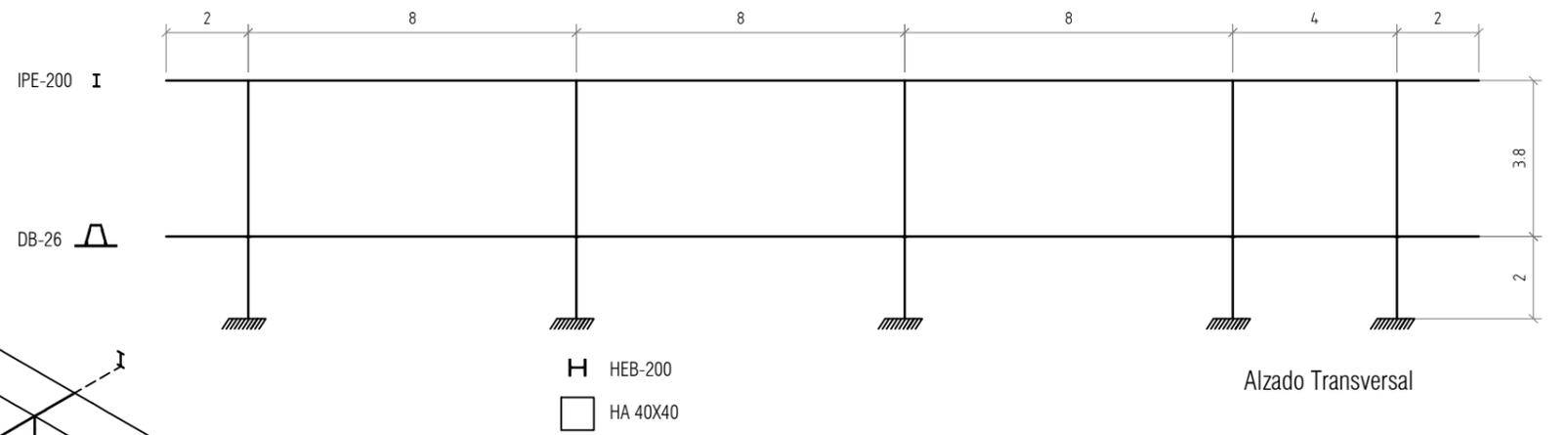
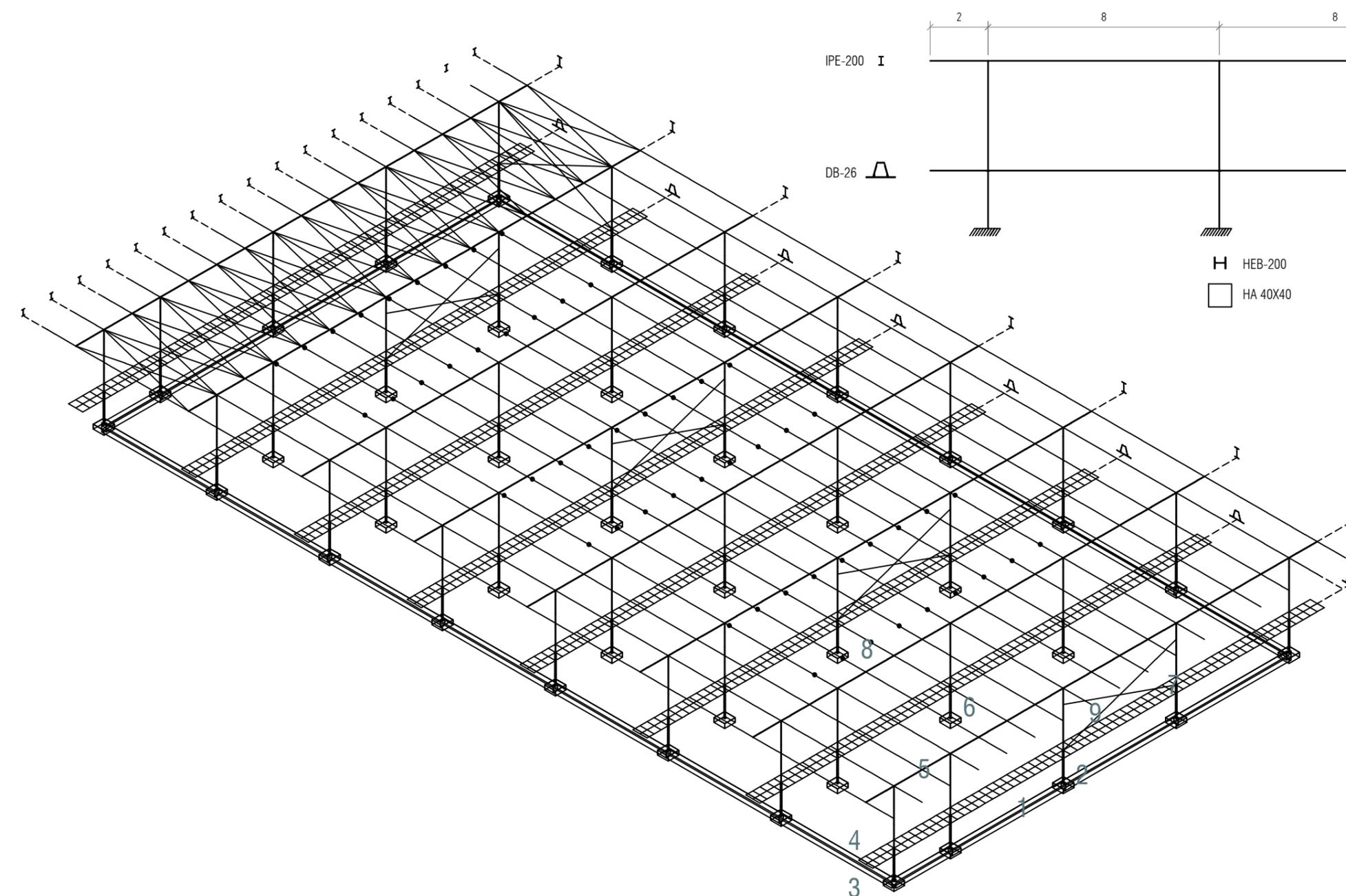
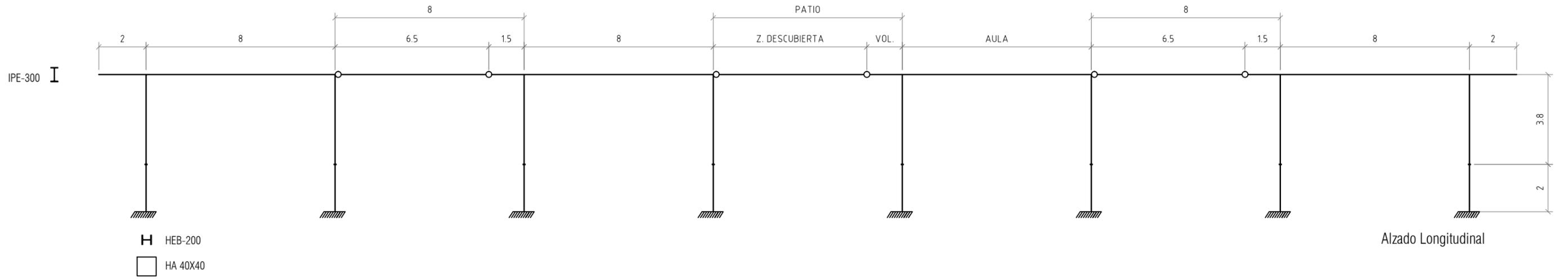
#### 4.4.1 Plano de Cimentación

#### 4.4.2 Plano Forjado +0

#### 4.4.3 Plano Forjado de Cubierta

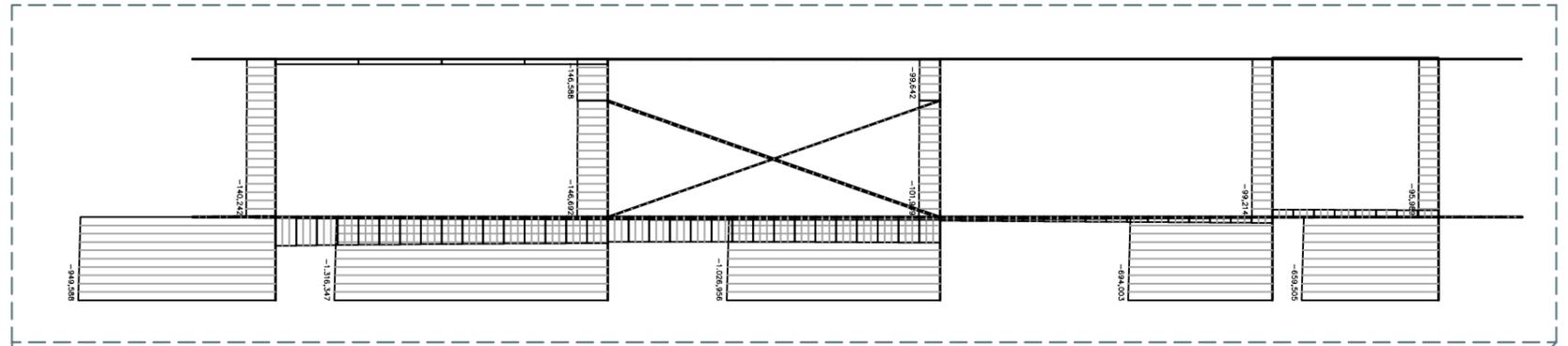
#### 4.4.4 Plano de Pórticos

#### 4.4.5 Detalles de uniones

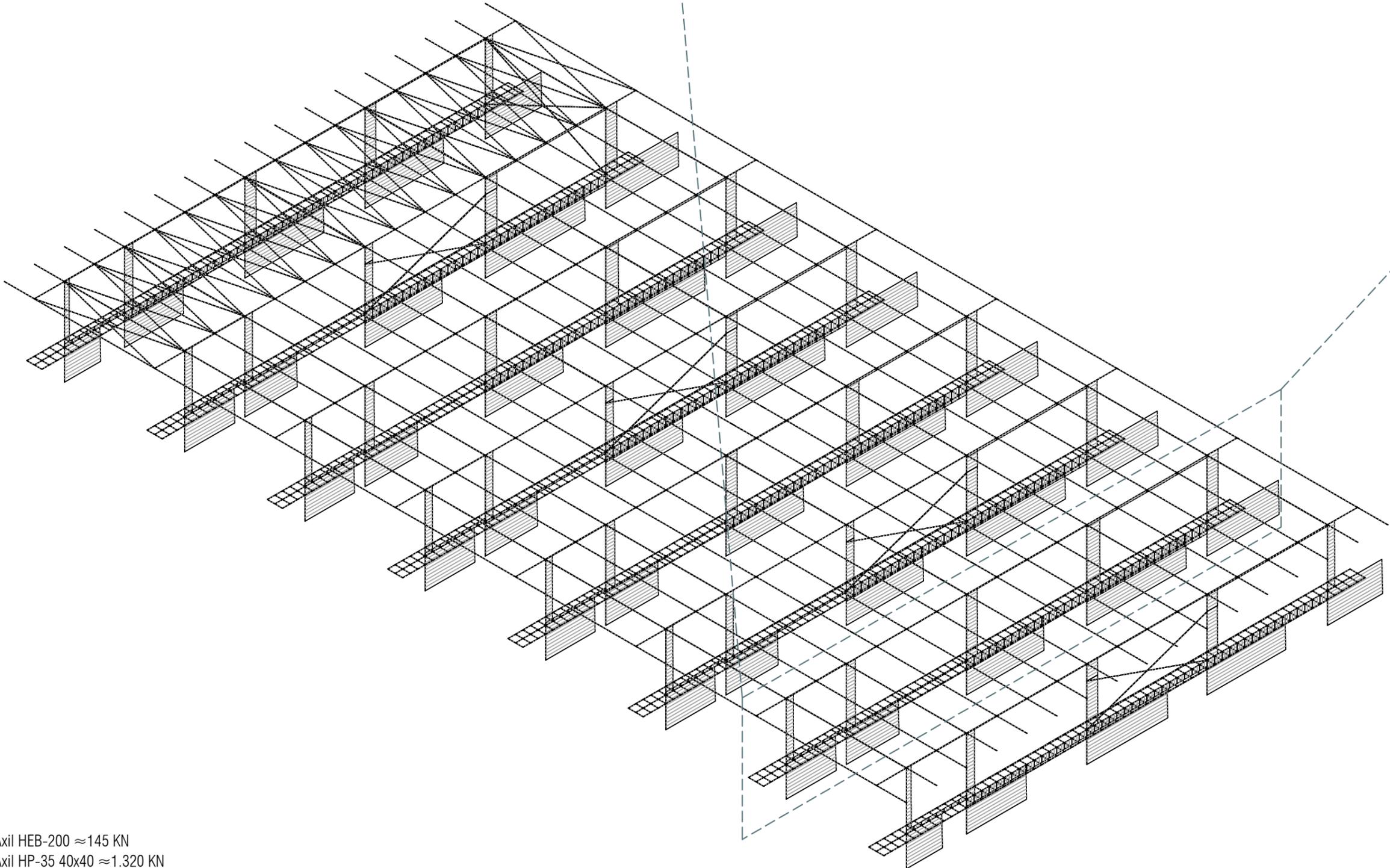


Secciones y materiales de las barras:

1. Zapata HA-25
2. V. Riostra HA-25 40x40
3. Pilar HP-35 40x40
4. Pilar HEB-200
5. Viga IPE-300
6. Vigueta IPE-200
7. Viga Mixta Deltabeam D-26
8. Articulación
9. Tensores Ø 15 mm. acero Y1826

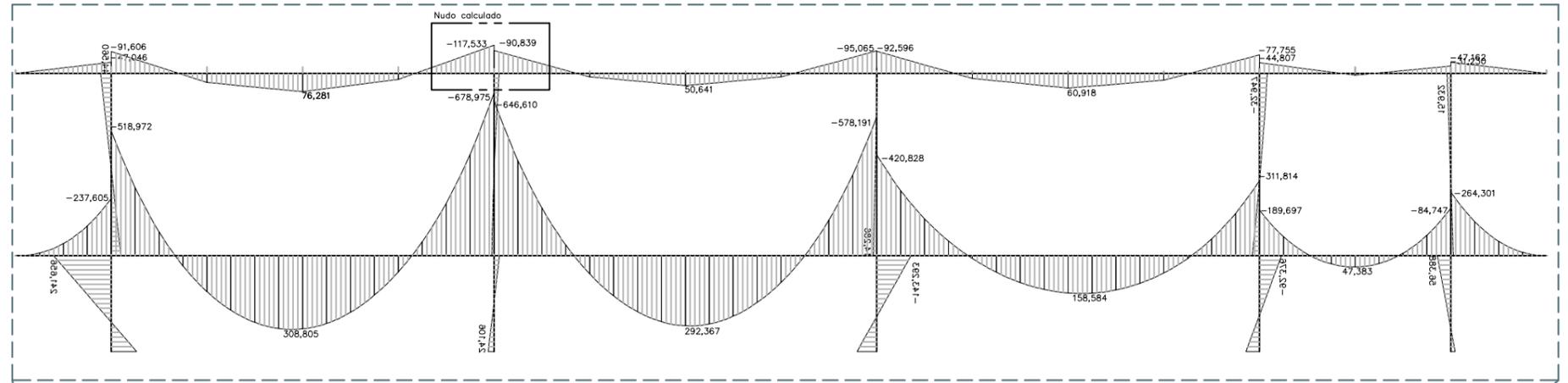


Alzado transversal axiles en KN

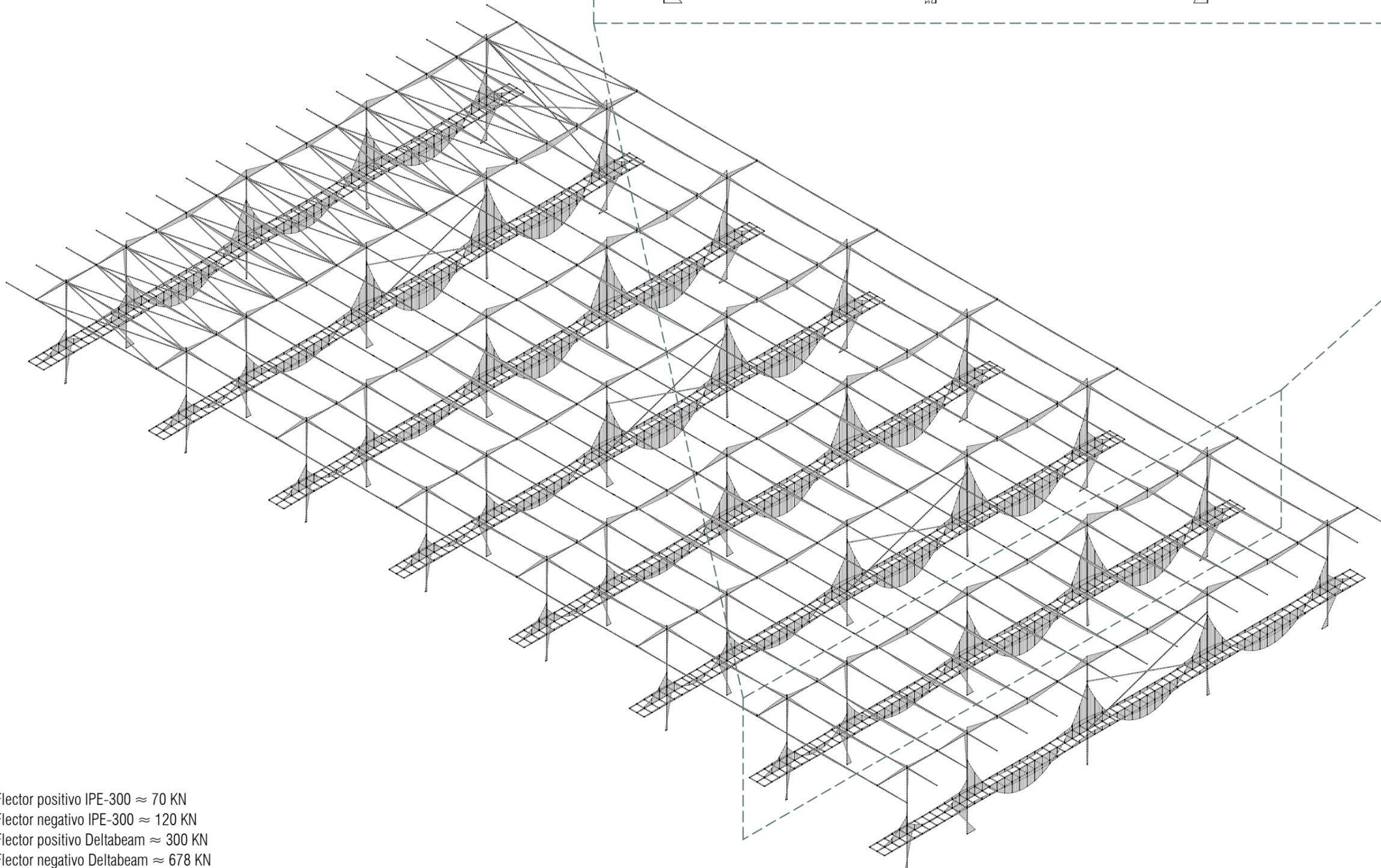


Axil HEB-200  $\approx 145$  KN  
Axil HP-35 40x40  $\approx 1.320$  KN

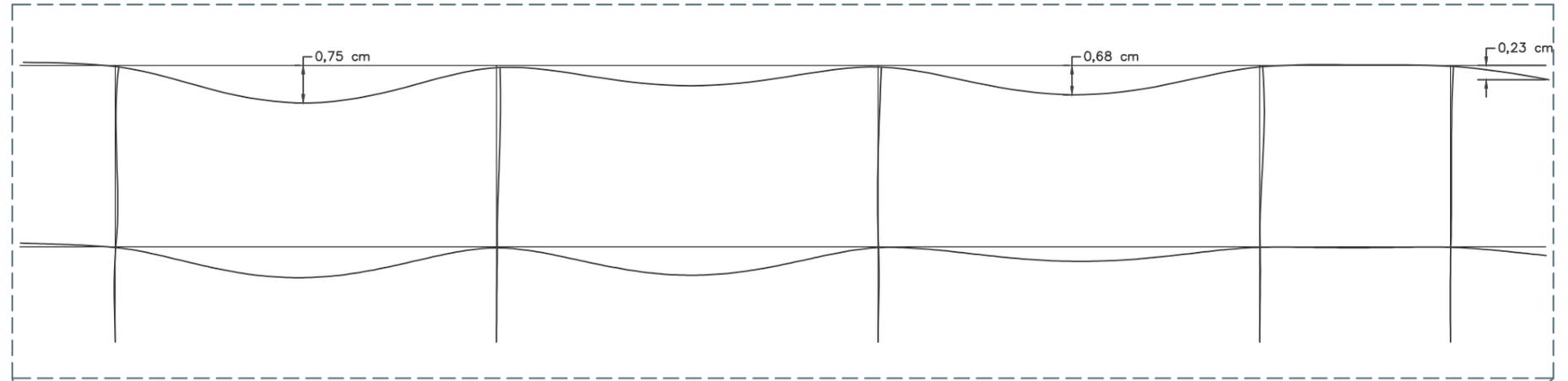




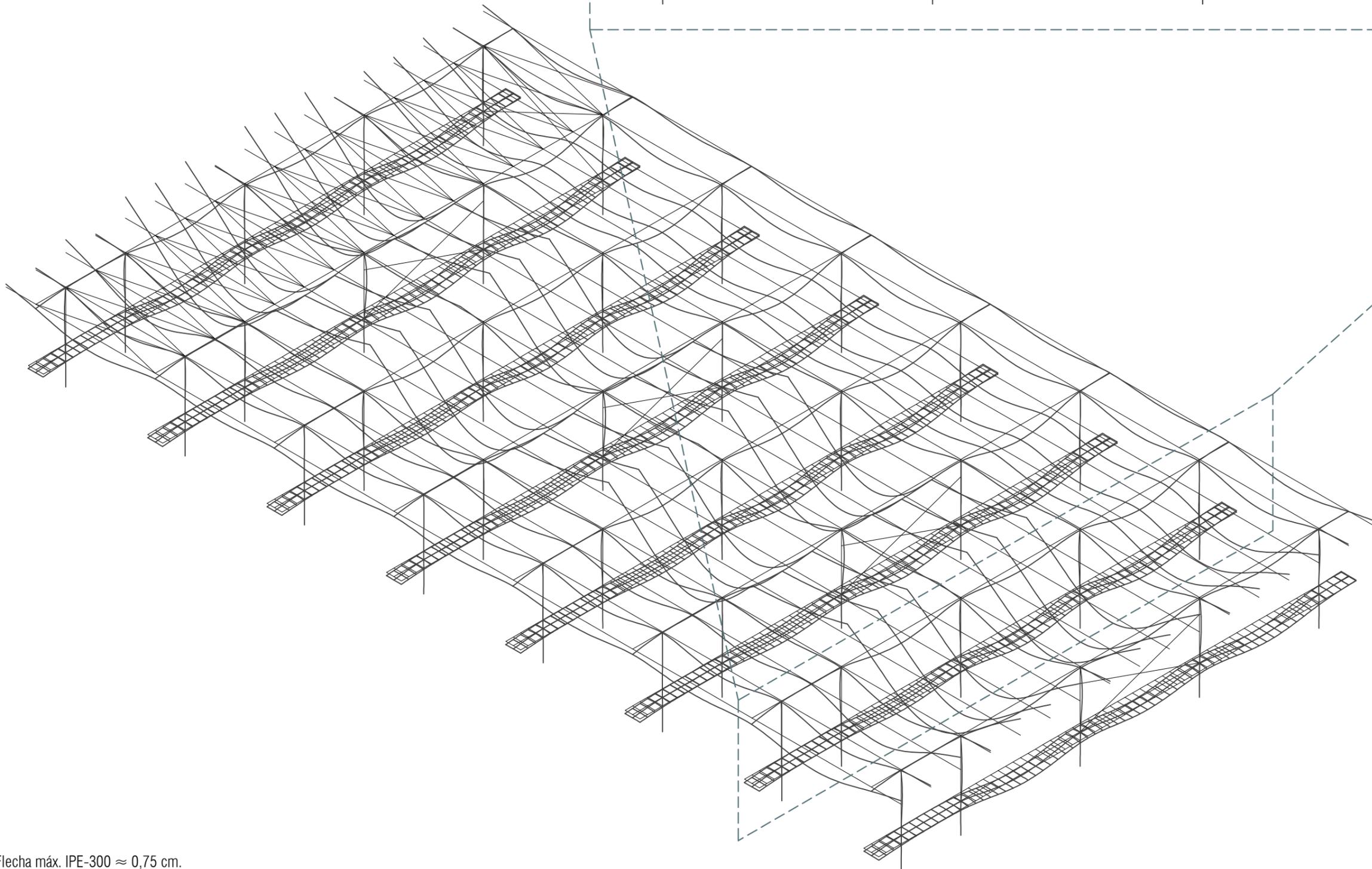
Alzado transversal flectores en KN



Flector positivo IPE-300  $\approx$  70 KN  
Flector negativo IPE-300  $\approx$  120 KN  
Flector positivo Deltabeam  $\approx$  300 KN  
Flector negativo Deltabeam  $\approx$  678 KN

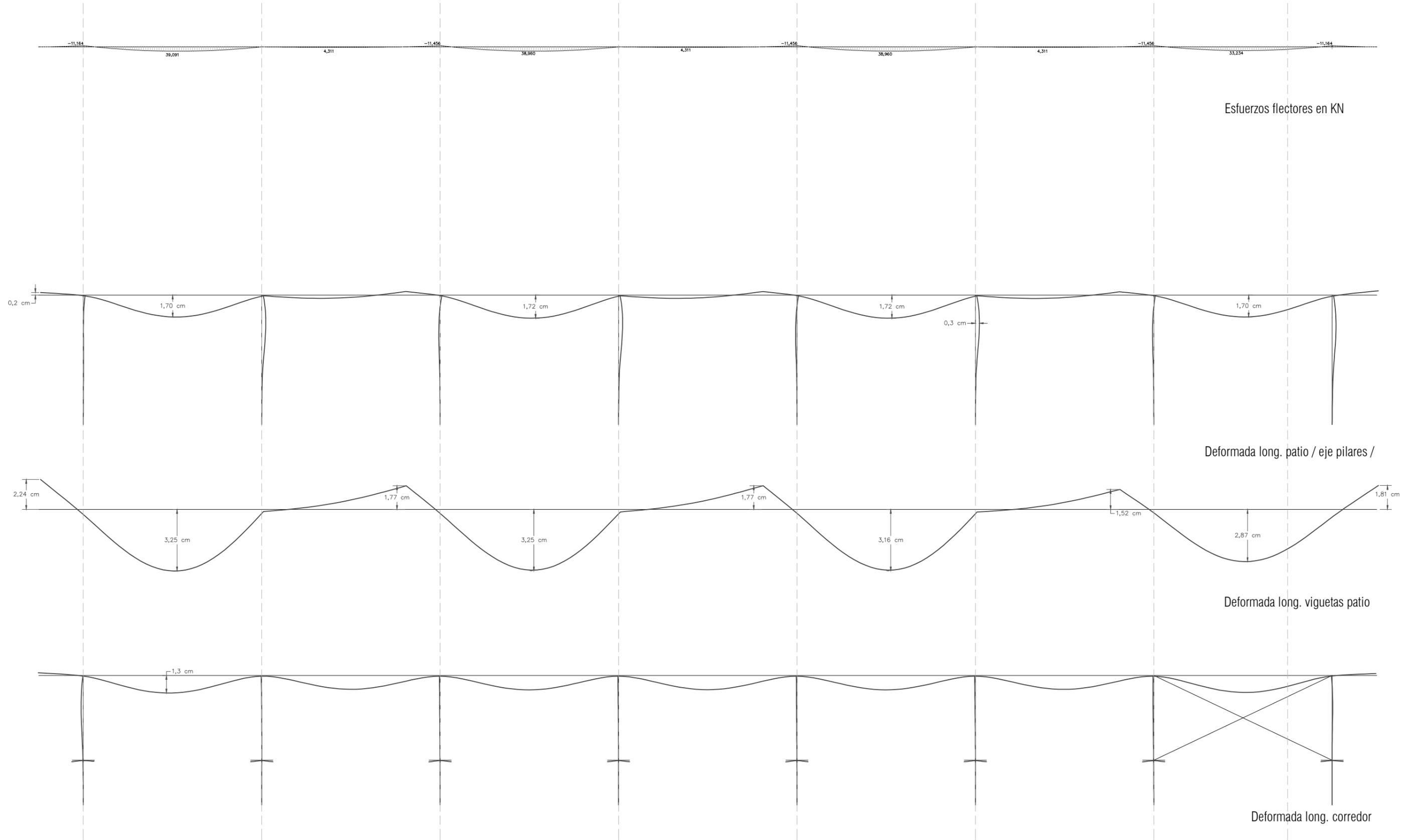


Alzado transversal deformada



Flecha máx. IPE-300  $\approx$  0,75 cm.

Deformada de la Estructura



Flecha máx. IPE-200  $\approx$  3,25 cm. ( en patios -> Vigueta biarticulada)  
Flecha máx. IPE-200  $\approx$  1,30 cm. (corredores -> Vigueta nudos rígidos)

ALIMENTACIÓN  
Nivel G. Cote: -2.00 m.

VIGAS RIOSTRAS			
BxH (cm)	Arm. superior	Arm. inferior	Estribos
30x40	2#12/1 capa	2#12	2#8/25cm

Número	Tipo	Carga (kN)	AxBxH (cm)	Armadura en A	Armadura en B
5,10,15,20,25,30,35,40	Centrada	475	170x170x90	17#20/10cm	17#20/10cm

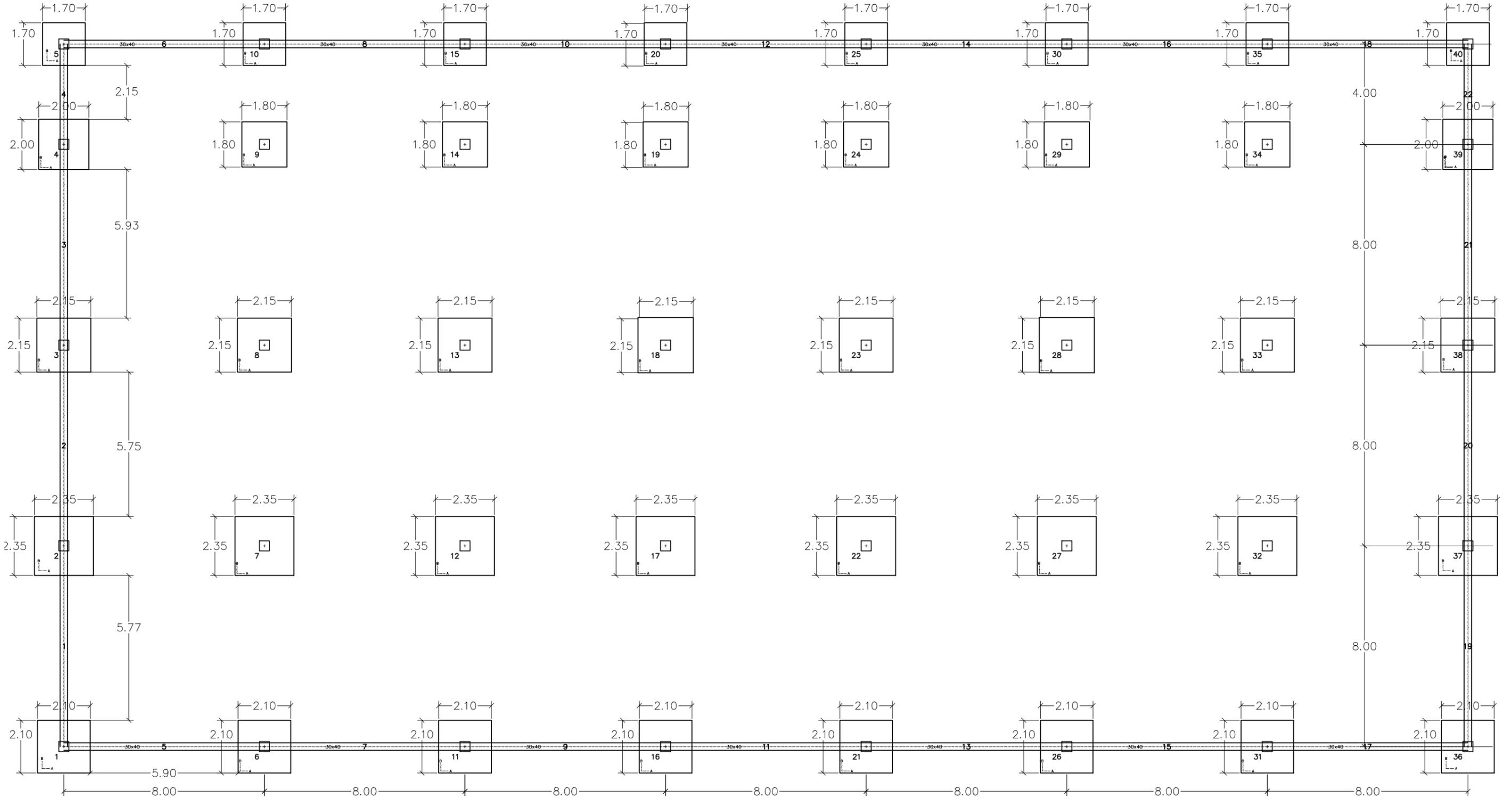
Número	Tipo	Carga (kN)	AxBxH (cm)	Armadura en A	Armadura en B
9,14,19,24,29,32	Centrada	505	180x180x90	18#20/10cm	18#20/10cm

Número	Tipo	Carga (kN)	AxBxH (cm)	Armadura en A	Armadura en B
4,39	Centrada	575	200x200x90	20#20/10cm	20#20/10cm

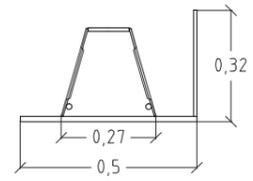
Número	Tipo	Carga (kN)	AxBxH (cm)	Armadura en A	Armadura en B
3,8,13,18,23,28,33,38	Centrada	745	215x215x90	22#20/10cm	22#20/10cm

Número	Tipo	Carga (kN)	AxBxH (cm)	Armadura en A	Armadura en B
2,7,12,17,22,27,32,37	Centrada	950	235x235x90	24#20/10cm	24#20/10cm

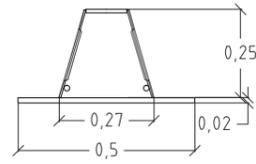
Número	Tipo	Carga (kN)	AxBxH (cm)	Armadura en A	Armadura en B
1,6,11,16,21,26,31,36	Centrada	680	210x210x90	22#20/10cm	22#20/10cm



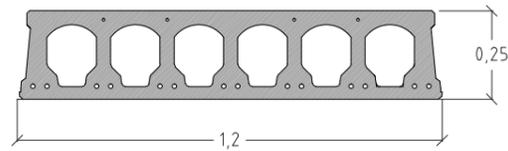
Elementos del Forjado



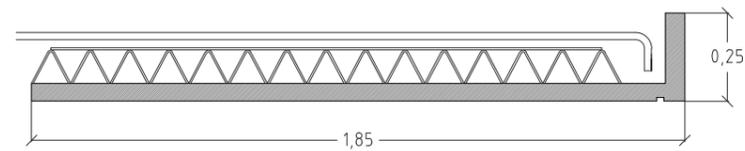
Deltabeam D-26 de borde



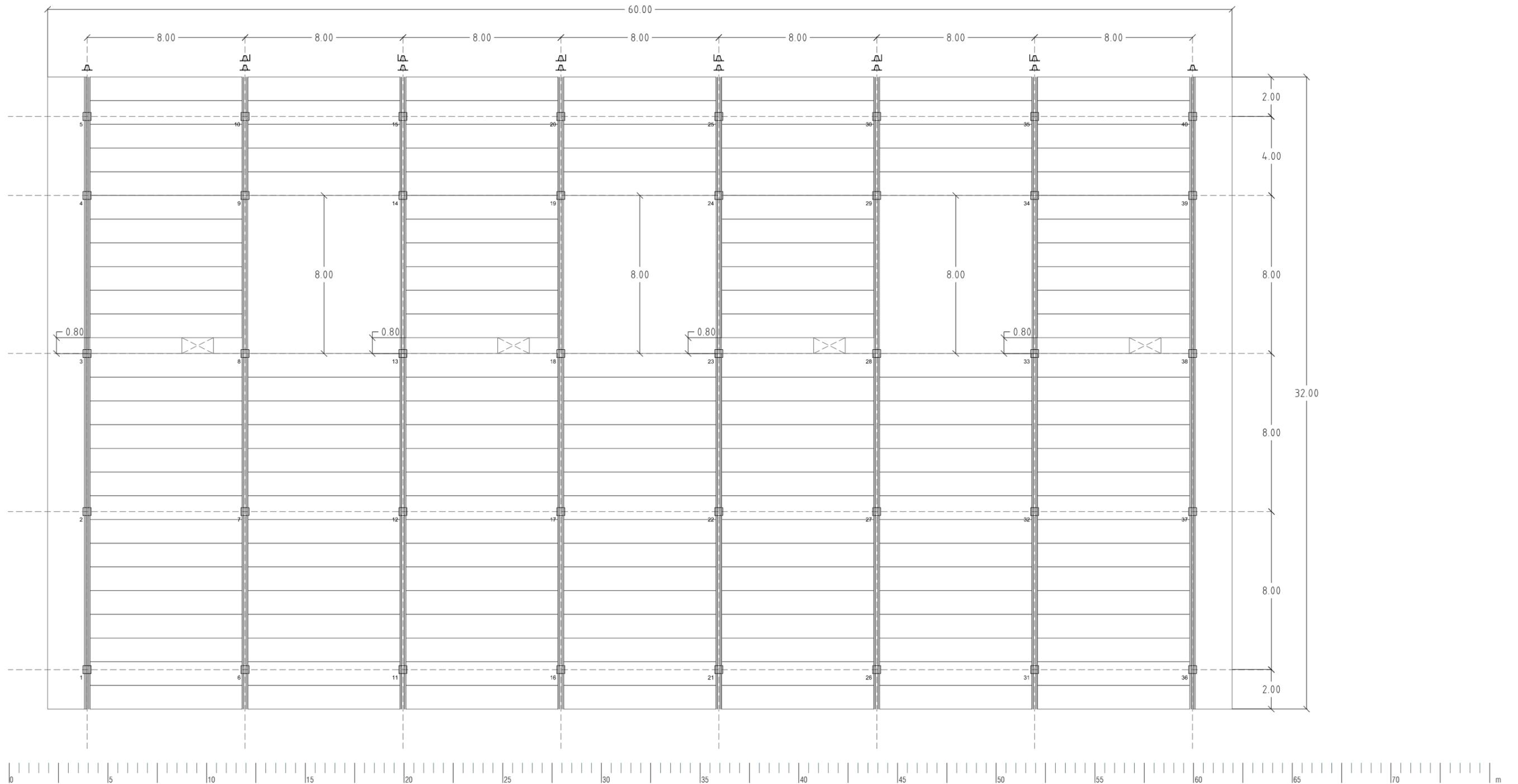
Deltabeam D-26



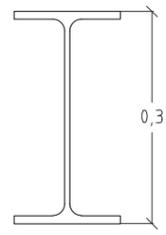
Placa alveolar h=25 cm.



Voladizo semi-prefabricado



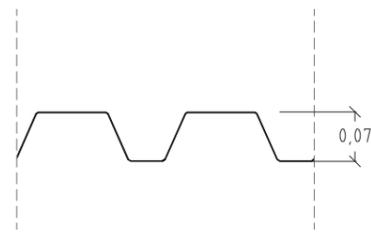
Elementos de la Cubierta



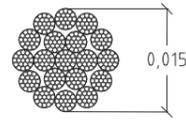
IPE-300



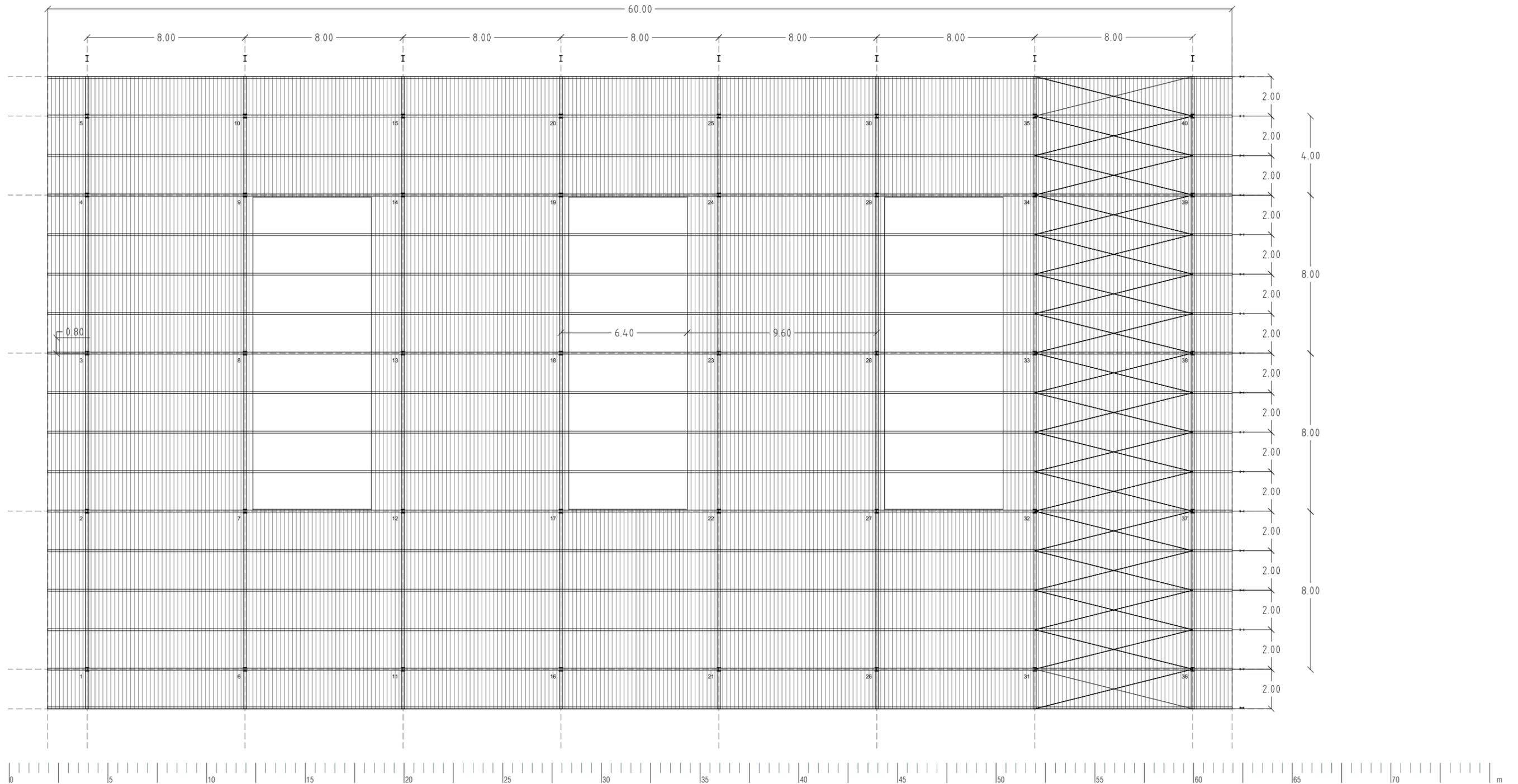
IPE-200



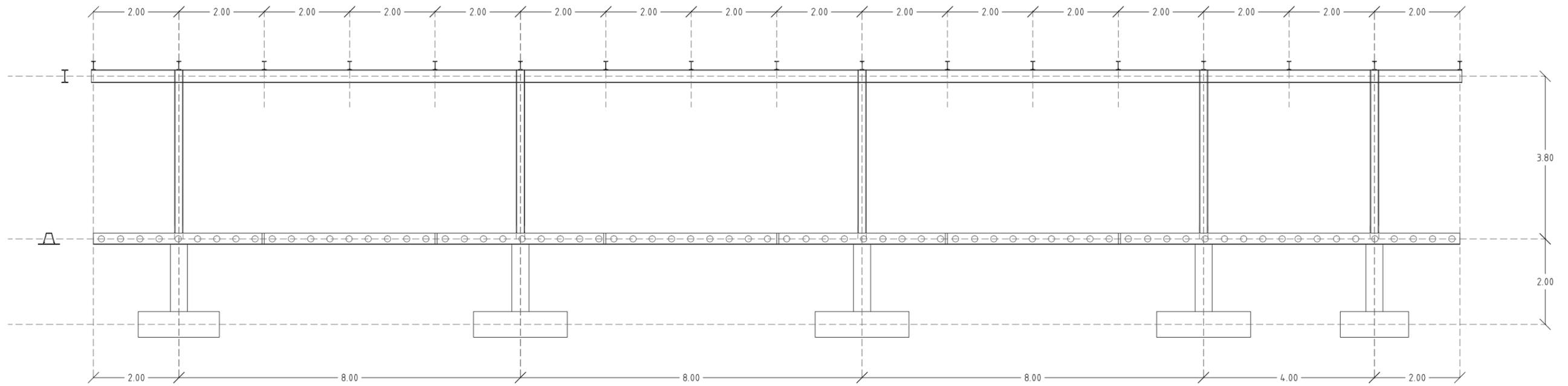
Chapa Grecada INCO 70.4



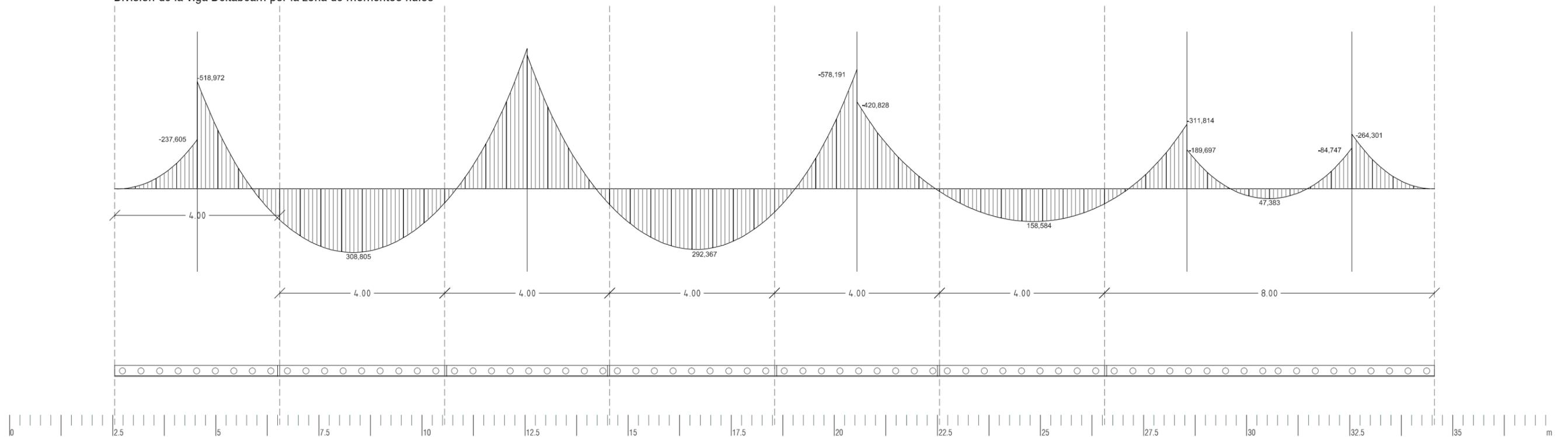
Cable estructural de acero Ø15mm

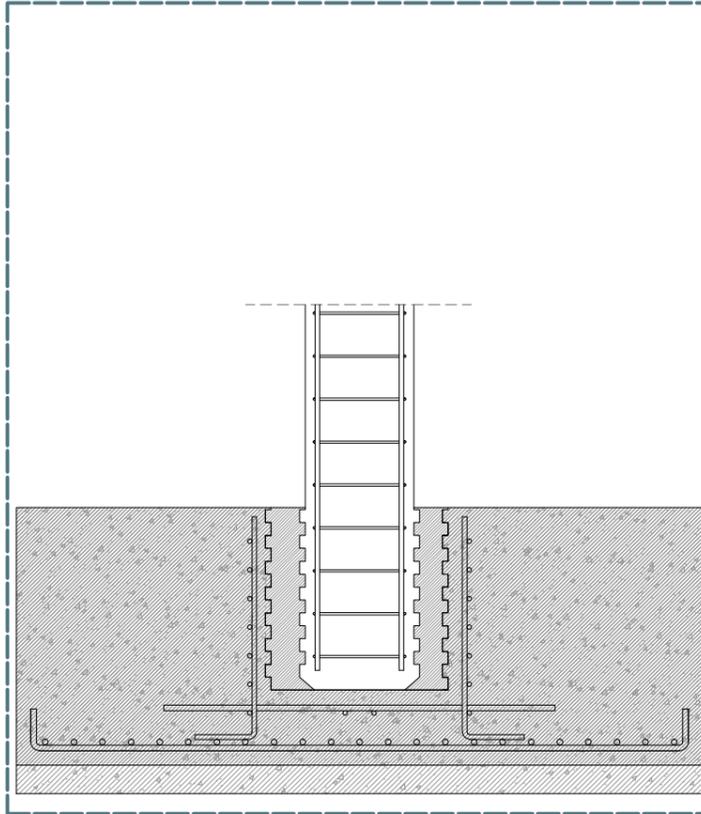


Pórtico transversal

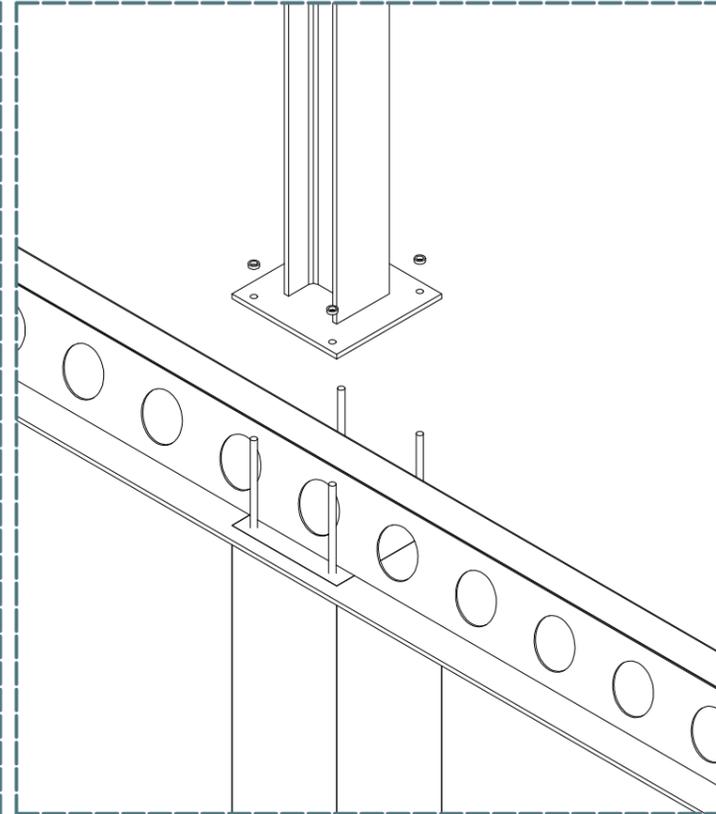


División de la viga Deltabeam por la zona de momentos nulos

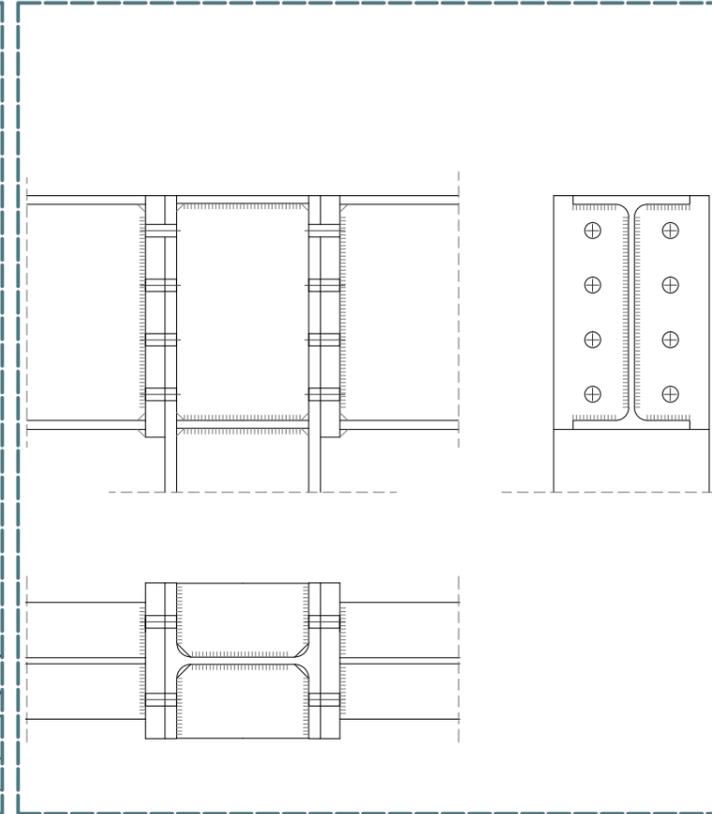




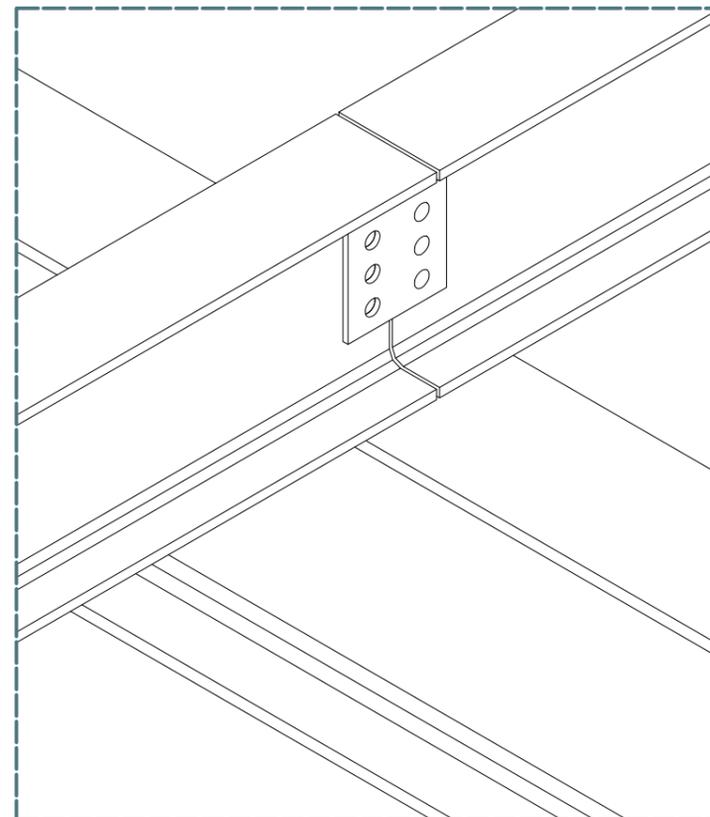
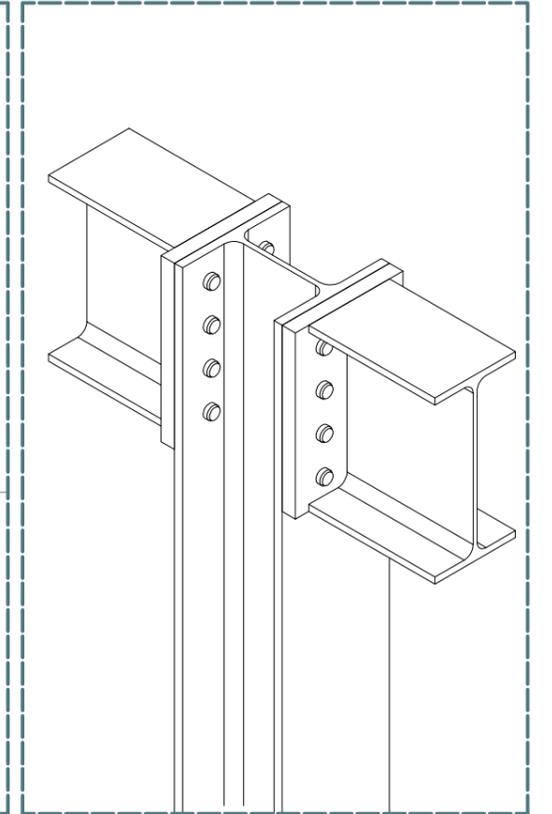
Detalle unión zapata con pilar de hormigón prefabricado



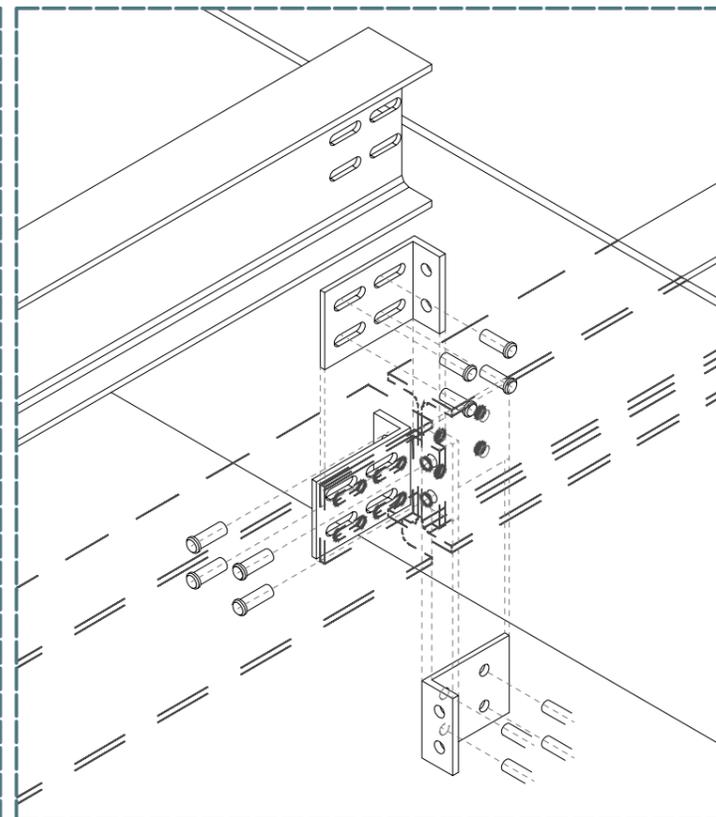
Detalle unión pilar prefabricado con viga Deltabeam y HEB-200



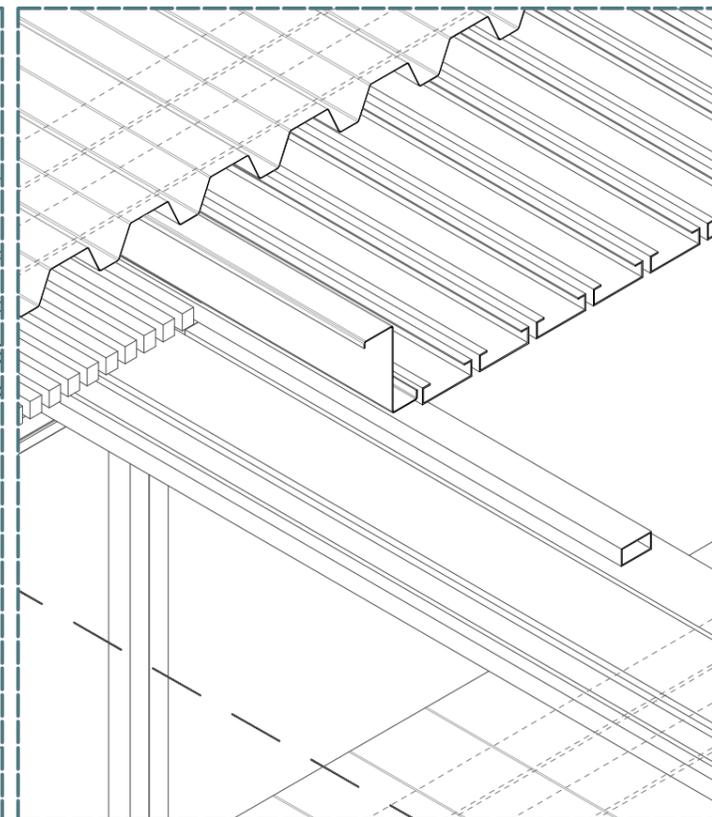
Unión vigas IPE-300 con pilar HEB-200



Unión vigueta - vigueta IPE-200



Unión vigueta - vigueta IPE-200, en patios. Unión articulada que permite el movimiento horizontal



Detalle del cerramiento entre vigueta y vigueta por encima del falso techo en los espacios climatizados

# Instalaciones

Salubridad \_ CTE DB-HS

Seguridad de Utilización y Accesibilidad\_ CTE DB-SUA

Instalación Eléctrica \_ ITC-BT

Seguridad en caso de Incendio \_ CTE DB-SI

Salubridad \_ CTE DB-HS

## 1. Calidad del aire interior

En nuestro caso, el proyecto de escuela infantil, no lo recoge el CTE, si no, que sería de aplicación lo citado en el RITE.

En el proyecto se tiene muy en cuenta la ventilación y la calidad del aire interior. Se considera que en las aulas, la sala multiusos y la sala de profesores, tienen la capacidad para estar suficientemente ventiladas adecuadamente. Éstas disponen de ventilación cruzada en las dos direcciones, Este- Oeste y Norte – Sur, con grandes ventanales que pueden abrirse más o menos según sea necesario en cada momento.

Los espacios que necesitan una ayuda extra para su correcta ventilación son los núcleos húmedos y trasteros que aparecen en cada aula y en la sala multiusos. Estos espacios disponen de un conducto de ventilación que sale directamente a cubierta, regenerando el aire de dichos espacios.

## 2. Suministro de agua

La instalación de suministro de agua desarrollada en el proyecto del edificio estará compuesta de una acometida, una instalación general y de derivaciones a cada clase.

### 2.1 Esquema general de la instalación de Agua Fría

El esquema de la instalación es de red con un único contador general, y está compuesto por las siguientes partes:

#### 2.1.1. Acometida:

La acometida de donde enganchará la instalación de agua fría del edificio se sitúa en la explanada natural del emplazamiento, en la parte Este del mismo.

#### 2.1.2. Instalación interior general

La instalación general contará con un armario, situado en el almacén de la sala de usos múltiples, al que le llegará el tubo de alimentación desde la acometida y tendrá un contador general, desde el que se distribuirá el agua fría, por una tubería principal de distribución que discurrirá cogida a una vigueta IPE-200, de parte a parte del edificio. Se considera que no es necesario un equipo de bombeo, puesto que al estar construida la escuela en una sola planta, y ésta estar, tan sólo, un metro elevada, la presión se supone suficiente para abastecer todas las tomas de agua. Por tanto el agua directamente, pasará a las derivaciones interiores, desde el contador.

#### 2.1.3. Derivaciones interiores

Conjunto de conductos verticales (montantes) y horizontales que abastecen las tomas de agua, de cada núcleo de servicios de las aulas. Estas se derivan de la distribución principal bajando y distribuyéndose por los paramentos técnicos de placas de cartón-yeso de los núcleos húmedos de cada aula. Suministran en el agua fría a: los inodoros, lavabos y pequeño termo eléctrico dispuesto en cada almacén de aula.

### 2.2 Elementos que componen la instalación de Agua Fría

#### 2.2.1 Acometida

- La acometida debe dispondrá de los elementos siguientes:

- una llave de toma o un collarín de toma en carga, sobre la tubería de distribución de la red exterior de suministro que abra el paso a la acometida;
- un tubo de acometida que enlace la llave de toma con la llave de corte general;
- Una llave de corte en el exterior del edificio, dispuesta en la plaza del mismo.

#### 2.2.2 Instalación general

La instalación general contendrá los siguientes elementos:

- Llave de corte general, para poder interrumpir el suministro de agua a todo el edificio. Estará situada en el almacén de la sala multiusos.
- Filtro de instalación general, que deberá retener los residuos que el agua pueda tener y puedan dar lugar a corrosiones de las canalizaciones metálicas. Se instalará a continuación de la llave de corte general, dentro del armario del contador general.
- Armario, que contendrá, dispuestos en el siguiente orden, la llave de corte general, el filtro de la instalación general, el contador general, una llave, un grifo de prueba, una válvula de retención y una llave de salida. Su instalación se realizará en un plano paralelo al del suelo. La llave de salida debe permitir la interrupción del suministro al edificio. La llave de corte general y la de salida servirán para el montaje y desmontaje del contador general.
- Tubo de alimentación, dispuesto después de la llave de salida, que se dispondrá a lo largo de una de las viguetas que discurren de lado a lado del edificio, por encima del falso techo registrable y visto en las zonas donde atraviesa los patios de las aulas.

#### 2.2.3 Derivaciones

Montante, que discurre verticalmente, en cada aula, por la pared técnica que separa el baño del almacén en cada núcleo de aula, desde la vigueta IPE-200 hasta la altura de 60-70 cm. del suelo. Los ramales horizontales en cada núcleo conectan cada aparato sanitario y el termo eléctrico.

En cada núcleo húmedo se dispondrá de una llave corte que reúna todos los aparatos de dicho núcleo.

## 2.3 Esquema general de instalación de ACS

Para la instalación de ACS del edificio, se dispondrá una instalación individualizada en cada clase. Con una instalación individualizada por clase, se pretende minimizar al máximo las pérdidas de calor por la tubería, ya que, por la disposición y forma del edificio, las tuberías de ACS, con una instalación centralizada, discurrirían grandes distancias, lo que, además, obligaría poner una red de retorno, por zonas interiores pero también exteriores.

La instalación de ACS que se proyecta, consiste en la disposición de un pequeño calentador eléctrico de 35 L. en el almacén de cada clase, desde el cual, se distribuye el agua caliente a los lavabos del mismo núcleo húmedo.

En lo referido a la contribución mínima de energía solar para la producción de agua caliente sanitaria, necesitamos cubrir un 50% de la demanda de ACS según la Tabla 2.1 del DB-HE, teniendo en cuenta la zona climática y la demanda de agua.

En nuestro proyecto, y puesto que en toda la cubierta del mismo se disponen láminas impermeables fotovoltaicas para el suministro eléctrico del edificio, se opta por sustituir totalmente la exigencia de instalar colectores solares, por las láminas fotovoltaicas de la impermeabilización de la cubierta.

La energía eléctrica renovable de las láminas fotovoltaicas servirá para cubrir totalmente la demanda energética de los 4 termos eléctricos de 35 l, distribuidos uno por aula, durante cualquier época del año. Además como se explica en el apartado de electrotecnia, estas láminas fotovoltaicas darán suministro eléctrico a gran parte del suelo radiante eléctrico dispuesto y al sistema de iluminación.

## 2.4 Elementos que componen la instalación de ACS

a) Sistema de generación y acumulación:

Termo eléctrico ELACELL de 35 l de capacidad y una potencia de 1,4 KW, para la obtención de agua caliente sanitaria, con resistencias eléctricas envainadas, termómetro, termostato, con depósito de hacer vitrificado y aislamiento de 2 cm de poliuretano.

b) Derivaciones interiores:

A la caldera eléctrica le llega el AF a través de la derivación individual de cada aula. Desde el acumulador de cada caldera, sale la derivación de ACS para el mismo núcleo húmedo donde se encuentra cada caldera, suministrando agua caliente sanitaria a los lavabos del aula.

## 2.5 Separaciones respecto de otras instalaciones

El tendido de las tuberías de agua fría debe hacerse de tal modo que no resulten afectadas por los focos de calor y por consiguiente deben discurrir siempre separadas de las canalizaciones de agua caliente (ACS o calefacción) a una

distancia de 4 cm, como mínimo. Cuando las dos tuberías estén en un mismo plano vertical, la de agua fría debe ir siempre por debajo de la de agua caliente.

Las tuberías deben ir por debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos o electrónicos, así como de cualquier red de telecomunicaciones, guardando una distancia en paralelo de al menos 30 cm.

## 2.6 Comprobación de contribución mínima de ACS con las láminas fotovoltaicas

Potencia instalada en cubierta (1200 m<sup>2</sup>) = 60 KW

**Producción eléctrica anual = 76.380 KWh**

**Gasto anual de los 4 calentadores eléctricos = h/día x días/año x KW x N° = 3 x 175 x 1,4 x 4 = 2.940 KWh**

Por lo que, tenemos suficiente energía renovable para cubrir el 100 % de la demanda de ACS en nuestro edificio.

### 3. Evacuación de aguas

#### 3.1 Descripción general del sistema

Se proyecta un sistema separativo de evacuación de aguas.

Se dispondrá una red para las aguas residuales, con los colectores horizontales por debajo del forjado, con una arqueta de registro a su paso por cada núcleo húmedo de aulas, hasta la red general que se encuentra en la plaza que generan los dos edificios preexistentes y el edificio proyectado.

Las aguas pluviales se evacúan en cubierta mediante un sistema de gárgolas dispuesto en el perímetro del edificio, que más adelante justificaremos. En el forjado del edificio donde discurre la actividad del mismo, se disponen sumideros bajo el pavimento elevado que desaguan directamente al terreno.

#### 3.2 Aguas Pluviales

Como ya hemos comentado el sistema de recogida de aguas pluviales es diferente en cubierta y en el forjado elevado edificio.

-En la cubierta, tras pensar varios sistemas de red de recogida de aguas pluviales, se ha considerado que, dado el emplazamiento del edificio, rodeado de vegetación, y por su forma y construcción de la cubierta, el mejor sistema para evacuar las aguas pluviales es por un sumidero lineal dispuesto en a cada lado longitudinal de la cubierta, que evacua el agua mediante gárgolas, dispuestas en el perímetro, al terreno preparado en todo el perímetro del edificio.

Este sistema, permite hacer la misma función que si dispusiéramos una red interior de aguas pluviales, pero de una manera mucho más sencilla y directa, sin ningún detrimento para el edificio, ni para sus usuarios, dado su emplazamiento y su disposición en él.

- Forjado +1.00, bajo el pavimento elevado se disponen sumideros puntuales, que atraviesan las placas alveolares, y evacúan directamente al terreno. Se ha optado por este sistema, ya que, dicho forjado, recibirá muy poca agua de lluvia, pues tiene la cubierta encima, que recibirá casi la totalidad de las precipitaciones, y por lo tanto, el terreno bajo el edificio, no se preparará de manera especial, pues no se verá afectado por la disposición puntual de dichos sumideros.

#### 3.3 Aguas Residuales

La red de saneamiento estará formada por los siguientes elementos:

-Desagües y derivaciones de los aparatos sanitarios de los núcleos húmedos de cada clase: el trazado tendrá una pendiente superior al 2% y la distancia máxima a la bajante será de 4 metros, el desagüe de los inodoros a las bajantes se realizará por medio de un manguetón de acometida de longitud igual o menor a 1 metro. Si la distancia fuera mayor, se colocará un colector con pendiente superior al 5% bajo el forjado.

-Pequeña bajante vertical, a la que acometen las anteriores derivaciones.

- Sistema de ventilación: por tratarse de una zona del edificio únicamente una planta, se considera excesivo prolongar las bajantes en 2 metros por encima de la cubierta. Para resolver el problema de la ventilación se prolongan las bajantes hasta la cubierta, sin sobrepasarla, y se colocan válvulas de aireación tanto para ventilación primaria como secundaria, que se encargan de dejar pasar aire a las bajantes cuando se produce una subpresión, evitando que se vacíen los sifones de los aparatos sanitarios y por tanto los malos olores.

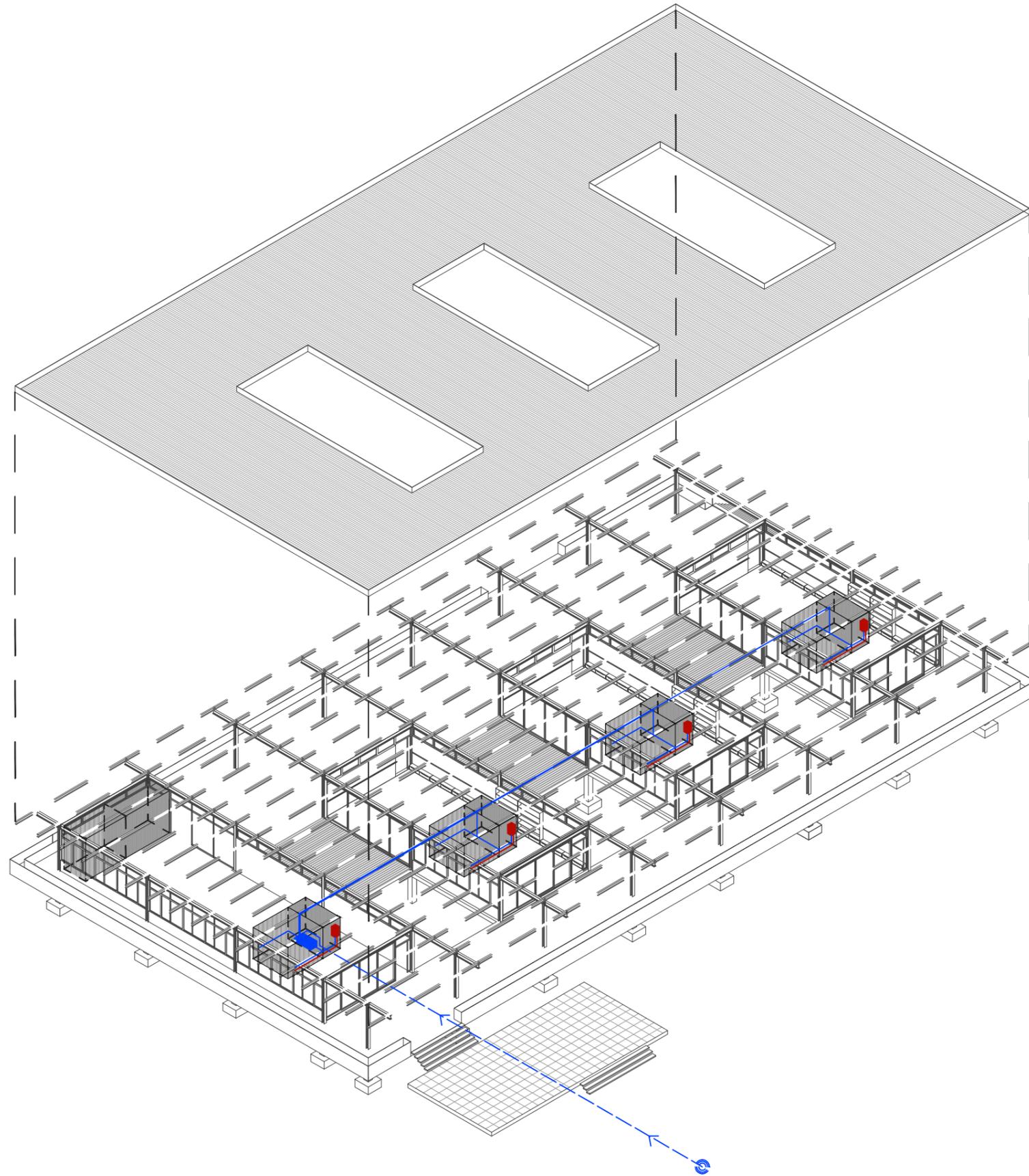
- Red de colectores horizontales con pendiente mayor de los 2%, situados bajo el Forjado +1.00.

-Conexión con la red de saneamiento existente.

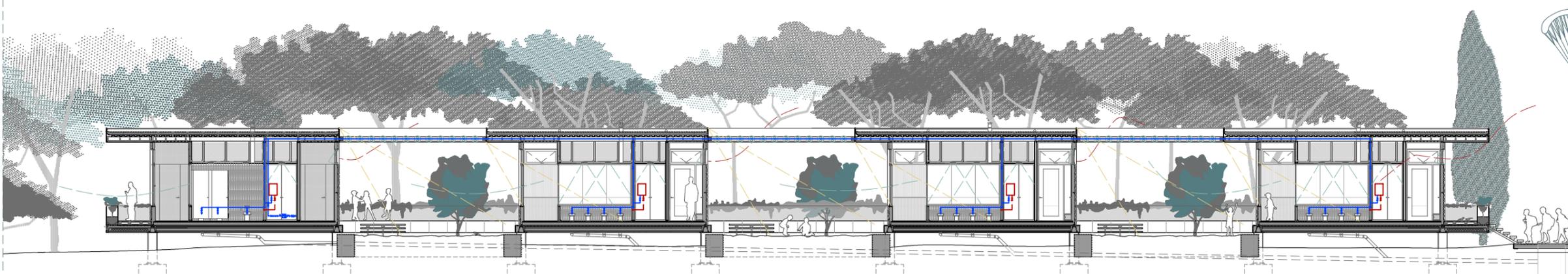
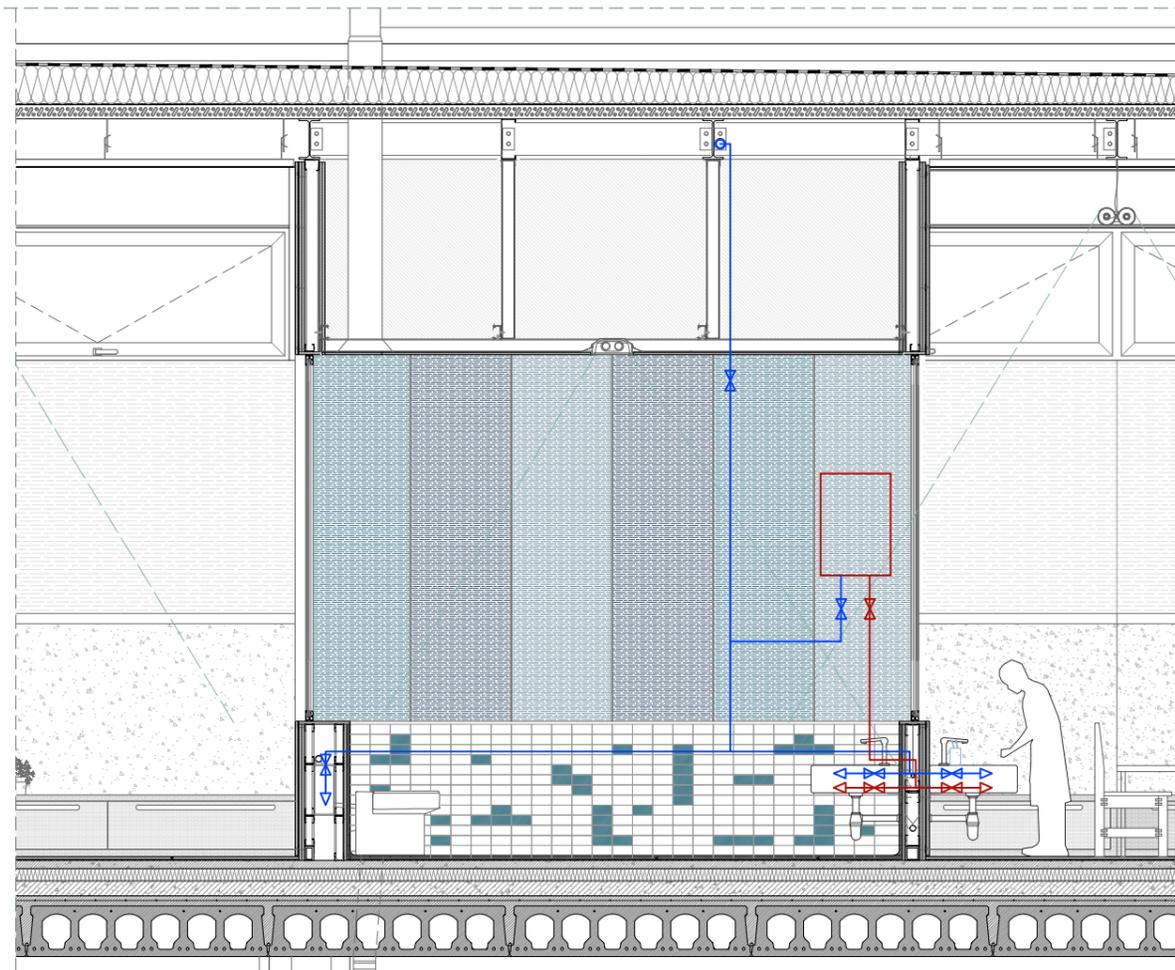
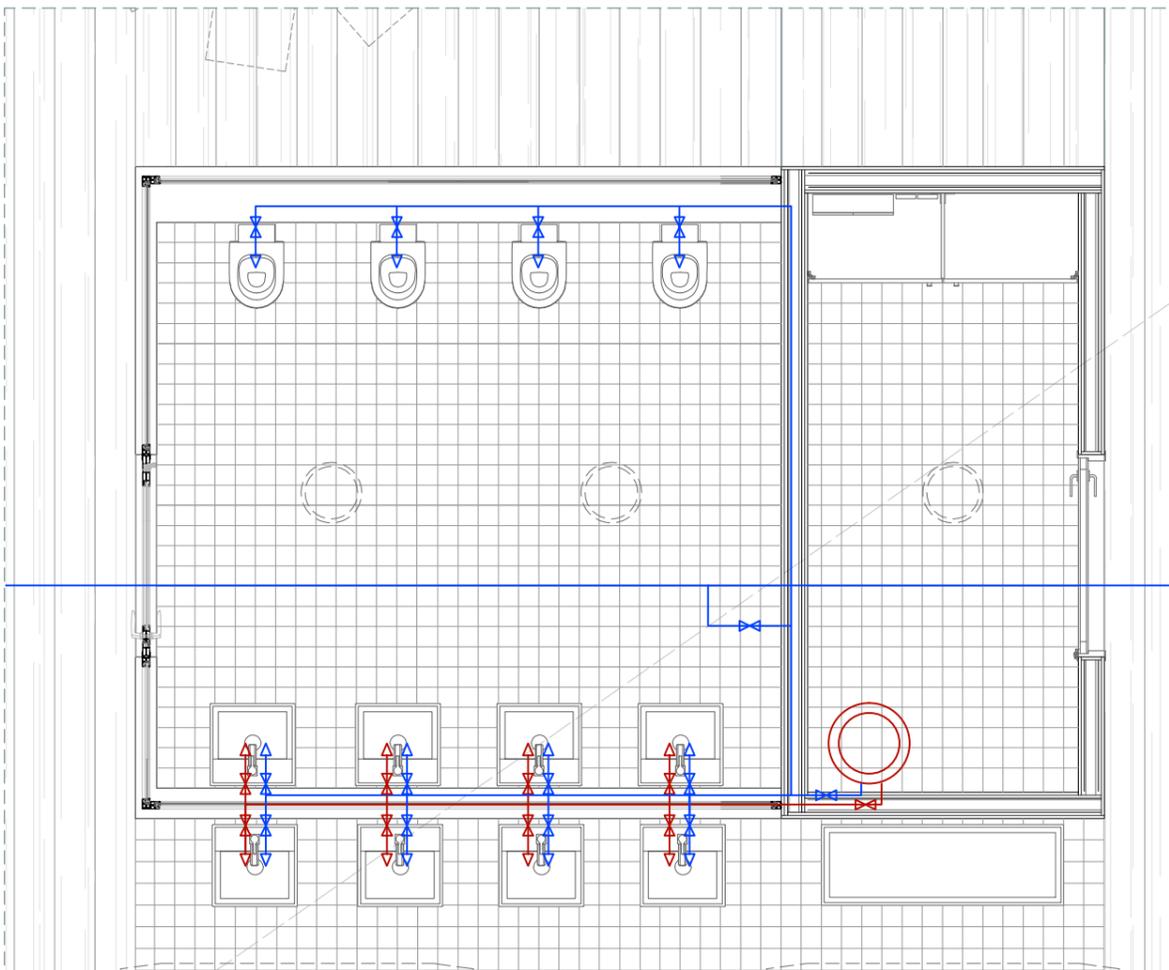
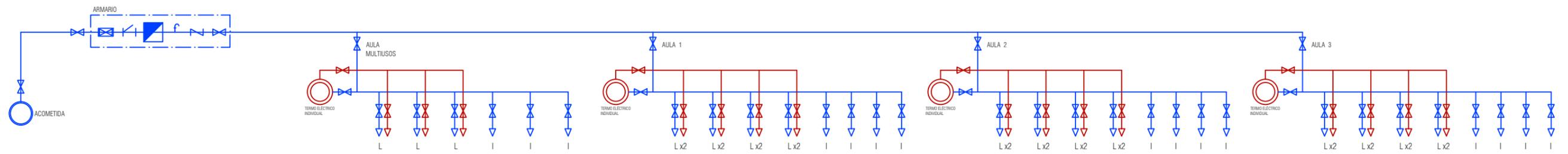


- LEYENDA AF + ACS
- Toma agua fría
  - Toma agua caliente sanitaria
  - Conducto agua fría
  - Conducto agua caliente
  - ∩ Llave de paso
  - ∩ Válvula de retención
  - ∩ Filtro
  - Contador
  - Llave de registro
  - Grifo de pureba
  - Acometida
  - Termo eléctrico





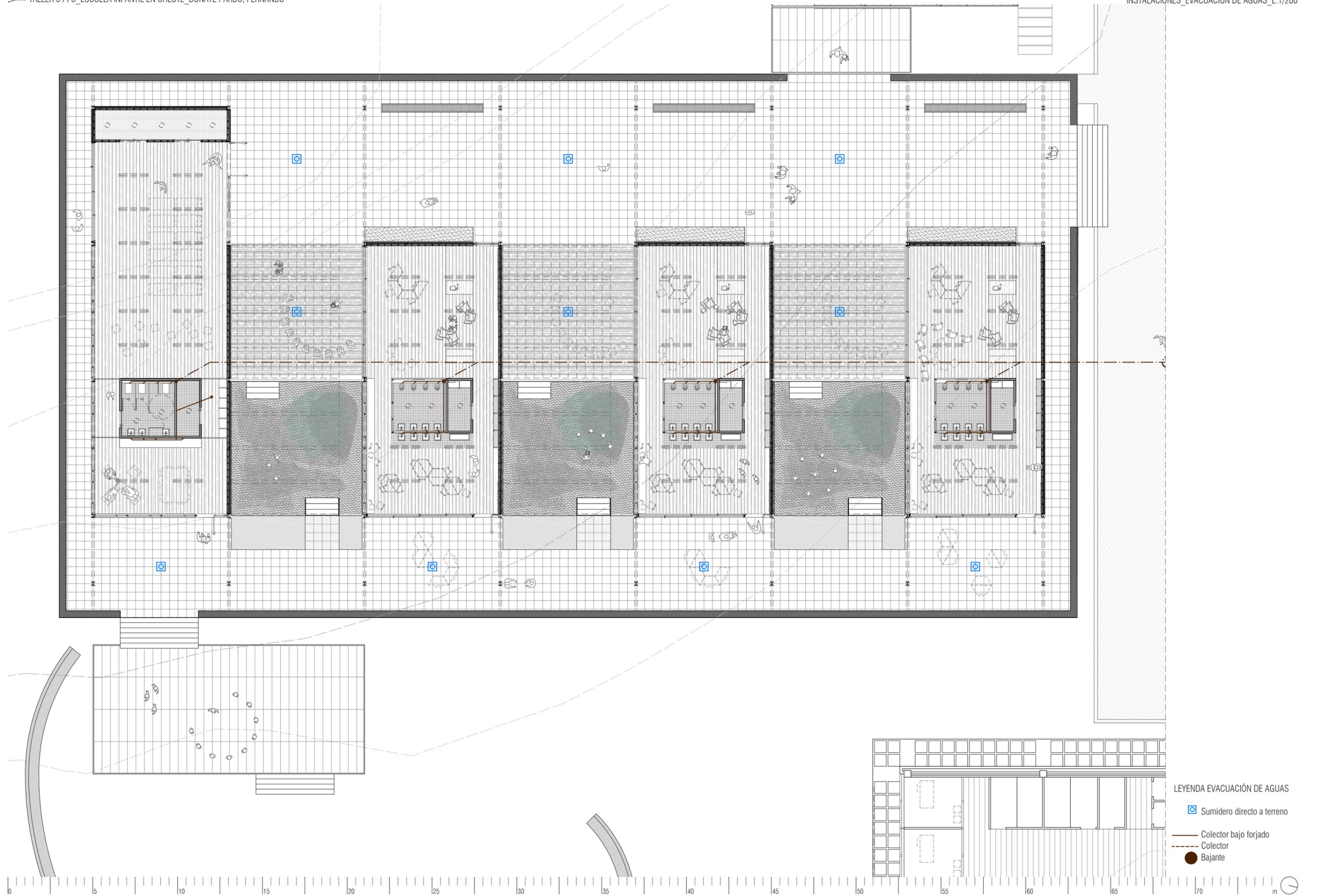
La instalación de AF se distribuye desde el núcleo de instalaciones de la sala multiusos, donde se disponen los accesorios principales de la misma, y se distribuye por la la vigueta de cubierta que recorre el edificio, pinchando en el núcleo de cada aula. El agua caliente sanitaria se genera de manera individualizada en cada clase, mediante un pequeño termo eléctrico, para así mejorar la eficiencia y no tener grandes pérdidas, puesto que, las tuberías serían de gran recorrido por lugares no climatizados. Los termos eléctricos están abastecidos totalmente mediante la energía renovable eléctrica que obtenemos de las láminas fotovoltaicas.

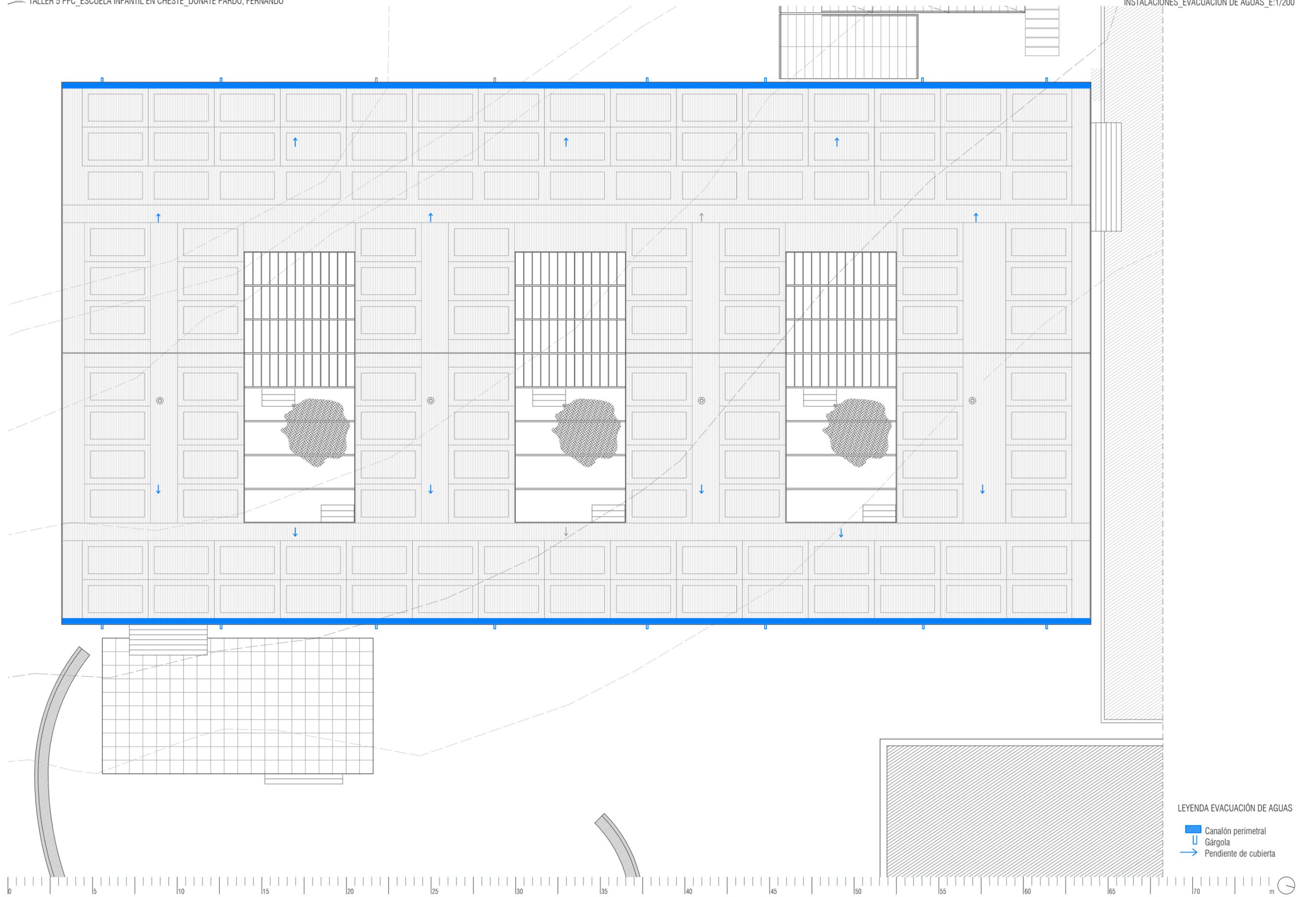


LEYENDA AF + ACS

- Toma agua fría
- Toma agua caliente sanitaria
- Conducto agua fría
- Conducto agua caliente
- Llave de paso
- Válvula de retención
- Filtro
- Contador
- Llave de registro
- Grifo de pureba
- Acometida
- Termo eléctrico



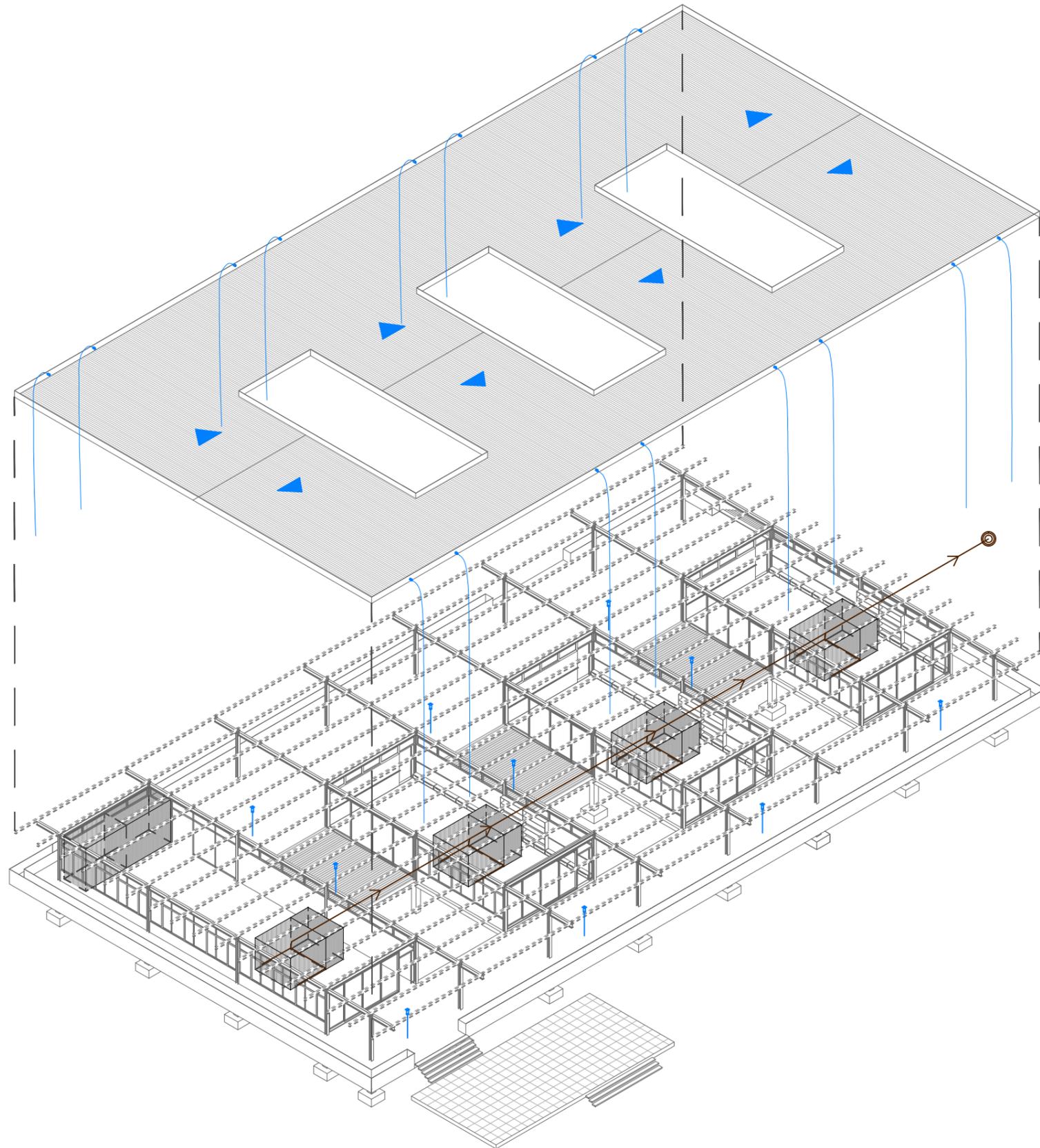




LEYENDA EVACUACIÓN DE AGUAS

- Canalón perimetral
- Gárgola
- Pendiente de cubierta





Las aguas pluviales del edificio no disponen de instalación de tuberías por el interior del edificio. En cubierta se recogen en un canal a ambos lados de la ésta y directamente mediante gárgolas el agua se evacua del edificio al terreno natural que le rodea. En el forjado se disponen unos sumideros, bajo el pavimento elevado, que desaguan directamente al terreno, la poca agua que puede caer en él. Las aguas residuales se canalizan por una tubería debajo del forjado hasta la plaza donde se dispone la tubería principal.

**S**eguridad de **U**tilización y **A**ccesibilidad\_ CTE DB-SUA

## 1. Seguridad frente al riesgo de caídas

### 1.1 Desniveles

Con el fin de limitar el riesgo de caída, existirán barreras de protección en los desniveles y huecos en las que haya una diferencia de cota mayor a 55 cm.

En nuestro caso la barrera de protección anti-caídas que se dispone en todo el perímetro del edificio, por estar éste elevado 1 m del plano del suelo, es una jardinera de 0,70 m altura y 0,50 m de ancho, que actúa de barandilla para evitar la caída de los niños y adultos al terreno. Se considera suficiente, aunque sea menor de 0,90 m por su anchura y su característica de jardinera con vegetación y no tener ningún elemento escalable. La altura de 90 cm más la altura de la vegetación haría imposible la visibilidad del niño hacia el exterior, creando así una barrera visual para éste. Se puede asemejar a las barreras permitidas delante de asientos, con una medida de 0,7 m de altura y 0,5 m de ancho. Por ello, y puesto que la jardinera tiene un ancho considerable se acepta su disposición como barrera protectora perimetral.

En los patios naturales de las aulas, en contacto con el terreno, no se disponen barreras, ya que, la altura de caída es de 50 cm.

La plataforma que se genera en la parte Este del edificio, tampoco se dispone barrera, ya que, queda por debajo del límite de 55 cm de altura.

### 1.2 Escaleras y rampas

Las escaleras y las rampas que se disponen para salvar la altura de 1m a la que está elevada el edificio cumplen las siguientes condiciones:

Las escaleras tienen una huella de 28 cm y una contrahuella de 0,167cm, cumpliendo así la normativa exigida. En cuanto al ancho de las mismas, cumplen la exigencia con holgura, puesto que, tienen como mínimo 6,4 metros de ancho. Todas las escaleras son de 1 único tramo, puesto, que son de 6 escalones.

La rampa que se dispone en la parte Oeste del edificio para hacer de éste un edificio accesible, se proyecta en tres tramos de 3 m, con una pendiente del 10%, y con un descansillo después de cada tramo de 1,5 m. Todo el recorrido de la rampa dispone de barandilla de 1 m de altura, conforme a la normativa.

## 2. Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo

Se limitará el riesgo de electrocución y de incendio causado por la acción del rayo, mediante instalaciones adecuadas de protección contra el rayo.

### 2.1 Procedimiento de verificación

Será necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo cuando la frecuencia esperada de impactos  $N_e$  sea mayor que el riesgo admisible  $N_a$ .

La frecuencia esperada de impactos,  $N_e$ , puede determinarse mediante la expresión:

$N_e = N_g \cdot A_e \cdot C_1 \cdot 10^{-6}$  [ $n^\circ$  impactos/año], donde:

-  $N_g = 2$  (densidad de impactos sobre el terreno ( $n^\circ$  impactos/año,  $km^2$ ), obtenida según la figura 1.1)

-  $A_e$ , superficie de captura equivalente del edificio aislado en  $m^2$ , que es la delimitada por una línea trazada a una distancia  $3H$  de cada uno de los puntos del perímetro del edificio, siendo  $H$  la altura del edificio en el punto del perímetro considerado.  $A_e = 5.611 m^2$ .

-  $C_1 = 2$ , ya que nos encontramos en la montaña con una densidad de edificios muy baja.

$N_e = 2 \times 5611 \times 2 \times 10^{-6} = 0,022444$  impactos/año,  $km^2$

El riesgo admisible se calcula a partir de la siguiente expresión:

$N_a = (5.5 / C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5) \cdot 10^{-3}$ , donde:

-  $C_2 = 0,5$

-  $C_3 = 1$

-  $C_4 = 3$

-  $C_5 = 1$

$N_a = 0,003667$  impactos/año,  $km^2$

Como podemos observar  $N_e = 0,0224 > N_a = 0,0036$  por lo que necesitamos instalar un sistema de protección contra el rayo.

La eficacia  $E$ , de la instalación que necesitaremos se calcula mediante la expresión:

$E = 1 - (N_a / N_e) =$

$E = 0,837$

En nuestro caso obtenemos, según los datos  $N_a$  y  $N_e$  calculados anteriormente, una eficacia necesaria de  $E = 0,837$ . Según la *tabla 2.1 Componentes de instalación*, para un valor de  $E$  comprendido entre  $0,80 \leq E \leq 0,95$ , tenemos que instalar un para-rayos con un **nivel de protección 3**.

La instalación dispondrá de un sistema externo, pararrayos con dispositivo de cebado, de un sistema interno, unido a la estructura metálica del edificio, y una red de tierra adecuada para dispersar en el terreno la corriente de descargas atmosféricas.

## 3. Accesibilidad

Con el fin de facilitar el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura de los edificios a las personas con discapacidad se cumplirán las condiciones funcionales y de dotación de elementos accesibles.

### 3.1 Condiciones de accesibilidad

#### 3.1.1 Condiciones funcionales

Tanto las proximidades del edificio como el propio edificio disponen de un itinerario accesible mediante rampas.

#### 3.1.2 Dotación de elementos accesibles

El edificio dispone de un aseo accesible, de uso compartido para ambos sexos, en la sala de usos múltiples.

En las zonas de ocupación nula como almacenes, los interruptores, dispositivos de intercomunicación y los pulsadores de alarma serán mecanismos accesibles.

En las zonas de atención al público, además de haber un recorrido accesible, el mobiliario fijo de dichas zonas incluirá un punto de atención accesible.

### 3.2 Condiciones y características de la información y señalización para la accesibilidad

#### 3.2.1 Dotación

Con el fin de facilitar el acceso y la utilización independiente, no discriminatoria y segura de los edificios, se señalarán los siguientes elementos:

-Entrada accesible al edificio e itinerarios accesibles

-Aseos de uso accesible y general

-Itinerario accesible que comunique la vía pública con los puntos de llamada accesibles o, en su ausencia, con los puntos de atención accesibles

Las entradas al edificio accesibles, los itinerarios accesibles, las plazas de aparcamiento accesibles y los servicios higiénicos accesibles (aseo, cabina de vestuario y ducha accesible) se señalarán mediante SIA, complementado, en su caso, con flecha direccional.

Los servicios higiénicos de uso general se señalarán con pictogramas normalizados de sexo en alto relieve y contraste cromático, a una altura entre 0,80 y 1,20 m, junto al marco, a la derecha de la puerta y en el sentido de la entrada.

**I**nstalación **E**léctrica \_ ITC-BT

Se proyecta una instalación eléctrica en el edificio, en la que, una gran parte de la demanda energética del mismo, será abastecida por la captación de energía fotovoltaica, proveniente de las láminas impermeables fotovoltaicas que se disponen en toda la cubierta de la escuela infantil.

En relación con la decisión de abastecer casi totalmente la demanda energética del edificio mediante el sistema de láminas fotovoltaicas en cubierta, se decide que, el consumo energético para calefacción, mediante mallas de fibra de vidrio con conductos de carbono, y ACS se eléctrico. Siendo de esta manera coherentes con la generación y gasto de la energía, creando un edificio en el que, consuma la energía que produce.

## 1. Estimación de la potencia total del edificio

Para el cálculo de la potencia del edificio se hace una estimación que según el reglamento de baja tensión para edificios comerciales o públicos, ITC-10, es de 100W/m<sup>2</sup>. Con ese dato, y teniendo en cuenta que la escuela tiene un total de 1920 metros cuadrados construidos en una única planta, obtenemos una potencia de:

$$100\text{W/m}^2 \times 1920 \text{ m}^2 = 192\text{Kw}$$

Ahora calculamos la intensidad de nuestra derivación principal, a partir de los 192Kw de potencia trifásica:

$$I = 192.000 / [\sqrt{3} * 400 * 1] = 277\text{A}$$

## 2. Descripción de los elementos que componen la instalación

### 2.1 Centro de transformación

Según el art. 47 Ap.5, cuando la potencia solicitada para un local, edificio o agrupación de éstos sea superior a 100 kW, será necesaria la instalación de un transformador que permita la conexión de la red del edificio a la red general de media tensión, produciéndose la transformación a baja tensión en el indicado local. En nuestro caso, la previsión es de  $P = 192 \text{ kW} > 100 \text{ kW}$ , por lo que sería necesaria la reserva de este local de 500 x 300 cm.

Al ser una intervención de ampliación del edificio administrativo del Complejo Educativo de Cheste y éste disponer ya de centro de transformación en el interior del mismo, se decide transformar de media a baja tensión en dicho centro de transformación.

### 2.2 Acometida

Es parte de la instalación de la red de distribución, que alimenta la caja de protección y medida. Los conductores serán de cobre o aluminio. Esta línea está regulada por la ITC-BT-11.

La acometida eléctrica al edificio se produce de forma subterránea. Se conecta con un ramal de la red de distribución general que pasa la plaza principal que une los dos edificios. Entra al edificio por el forjado inferior del mismo, en el cuarto de instalaciones, situado en la sala multiusos.

### 2.3 CGP + Contador bidireccional

Dado que solo hay un contador por tratarse de un único usuario, en vez de una Caja General de Protección se coloca una Caja de Protección y Medida, que lleva incorporado directamente el contador bidireccional, para llevar hasta la red el sobrante de energía producida por las láminas fotovoltaicas, ahorrando el tramo de LGA (línea general de alimentación). Se sitúa en un armario junto en el cuarto de instalaciones eléctricas en la sala multiusos, con acceso para mantenimiento y medida.

En nuestro caso particular se ha estimado la potencia total de la escuela en unos 192kW con corriente trifásica como se explicará a continuación, lo que obliga a disponer fusibles en la Caja de Protección y Medida de 277A. No existen cajas de protección y medida (CPM) para intensidades de corriente tan elevadas, y se decide utilizar una **CMT**, que es una **Caja de Medida indirecta mediante Transformadores de intensidad** para suministros trifásicos hasta 198, con contador trifásico electrónico combinado y tres transformadores de intensidad tipo CAP de hasta 300A.

### 2.4 Captación de energía fotovoltaica

Se disponen en cubierta **láminas impermeables fotovoltaicas**, haciendo la doble función de impermeabilizar y transformar la radiación solar en energía eléctrica. Para el conexionado en paralelo de las diferentes láminas, se dispone un cuadro de continua, que permite interrumpir la generación de un grupo de láminas fotovoltaicas, sin afectar al resto. Esta corriente se conduce hasta un **equipo inversor**, que transforma la corriente continua en alterna, adecuándola para su consumo. Antes de este cuadro inversor se instala un **cuadro general de continua** para el seccionamiento completa de la instalación al inversor, permitiendo la desconexión de entradas de forma segura, sin riesgo de choque eléctrico. Tras el inversor se dirige a la caja de protección y medida (CMT), con **contador bidireccional**, para poder tarifar la energía excedente vertida a la red. Por último se instala un **transformador** que convierte la corriente para su vertido a la red eléctrica.

La instalación se hace con láminas Rubbersun de Giscosa, compuestas por la membrana impermeabilizante de caucho EPDM con módulos fotovoltaicos de células fabricadas en silicio amorfo.

Se instalan 1200 m<sup>2</sup> de láminas fotovoltaicas, de los 1920 m<sup>2</sup> que disponemos en cubierta. Obtenemos así una instalación de 60 KW, que producen anualmente una media de 76.400 KWh. Dejando de emitir cada año, una cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente a la que limpiarían 20.000 árboles al año.

### 2.5 Cuadro general de baja tensión (CGT)

Que reúne todos los distintos cuadros generales del edificio y sus circuitos. Tendrá interruptores generales y de protección. Situado en el mismo cuarto de instalaciones eléctricas de la sala multiusos.

### 2.6 Derivaciones individuales

Las derivaciones individuales enlazan cada contador con su correspondiente cuadro general de mando y protección. Para suministros monofásicos estarán formadas por un conductor de fase, un conductor de neutro y uno de protección, y para suministros trifásicos por tres conductores de fase, uno de neutro y uno de protección.

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se hará de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto, por el falso techo, en dirección de la vigueta en cajeados siguiendo a ésta, y en dirección perpendicular, por encima de las viguetas y entre los huecos de 7x15 cm que deja la chapa grecada de cubierta, hasta el núcleo central de cada aula.

Los tubos y canales protectoras que se destinen a contener las derivaciones individuales deberán ser de una sección nominal tal que permita ampliar la sección de los conductores inicialmente instalados en un 100%, siendo el diámetro exterior mínimo de 32 mm.

## 2.7 Cuadros generales de distribución

Se diferencian 5 zonas en total estando cada una de ellas alimentada por una línea eléctrica independiente. Todas ellas parten del cuadro general del edificio, donde será posible su manipulación de forma autónoma. Cada una de las 5 líneas eléctricas tiene como final un cuadro general de distribución.

Los diferentes cuadros generales de distribución son:

1. Sala Multiusos
2. Aula 1
3. Aula 2
4. Aula 3
5. Zona exterior

Desde cada uno de estos cuadros saldrán varios circuitos, incluyendo siempre el de iluminación, alumbrado de emergencia, y tomas de corriente (además de las líneas de voz y datos).

## 2.8 Circuitos y conductos hasta aparatos

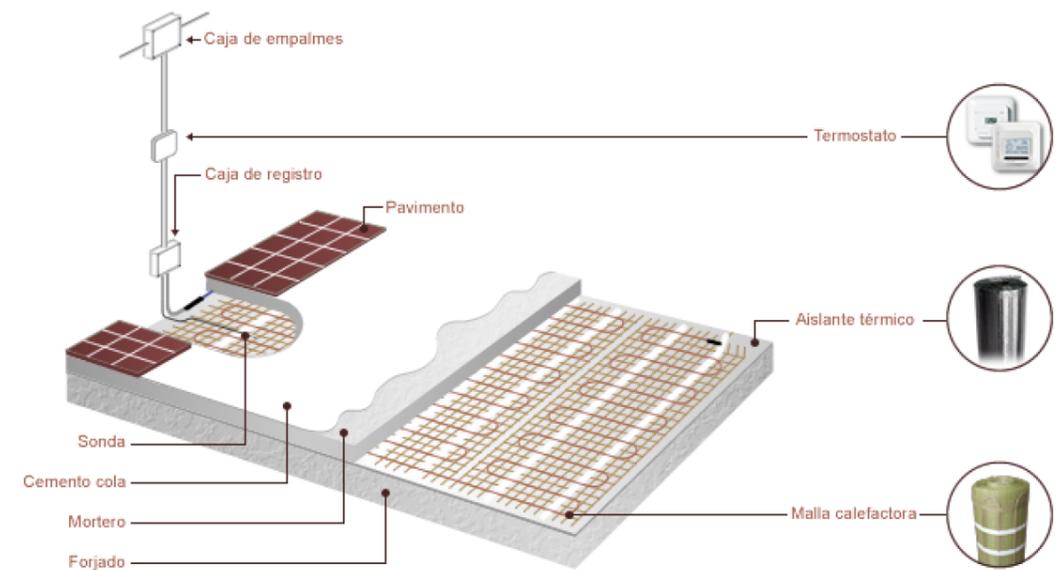
Los circuitos de iluminación discurrirán siempre, tanto en zonas exteriores como interiores, por el falso techo entre las greclas de la chapa de la cubierta. Los demás circuitos dispuestos en los paramentos del perímetro del aula llegaran a éstos bajo el pavimento, colocados al tiempo de la calefacción radiante eléctrica, y se distribuirán perimetralmente por el paramento.

## 2.9 Aparatos eléctricos

Los aparatos eléctricos que tendremos en cada aula serán:

1. Luminarias
2. Enchufes (corriente, datos,...)
3. Termo eléctrico 35 L
4. Calefacción radiante.

Esquema suelo radiante eléctrico con mallas



Se efectúa un cálculo aproximado para ver la energía que producimos y la energía que consume el sistema elegido, donde veremos si el edificio es más o menos autosuficiente.

Se estima un consumo diario de 5h enchufada la calefacción sin contar los intervalos de apagado por llegar a la temperatura deseada.

100 m<sup>2</sup> de aula -> 5h/día -> 46 Kwh/día x 4 aulas -> **184 Kwh/ día**

Por lo que tenemos un gasto energético diario en el total del edificio, proveniente de la calefacción de unos 185 KWh.

Nuestras láminas fotovoltaicas producen diariamente 76400 Kwh / 365 días = **215 Kwh/día**

Además podemos sumarle el gasto eléctrico ya calculado de los 4 termos eléctricos que producen el ACS de 16,8 Kwh/día

Por lo que, la instalación de láminas fotovoltaicas, abastece en su totalidad la demanda energética de calefacción y ACS (184 + 17 = 201 Kwh/día < 215 Kwh/día).

### 3. LUMINOTÉCNIA

#### 3.1 Tipos de luminarias

En el proyecto se eligen tres tipos de luminarias para resolver la iluminación artificial de la escuela infantil. Se diferencian según su posición en el edificio, zona exterior, interior o núcleo de baños y cuarto de instalaciones.

A continuación se describen por espacios la luminaria elegida:

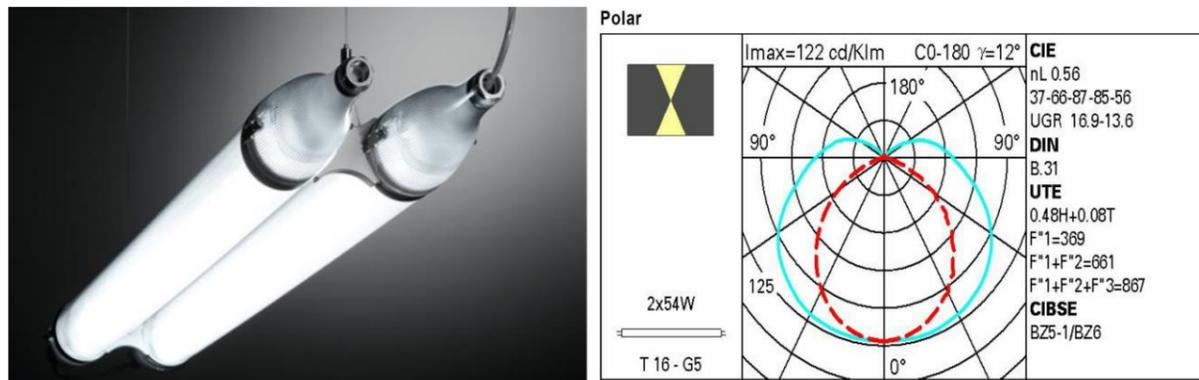
##### 3.1.1 Zonas Interiores (Aulas + S.Multiusos + S. Profesores)

#### iSign 110 suspension\_iGuzzini

Se dispone en las tres aulas dobles, sala multiusos y sala de profesores. Colgadas del techo, sujetas a las viguetas, se disponen de dos en dos cada 2 m.

##### Descripción técnica

Luminaria colgada del techo, destinada al uso de lámparas fluorescentes T16. Cuerpo externo y cabezal fabricados en policarbonato con tratamiento anti UV, estructura interna fabricada en aluminio y lámina de acero. Cuerpo y cabezal en policarbonato transparente rugoso, deslumbramiento luminoso limitado. El doble prensacables M24 permite utilizar cables eléctricos Dmax=15,5 mm. Preparada para el cableado pasante, incorporando cables internos y clemas de conexión rápida. Fijación del cabezal mediante clip de acero inoxidable, operaciones de mantenimiento sin necesidad de herramientas. Placa extraíble para la sustitución de la lámpara. Clemas de conexión rápida para interrupción de la conexión eléctrica en caso de apertura de un cabezal.



##### 3.1.2 Núcleos húmedos + Cuartos de instalaciones y trasteros

#### Sistema easy MH circular\_iGuzzini

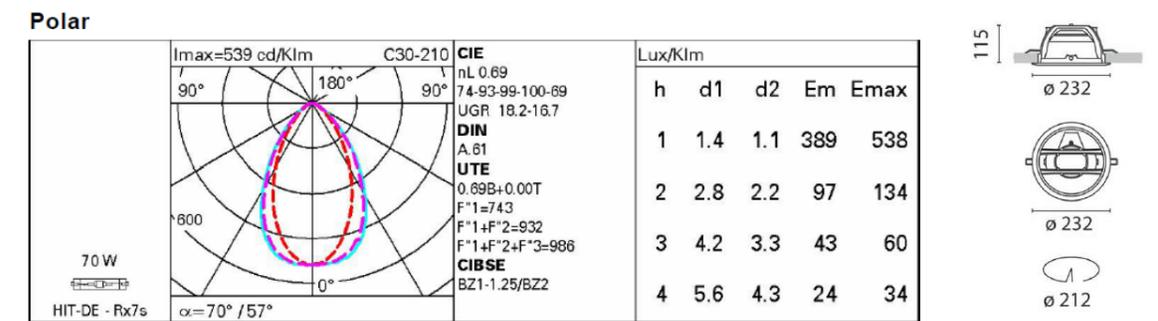
Se proyectan para los 4 aseos del edificio, trastero y cuartos de instalaciones, empotradas en el falso techo.

##### Descripción técnica

Empotrable realizado en aluminio fundición a presión destinado al uso de lámparas de halogenuros metálicos (HITDE). La estructura fundida a presión actúa como disipadora del calor optimizando las prestaciones y garantizando un rendimiento que alcanza hasta un 75%. El reflector de aluminio superpuro abrigantado está dividido en dos partes. La primera, sobre la fuente luminosa, actúa como recuperadora del flujo; la otra, fijada al aparato con un sistema de muelles de contraste, se puede extraer para realizar un mantenimiento veloz y sin problemas. La caja de portacomponentes separada de la luminaria está preparada para el cableado con conexión rápida. Los muelles de fijación garantizan un anclaje óptimo en falsos techos con un espesor desde 1 hasta 25 mm. Los aparatos, adecuados para la instalación en locales públicos, se pueden instalar en superficies con materiales inflamables.

Luminarias empotrables para interiores

39 Blanco/Aluminio
 78 Gris/aluminio



##### 3.1.3 Zonas exteriores

#### LUXALON® LIGHTLINES\_Luxalon+Hunter Douglas

En las zonas exteriores, con falso techo de lamas metálicas de 5 cm de ancho de lama y 5 cm de ancho de hueco, se disponen integradas en ese hueco de 5 cm entre lamas, ancladas a éstas como si de otra lama se tratara.

## Descripción técnica

Los sistemas Lightlines de Luxalon® son tiras de LED embutidas en policarbonato extrusionado que se acoplan en las entrecalles de nuestro techo Multi-Panel. Una amplia variedad de opciones garantiza un diseño de techo exclusivo; elija entre 6 colores distintos (blanco, blanco cálido, ámbar, rojo, verde y azul) y 6 longitudes distintas que oscilan entre los 160 y los 1.160 mm.

El sistema Lightlines de Luxalon® integrado en el sistema Multi-panel consta de 3 piezas visibles:

1 = Multi-Panel (30B/80B/130B/180B)

2 = Perfil Intermedio

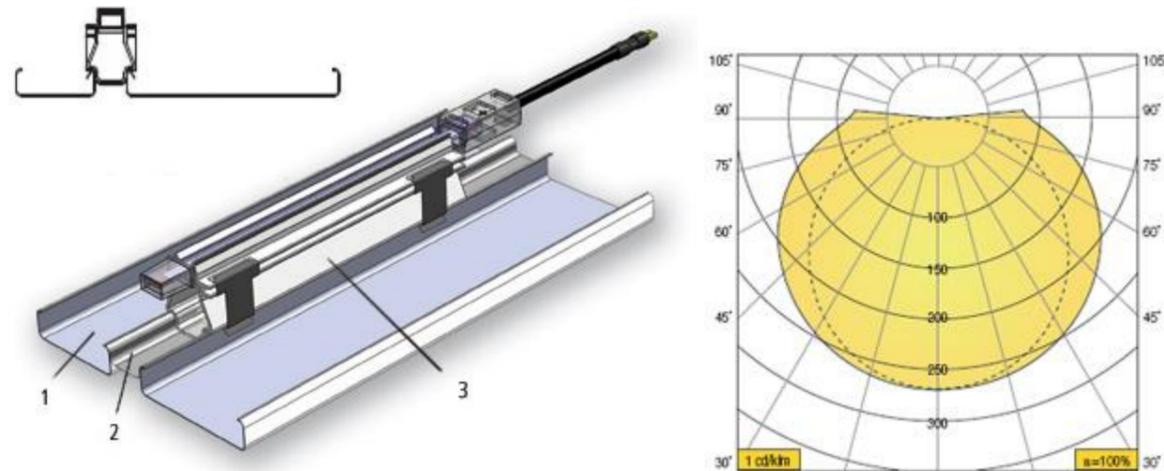
3 = Sistema Lightlines

Oculto en el plénum:

Enchufe de 6 vías

Cables de conexión

Transformador



### 3.2 Cálculo del número de luminarias

#### 3.2.1 Aulas, iSign 110 suspension\_iGuzzini

-Z. Diáfana:

Cálculo del flujo luminoso total necesario:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = \frac{300 \cdot (8 \times 8)}{0,5 \cdot 0,8} = \frac{19200}{0,40} = 48.000 \text{ lúmenes}$$

Determinación del número de luminarias que se precisa para alcanzar el nivel de iluminación adecuado:

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} = \frac{48000}{2 \cdot 4450} = 5,4 \rightarrow 6 \text{ luminarias dobles}$$

- Taller:

Cálculo del flujo luminoso total necesario:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = \frac{300 \cdot (8 \times 5)}{0,55 \cdot 0,8} = \frac{12.000}{0,44} = 27.272 \text{ lúmenes}$$

Determinación del número de luminarias que se precisa para alcanzar el nivel de iluminación adecuado:

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} = \frac{27272}{2 \cdot 4450} = 3,1 \rightarrow 4 \text{ luminarias dobles}$$

#### 3.2.2 Almacenes y cuartos de instalaciones, Sistema easy MH circular\_iGuzzini

-Almacén aulas:

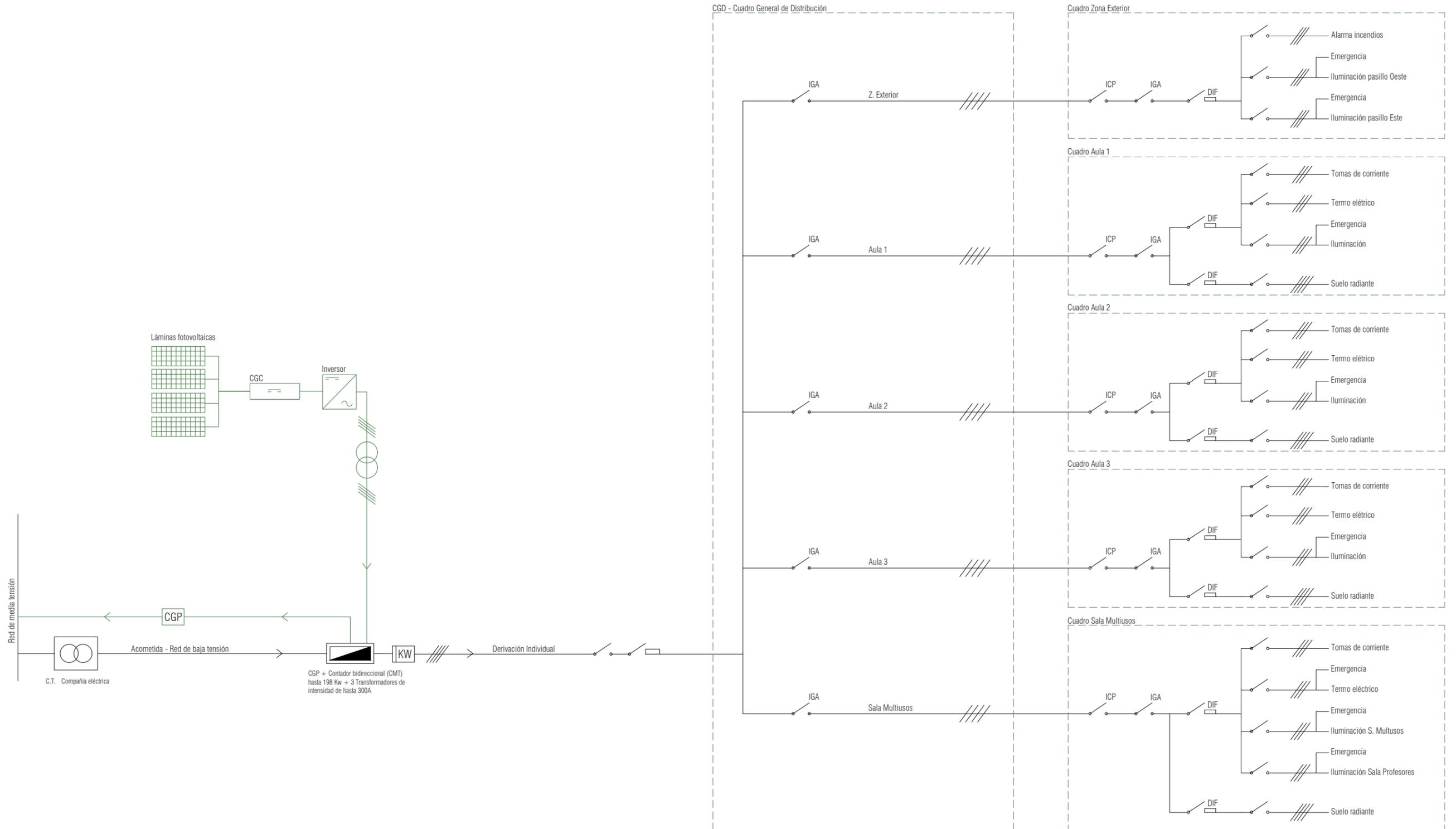
Cálculo del flujo luminoso total necesario:

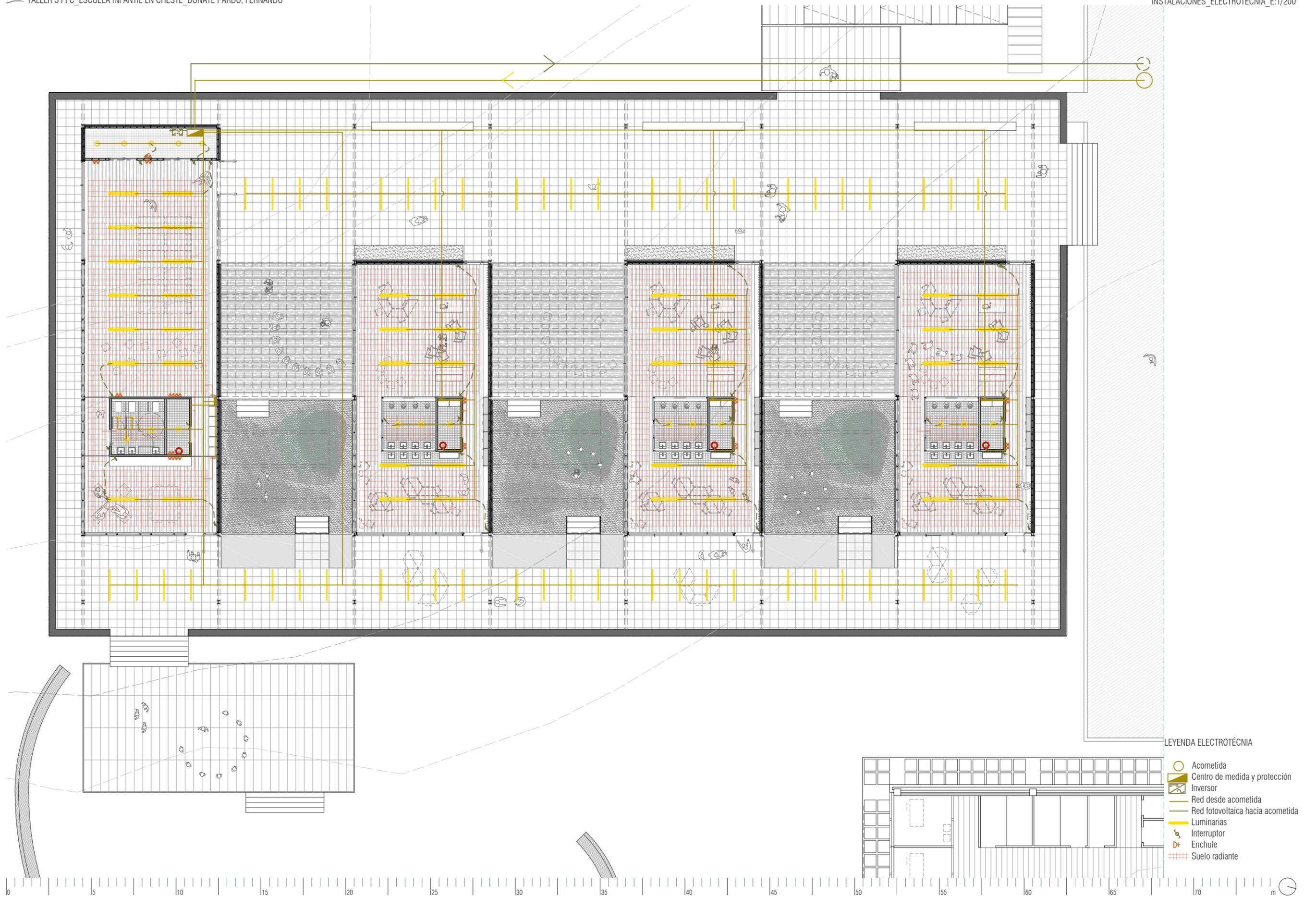
$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = \frac{100 \cdot (3 \times 1,5)}{0,8 \cdot 0,8} = \frac{450}{0,64} = 703 \text{ lúmenes}$$

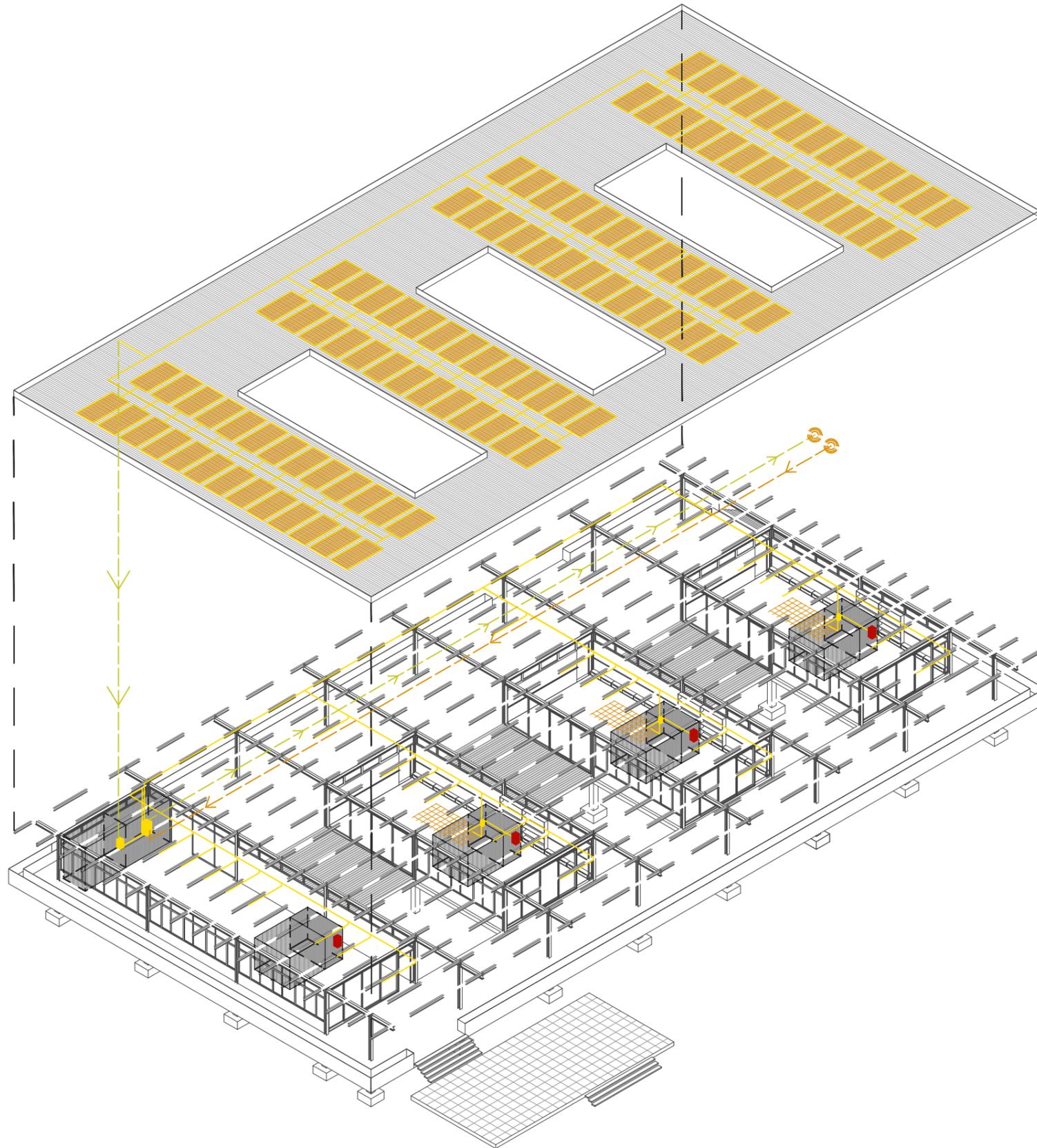
Determinación del número de luminarias que se precisa para alcanzar el nivel de iluminación adecuado:

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} = \frac{703}{1 \cdot 1100} = 0,64 \rightarrow 1 \text{ luminaria}$$

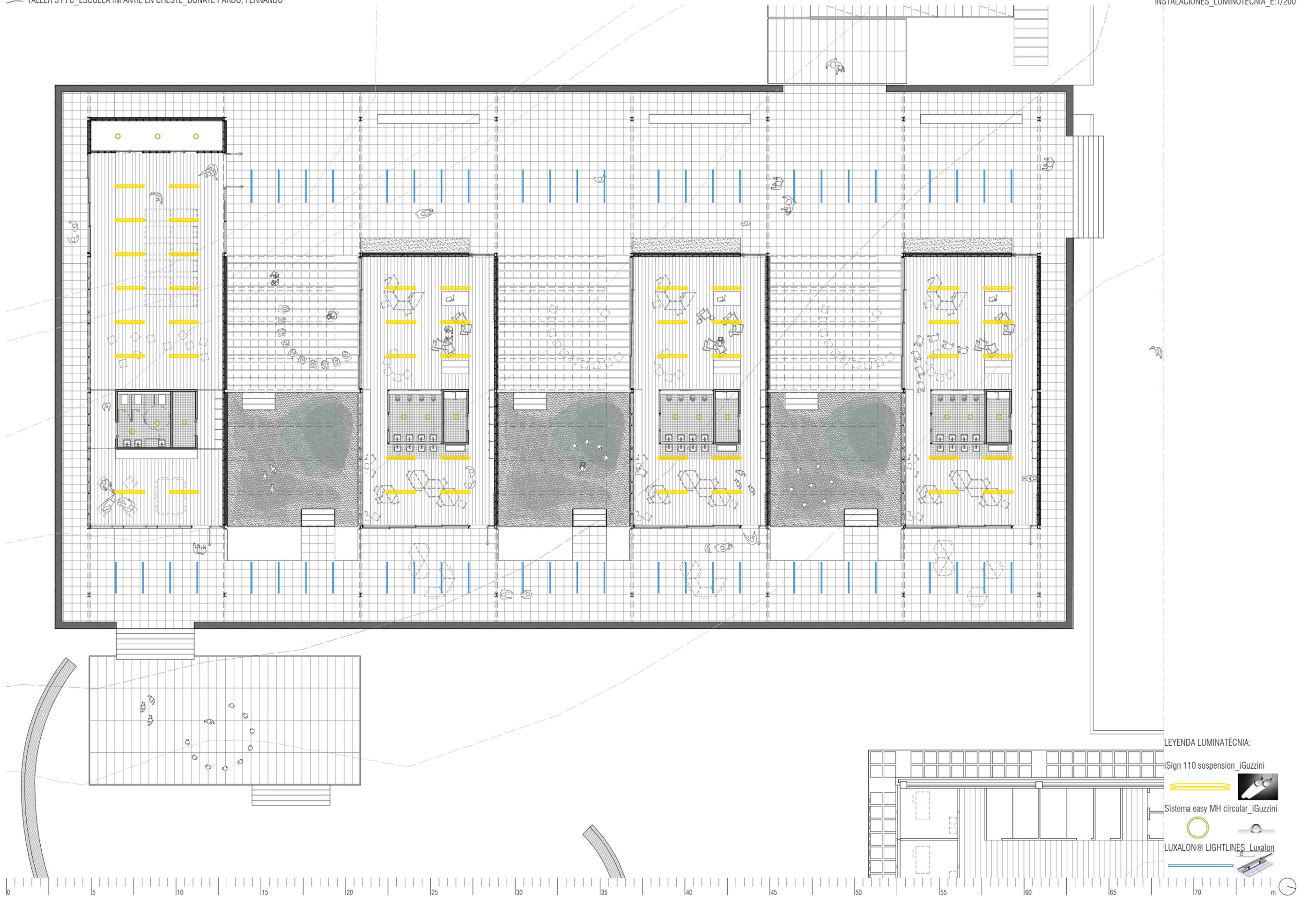
A continuación se presenta la documentación gráfica, donde se puede ver la disposición y el número de cada tipo de luminaria.







La instalación eléctrica se abastece de la red general y ,además, y en su mayor parte, por las láminas impermeables fotovoltaicas de la cubierta. El cuarto para la instalación eléctrica se dispone en el almacén de la sala multiusos, desde donde se distribuye por el falso techo del edificio. En dirección perpendicular a las viguetas discurre por las aberturas que deja la chapa grecada de 7 cm de altura, por donde llega hasta las aulas. La instalación eléctrica renovable abastece la demanda eléctrica del termo eléctrico y de la calefacción radiante eléctrica de hilos de carbono de cada clase, auto-abasteciéndose eléctricamente, en gran medida.



**S**eguridad en caso de **I**ncendio \_ CTE DB-SI

## 1. Propagación Interior

### 1.1 Compartimentación en sectores de incendio

Para la compartimentación en sectores de incendio tendremos en cuenta el uso previsto del edificio, su superficie y el número de plantas.

Puesto que nuestro edificio es de uso docente, y todo el programa educativo discurre en una misma planta, independientemente de la superficie construida del edificio, y con lo citado en la *Tabla 1.1 del DB-SI*, no es necesario que esté compartimentado en sectores de incendio.

### 1.2 Locales y zonas de riesgo especial

Puesto que el edificio proyectado se abastece de la cocina y comedor dispuestos en el edificio preexistente, estos lugares quedarán fuera de nuestra clasificación de locales de riesgo especial, ya que, no se incluyen dentro del nuevo proyecto construido.

Por lo que se considerarán locales de riesgo bajo:

-Locales dispuestos en cada aula y zona multiusos por contar con contadores eléctricos y cuadros generales de distribución.

Estos locales, dispuestos en el núcleo de instalaciones y servicios de cada aula, deberán cumplir las siguientes condiciones:

**Tabla 2.2 Condiciones de las zonas de riesgo especial integradas en edificios <sup>(1)</sup>**

Característica	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
Resistencia al fuego de la estructura portante <sup>(2)</sup>	R 90	R 120	R 180
Resistencia al fuego de las paredes y techos <sup>(3)</sup> que separan la zona del resto del edificio <sup>(2),(4)</sup>	EI 90	EI 120	EI 180
Vestíbulo de independencia en cada comunicación de la zona con el resto del edificio	-	Si	Si
Puertas de comunicación con el resto del edificio	EI <sub>2</sub> 45-C5	2 x EI <sub>2</sub> 30 -C5	2 x EI <sub>2</sub> 45-C5
Máximo recorrido hasta alguna salida del local <sup>(5)</sup>	≤ 25 m <sup>(6)</sup>	≤ 25 m <sup>(6)</sup>	≤ 25 m <sup>(6)</sup>

Para satisfacer las condiciones se revestirán los paramentos de dichas salas con tabiques de cartón-yeso con estructura con perfiles de 70 mm y doble placa ignífuga a cada lado, obteniendo una resistencia al fuego EI-120. Además el falso techo dispuesto en los locales tendrá una resistencia mínima EI-90. El recorrido máximo a realizar es de 1m < 25 m, ya que, se trata de un local de 4 m<sup>2</sup>.

### 1.3 Espacios ocultos. Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios

La compartimentación contra incendios de los espacios ocupables debe tener continuidad en los espacios ocultos, tales como patinillos, cámaras, falsos techos, suelos elevados, etc., salvo cuando éstos estén compartimentados respecto de los primeros al menos con la misma resistencia al fuego, pudiendo reducirse ésta a la mitad en los registros para mantenimiento.

La resistencia al fuego requerida a los elementos de compartimentación de incendios se debe mantener en los puntos en los que dichos elementos son atravesados por elementos de las instalaciones, tales como cables, tuberías, conducciones, conductos de ventilación, etc., excluidas las penetraciones cuya sección de paso no exceda de 50 cm<sup>2</sup>. Para ello se opta por:

-Compartimentar los espacios ocultos del edificio, en su mayoría falsos techos, con la misma resistencia al fuego exigida para las compartimentaciones frente al fuego.

### 1.4 Reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario.

Según la Tabla 4.1 del Apartado 4 del CTE-DB-SI 1, tendremos:

- En las zonas ocupables

Los revestimientos de techos y paredes, serán de Clase de Reacción al Fuego C-S2, d0. En cuanto al revestimiento de suelos, E<sub>FL</sub>.

- En recintos de riesgo especial:

Los revestimientos de techos y paredes, serán de Clase de Reacción al Fuego B-S1, d0. En cuanto al revestimiento de suelos, B<sub>FL</sub>- S1.

## 2. Propagación Exterior

### 2.1 Medianeras y fachadas

No habrá que tener en cuenta cuestiones de medianería, al ser un edificio exento.

### 2.2 Cubiertas

No habrá que tener en cuenta la posible propagación por cubierta debido a que toda la cubierta del edificio pertenece al mismo sector. Por lo tanto, dadas las características del edificio esta exigencia básica no será de aplicación ya que no cuenta con locales de riesgo especial alto, todo constituye un único sector de incendios y es un edificio exento.

### 3. Evacuación de Ocupantes

#### 3.1 Compatibilidad de los elementos de evacuación

No es de aplicación ya que nuestro edificio no se encuentra dentro de otro edificio con uso principal diferente.

#### 3.2 Cálculo de la ocupación

Uso	m2	(m2/pers)	Pers
Aula 1	100	2	50
Aula 2	100	2	50
Aula 3	100	2	50
Aula Mutiusos	120	5	24
D. Profesores	40	5	8
Almacenes y Baños	80	-	-
Zonas exteriores	1350	10	135
		<b>TOTAL</b>	<b>182</b>

Para determinar la ocupación del edificio se han tomado los valores de densidad de ocupación de la *Tabla 2.1*, en función de la superficie de cada zona y su uso. Además se ha tenido en cuenta el carácter simultáneo de la zona exterior del edificio, ya que, dicha zona será usada por los mismos ocupantes de las demás estancias del edificio, por lo que distorsionaría el cálculo de la ocupación del edificio, más aun, cuando estas zonas ocupan una parte tan importante del mismo.

Señalar que no se han contado dependencias como comedor, cocina o administración, porque, éstas quedan fuera del edificio proyectado, puesto que, este se abastece de los servicios de los edificios preexistentes, edificio de dirección y cafetería-restaurante, para dichos usos.

Por lo que tenemos una ocupación total en el edificio, después de tener en cuenta el carácter simultáneo, de **182** personas.

#### 3.3 Número de salidas y longitud de los recorridos de evacuación

Según la *Tabla 3.1*, para uso docente cuando el número de alumnos excede de 50 es necesario disponer en cada sector dos salidas de planta o de recinto. Además, la longitud de los recorridos de evacuación hasta alguna salida de planta no excede de 35 metros para escuelas infantiles. Pero en nuestro caso y tratándose de un edificio con terrazas hay que tener en cuenta los siguientes puntos:

La longitud de recorridos de evacuación que discurren por terrazas, cuando la limitación establecida para el recorrido de evacuación en función del uso o de las características de los ocupantes sea contradictoria con la asignada para el caso

de que el recorrido sea exterior, prevalecerá ésta última limitación. Por ejemplo, en la terraza de un centro docente de educación infantil y primaria, como es el caso que no ocupa, que deba disponer de dos salidas de planta prevalece el valor **de 75 m como longitud máxima del recorrido de evacuación** al tratarse de una zona exterior, sobre los 35 m por tratarse de un uso docente de infantil y primaria. Asimismo se debe entender que el valor de la longitud máxima hasta encontrar un recorrido alternativo sería 50.

Cuando no todo un recorrido de evacuación, sino un tramo del mismo, transcurre por un espacio al aire libre en el que el riesgo de que los ocupantes sufran daños ocasionados por un incendio sea irrelevante, puede aplicarse a la longitud de dicho tramo el coeficiente reductor (25/50, 50/75 ó 35/75) que se deduce de las longitudes máximas que admite la tabla 3.1 para dichos espacios. Por lo que en nuestro caso, en los recorridos de evacuación que transcurran por las aulas y por la terraza exterior, **podremos aplicar a las distancias de evacuación un coeficiente reductor de 35/75= 0,4667.**

Los recorridos de evacuación están grafiados y acotados en las plantas adjuntas. Se consideran salidas de planta las dos escaleras y la rampa del edificio, que salvan la altura de 1m a la que esta elevada la plataforma del forjado.

#### 3.4 Dimensionado de los medios de evacuación

Cuando en un recinto, en una planta o en el edificio deba existir más de una salida, la distribución de los ocupantes entre ellas a efectos de cálculo debe hacerse suponiendo inutilizada una de ellas, bajo la hipótesis más desfavorable.

Según la Tala 4.1:

-Puertas y pasos

La anchura de toda hoja de puerta no debe ser menor de 0.60 m ni exceder de 1.23m.

$A > P/200 > 0.80m.$

$P/200 = 45/200 = 0,225$

Por la forma y distribución del edificio, las únicas puertas del edificio se disponen en las aulas, teniendo cada una de éstas dos, una a cada extremo. Y puesto que la ocupación de un aula es alrededor de 45 pers. la condición de  $P/200$ , queda sin relevancia. Por lo que se tomará como restricción  $A > 0,80m.$ , siendo la hoja de la puerta no superior a 1,23.

Por lo que las puertas, que salen a la zona exterior, de todas las aulas del edificio son de **una única hoja de 1,20 m.**

-Rampas y Escaleras:

La anchura de la rampa y de las dos escaleras dispuestas en la plataforma, y que salvan la distancia de 1m. hasta la cota de suelo al aire libre es de:

Rampa: **1,9 m.**  $> 1 m.$   $> 182/200=0,91$  -> Cumple!

Escalera: **6 m.**  $> 182/160= 1,14 m.$  -> Cumple!

### 3.5 Protección de las escaleras

Las escaleras que se disponen en el edificio no requieren ninguna protección, ya que solo salvan una luz altura de 1m.

### 3.6 Puertas situadas en recorridos de evacuación

Solo se considera para la puerta del aula de usos múltiples, por ser posible que en ocasiones supere las 50 personas. Por lo tanto, se dispondrá una puerta abatible de dos hojas de 1 m con eje de giro vertical. Su sistema de cierra no actuará cuando se exceda la ocupación de 50 personas en el aula y se abrirán en sentido de la evacuación.

### 3.7 Señalización de los medios de evacuación

Se utilizarán las señales de evacuación definidas en la norma UNE 23034:1988, conforme criterios establecidos 7 del DB-SI.

La señalización y su disposición se muestran en la documentación gráfica.

### 3.8 Control del humo de incendios

No es de aplicación para nuestro edificio.

### 3.9 Evacuación de personas con discapacidad en caso de incendio

Conforme a este punto, al tener un edificio de uso Docente y una altura de evacuación menor de 14 metros, siendo esta de 1 m. en nuestro caso, y además tener una salida del edificio accesible, no será necesario establecer zonas de refugio para personas discapacitadas.

## 4. Instalaciones de Protección contra el Fuego

### 4.1 Dotación de instalaciones de protección contra incendios

Según la tabla 4.1 se dispondrán las siguientes instalaciones de protección contra el fuego:

- Un extintor de eficacia 21A -113B cada 15m de recorrido en planta, como máximo, desde cada origen de evacuación.
- Un sistema de alarma, ya que, la superficie construida del edificio excede de 1000 m<sup>2</sup>.

### 4.2 Señalización de las instalaciones manuales de protección contra incendios

Los medios de protección contra incendios de utilización manual (extintores, bocas de incendio, hidrantes exteriores, pulsadores manuales de alarma y dispositivos de disparo de sistemas de extinción) se deben señalar mediante señales definidas en la norma UNE 23033-1 cuyo tamaño sea:

- a) 210 x 210 mm cuando la distancia de observación de la señal no exceda de 10 m;
- b) 420 x 420 mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 10 y 20 m;
- c) 594 x 594 mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 20 y 30 m.

Las señales deben ser visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal. Cuando sean fotoluminiscentes, deben cumplir lo establecido en las normas UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003 y UNE 23035-4:2003 y su mantenimiento se realizará conforme a lo establecido en la norma UNE 23035-3:2003.

## 5. Intervención de los Bomberos

### 5.1 Condiciones de aproximación y entorno

Las vías de aproximación al edificio cumplen las condiciones expuestas por el CTE, ya que, la escuela infantil se encuentra dentro de un complejo Universitario con grandes vías. Encontrándose el propio edificio en una gran plaza preparada para el tránsito ocasional de vehículos, permitiendo la llegada del camión de bomberos hasta el propio edificio sin ningún problema.

### 5.2 Accesibilidad por fachada

El acceso por fachada está permitido en todo su perímetro, puesto que, ésta se encuentra totalmente abierta y a una única altura, elevada de la cota del suelo 1,5 m.

## 6. Resistencia al Fuego de la Estructura

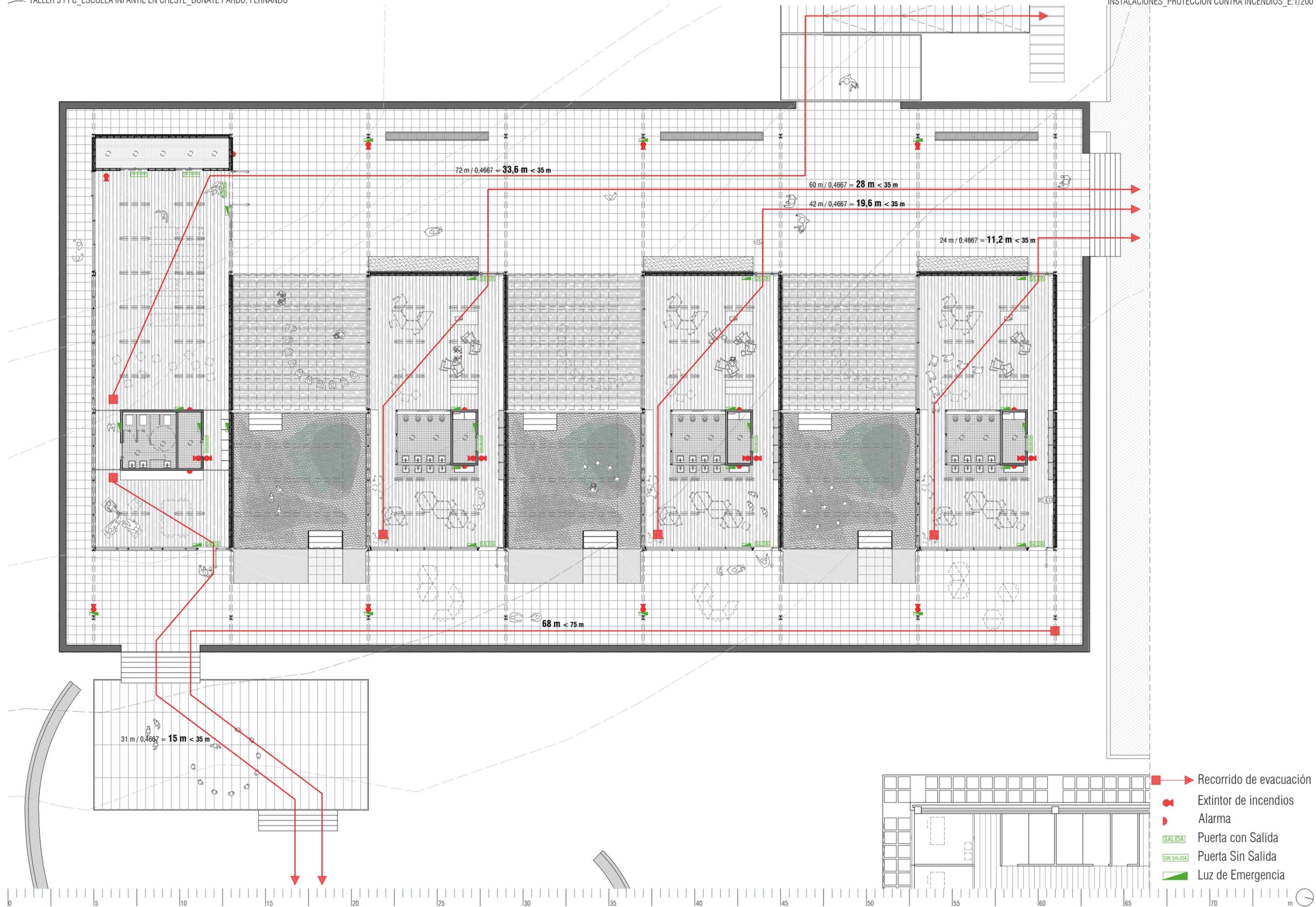
### 6.1 Elementos estructurales principales

La resistencia al fuego exigida para un edificio, de uso docente y con una altura <15 m. es de R 60 para los elementos estructurales principales, según la tabla 3.1.

Pero al ser un edificio con cubierta ligera deck, cuya carga permanente no excede de 1 KN/m<sup>2</sup>, se puede reducir la exigencia de la estructura principal de la cubierta y de los pilares que sustentan la cubierta, HEB-200, solo será exigible una resistencia al fuego R-30.

Esta exigencia se cumplirá con la colocación de pintura intumescente en los pilares HEB-200 y vigas IPE-300, ya que estos quedan vistos, y la exigencia R30 se puede cubrir perfectamente con estas pinturas. Para las viguetas IPE-200 y la chapa grecada INCO 70.4, que quedan ocultas en el falso techo se les aplicará un mortero ignifugo con el espesor debido.

Los cálculos de los espesores de pintura y mortero necesarios se han realizado en el apartado del cálculo de la estructura.



- Recorrido de evacuación
- Extintor de incendios
- ▲ Alarma
- SALIDA Puerta con Salida
- SIN SALIDA Puerta Sin Salida
- ▲ Luz de Emergencia

